

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E DE PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

TAYNARA PACHECO VALÉRIO

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA
(*Bactris gasipaes*) PARA O CULTIVO DE COGUMELO (*Pleurotus ostreatus*)

PONTA GROSSA

2021

TAYNARA PACHECO VALÉRIO

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA
(*Bactris gasipaes*) PARA O CULTIVO DE COGUMELO (*Pleurotus ostreatus*)**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Dalva Godoy
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Bittencourt Sydney

PONTA GROSSA

2021

V163 Valério, Taynara Pacheco
Utilização de resíduos lignocelulósicos de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*) para o cultivo de cogumelo (*Pleurotus ostreatus*) / Taynara Pacheco Valério. Ponta Grossa, 2021.
77 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Dalva Godoy.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Bittencourt Sydney.

1. Shimeji preto. 2. Bioconversão. 3. Valor nutricional. 4. Compostos bioativos. I. Godoy, Eliane Dalva. II. Sydney, Eduardo Bittencourt. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. IV.T.

CDD: 664

TERMO DE APROVAÇÃO

TAYNARA PACHECO VALÉRIO

“Utilização de resíduos lignocelulósicos de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*) para o cultivo de cogumelo (*Pleurotus ostreatus*)”.

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Eliane Dalva Godoy

Prof. Dr. Eliane Dalva Godoy

Beatriz Bolanho

Prof. Dr. Beatriz Cervejeira Bolanho

Aline Alberti

Prof. Dr. Aline Alberti

Ponta Grossa, 27 de agosto de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais José Alceu e Eliane, e as minhas irmãs Talita, Thaís e Thayne por todo incentivo e confiança.

À Professora Dra. Eliane Dalva Godoy pela orientação, ensinamentos, conselhos, paciência e confiança em mim depositada.

Ao Professor Dr. Eduardo Sydney pela coorientação, colaboração e ensinamentos compartilhados.

Às professoras da banca examinadora, Profa. Dra. Aline Alberti e Profa. Dra. Beatriz Cervejeira Bolanho Barros por aceitarem participar da avaliação do trabalho. Em especial a Profa. Beatriz e a UEM/Umuarama pela análise de cromatografia.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UEPG pelo conhecimento compartilhado e por contribuírem na minha formação profissional e pessoal.

Aos alunos do projeto de extensão Desmitificando Cogumelos pelos ensinamentos compartilhados. As alunas de iniciação científica pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa e amizade.

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos da UEPG e de Engenharia de Bioprocessos da UTFPR/PG por disponibilizarem os laboratórios e materiais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Complexo de Laboratórios Multiusuários da Universidade Estadual de Ponta Grossa pela liofilização das amostras.

À técnica de laboratório Denise Mendes por sempre estar disposta a me ajudar, pela atenção, auxílio e carinho.

Ao Mateus e a Daniele pela amizade, momentos de descontração, conversas e experiências trocadas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Mauro Genari gerente da Geiri Produtos de Palmito (Antonina/PR) e Elder produtor de cogumelos (Cogumelos Dom Elder, Castrolanda/PR), por doarem resíduos e cogumelos, apoiando o trabalho. À Prozyn por doarem as enzimas para as análises de fibras.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudo concedida.

A todos que não tiveram seus nomes registrados e que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

RESUMO

Os fungos do gênero *Pleurotus* spp. produzem enzimas que degradam material lignocelulósico, podendo ser utilizadas na bioconversão de resíduos agroindustriais em corpos de frutificação (cogumelos). Durante o processamento de palmito pupunha, cerca de 80% do caule utilizado na produção de conservas torna-se resíduo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma formulação de substrato para produção de *Pleurotus ostreatus* (shimeji) utilizando resíduos do processamento de palmito pupunha, e, na melhor condição estabelecida, caracterizar o cogumelo em comparação com produtos similares. No capítulo 1, foi realizado um planejamento Composto Central Rotacional utilizando as variáveis independentes relação C:N (variada de acordo com proporção entre bainha foliar e casca do palmito pupunha) e a umidade do substrato, sendo o rendimento de produção dos cogumelos a variável dependente. Foi realizado cultivo em meio com serragem e farelo de trigo (C:N de 70 e umidade de 54%) como padrão de rendimento. A condição de C:N de 69,14 e umidade de 86,2% foi validada (rendimento de 24,47%) e utilizada para levantar os custos de produção de shimeji baseado na produção mensal de uma unidade processadora de palmito pupunha. Com a estimativa dos custos operacionais de produção, conclui-se que o produtor pode gerar uma renda mensal aproximada de R\$43.595,00, a partir da produção de 1,8 toneladas de cogumelos. No capítulo 2, amostras de *P. ostreatus* cultivadas na condição de maior rendimento, foram comparadas com a amostra cultivada em meio padrão e amostras comerciais de *P. ostreatus* e de *Agaricus bisporus* (champignon) quanto à composição proximal e teor de compostos fenólicos pelo método com reagente Folin-Ciocalteu. Foi realizado um Planejamento Composto Central variando a concentração de etanol e tempo de extração. Os extratos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram avaliados quanto à atividade antioxidante pelo método do radical ABTS⁺ e FRAP e submetidos à análise cromatográfica para identificação e quantificação dos compostos fenólicos. Quanto à composição proximal, as amostras de shimeji apresentaram maior teor de fibras alimentares em relação ao *champignon*, menor teor de lipídios e cinzas. O maior teor de proteínas foi obtido na amostra de shimeji comercial (28,44%), seguido do *champignon* (19,76%), shimeji cultivado na serragem (16,25%) e nos resíduos de palmito (16,09%). O teor de compostos fenólicos variou de 1,29 a 2,57 mg AGE/g de amostra e 2,66 a 3,60 mg AGE/g de amostra para os extratos de *P. ostreatus* e *A. bisporus*, respectivamente. A melhor condição de extração dos compostos fenólicos para *P. ostreatus* foi com concentração de etanol a 29,4% e tempo de extração de 38,8 min e para a amostra de *A. bisporus* foi com 29,4% de etanol e tempo de extração de 81,2 min. Com relação à atividade antioxidante, o extrato de *A. bisporus* apresentou a maior atividade, seguido do *P. ostreatus* cultivado nos resíduos de palmito, comercial e em meio padrão. O teor de compostos fenólicos dos extratos foi diretamente proporcional às atividades antioxidantes das amostras. Em relação à análise cromatográfica, foram identificados os ácidos gálico, vanílico, trans-cinâmico, ferúlico e cumárico nos extratos das quatro amostras de cogumelos analisadas, sendo que o ácido gálico apresentou correlação positiva com os métodos antioxidantes ABTS e FRAP e o ácido vanílico apresentou correlação positiva com o método ABTS.

Palavras-chave: Shimeji preto; Bioconversão; Valor nutricional; Compostos bioativos.

ABSTRACT

Fungi of the genus *Pleurotus* spp. produce enzymes that degrade lignocellulosic material, and can be used in the bioconversion of agroindustrial waste into fruiting bodies (mushrooms). During peach palm processing, about 80% of the stem used in canning becomes waste. The aim of this work was to develop a substrate formulation for *Pleurotus ostreatus* (shimeji) production using waste from the palm heart processing, and, at the best established condition, to characterize the mushroom in comparison with similar products. In Chapter 1, a rotational central composite design was performed using the independent variables C:N ratio (varied according to the ratio of leaf sheath to heart of palm) and substrate moisture, with mushroom yield as the dependent variable. Cultivation was performed on medium with sawdust and wheat bran (C:N of 70 and moisture of 54%) as a yield standard. The condition of C:N of 69.14 and humidity of 86.2% was validated (yield of 24.47%) and used to raise the production costs of shimeji based on the monthly production of a peach palm processing unit. With the estimate of operational costs of production, it is concluded that the producer can generate a monthly income of approximately R\$43,595.00, from the production of 1.8 tons of mushrooms. In chapter 2, samples of *P. ostreatus* cultivated in the condition of higher yield were compared to the sample cultivated in standard medium and commercial samples of *P. ostreatus* and *Agaricus bisporus* (champignon) regarding the proximate composition and content of phenolic compounds by the method with Folin-Ciocalteu reagent. A Central Composite Planning was performed varying the ethanol concentration and extraction time. The extracts that presented the highest content of phenolic compounds were evaluated for antioxidant activity by the ABTS+ and FRAP radical methods and submitted to chromatographic analysis for identification and quantification of phenolic compounds. As for the proximate composition, the shimeji samples presented a higher content of dietary fiber in relation to the champignon, and a lower content of lipids and ash. The highest protein content was obtained in the commercial shimeji sample (28.44%), followed by champignon (19.76%), shimeji grown on sawdust (16.25%) and in the palm heart waste (16.09%). The content of phenolic compounds ranged from 1.29 to 2.57 mg AGE/g sample and 2.66 to 3.60 mg AGE/g sample for *P. ostreatus* and *A. bisporus* extracts, respectively. The best extraction condition of phenolic compounds for *P. ostreatus* was with ethanol concentration at 29.4% and extraction time of 38.8 min and for *A. bisporus* sample was with 29.4% ethanol and extraction time of 81.2 min. Regarding the antioxidant activity, the extract of *A. bisporus* showed the highest activity, followed by *P. ostreatus* grown on palm residue, commercial and standard medium. The content of phenolic compounds in the extracts was directly proportional to the antioxidant activities of the samples. Regarding the chromatographic analysis, gallic, vanillic, trans-cinnamic, ferulic and coumaric acids were identified in the extracts of the four mushroom samples analyzed, and gallic acid showed a positive correlation with the ABTS and FRAP antioxidant methods and vanillic acid showed a positive correlation with the ABTS method.

Keywords: Black shimeji; Bioconversion; Nutritional value; Bioactive compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cogumelos comestíveis mais cultivados no mundo	16
Figura 2: Ciclo de vida de cogumelos.....	18
Figura 3: Cultivos de shimeji a) Início da incubação; b) Desenvolvimento do micélio; c) Final da fase de incubação, substrato envolto pelo micélio; d) Frutificação de cultivos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
Figura 4: Partes do caule da pupunheira obtida para processamento de conservas	24
Figura 5: Classes dos compostos fenólicos	30
Figura 6: Estrutura química básica dos flavonoides	31
Figura 7: Resíduos obtidos na unidade processadora de conservas de palmito pupunha	39
Figura 8: Resíduos do processamento de conservas de palmito pupunha submetidos à secagem e moagem a) bainha foliar triturada; b) casca triturada	40
Figura 9: Da esquerda para direita: substrato; micélio crescendo sobre o substrato; substrato completamente envolto pelo micélio; frutificação do cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado em resíduos de palmito pupunha	41
Figura 10: Efeito da variação da relação C:N e umidade do substrato e a equação gerada usando a função desejabilidade, em que C:N é a relação entre carbono e nitrogênio do substrato, U refere-se à umidade do substrato e R é o rendimento dos cultivos de <i>Pleurotus ostreatus</i> em resíduos de palmito pupunha.....	42
Figura 11: Esquema da geração de resíduos durante o processamento de palmito pupunha	44
Figura 12: Fluxograma das etapas de preparação do substrato e cultivo de shimeji	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de cogumelos no ano de 2019	15
Tabela 2: Principais espécies de cogumelos cultivados no Brasil e sua produção estimada.....	16
Tabela 3: Composição físico-química de algumas espécies de <i>Pleurotus</i> (base seca)	21
Tabela 4: Teor de proteínas em corpos frutíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i> em diferentes substratos em base seca.....	22
Tabela 5: Composição proximal de diferentes partes do caule	25
Tabela 6: Rendimento do cultivo de cogumelos em diferentes substratos	26
Tabela 7: Intensidade relativa do umami para aminoácidos e nucleotídeos.....	27
Tabela 8: Teor de ácido glutâmico em cogumelos de diferentes espécies.....	27
Tabela 9: Derivados dos ácidos cinâmico e benzoico	30
Tabela 10: Relação C:N e umidade conforme planejamento experimental para os cultivos de cogumelos <i>Pleurotus ostreatus</i> em resíduos do processamento de palmito pupunha.....	37
Tabela 11: Teor de Carbono e Nitrogênio da bainha e casca de palmito pupunha desidratados e moídos obtidos em unidade processadora de conservas	40
Tabela 12: Rendimento dos cogumelos <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivados em resíduos de palmito pupunha em diferentes valores de umidade e relação C:N	41
Tabela 13: Análise de variância dos resultados obtidos no Delineamento Composto Central Rotacional para produção de <i>Pleurotus ostreatus</i> em subprodutos de palmito pupunha	42
Tabela 14: Custo direto mensal, custo indireto e investimento para produção de shimeji em resíduos de palmito pupunha	47
Tabela 15: Custos e renda baseados em um mês de produção de shimeji em resíduos de palmito pupunha	48
Tabela 16: Proporção de solvente e tempo de extração segundo delineamento experimental para análises de determinação de compostos fenólicos para as amostras de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivada nos resíduos de palmito, comercial e de <i>Agaricus bisporus</i> comercial.....	52
Tabela 17: Composição proximal, em base seca, do <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado em resíduo de palmito pupunha e em serragem com farelo de trigo, de <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Agaricus bisporus</i> comerciais	54
Tabela 18: Teor de compostos fenólicos nos extratos de <i>Pleurotus ostreatus</i> comercial, <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado nos resíduos de palmito e <i>Agaricus bisporus</i> comercial	57
Tabela 19: Avaliação da atividade antioxidante dos extratos de <i>Pleurotus ostreatus</i> comercial, <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado nos resíduos de palmito, <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado na serragem e <i>Agaricus bisporus</i> comercial pelos métodos FRAP e ABTS.....	58
Tabela 20: Compostos fenólicos determinados por cromatografia nas amostras de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivada nos resíduos de palmito, na serragem com farelo de trigo, comercial e <i>Agaricus bisporus</i> comercial	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	Ácido 2,2`-azinobis 3-etilbenzenotiazolina-6-sulfônico)
AGE	Ácido gálico equivalente
ANOVA	Análise de variância
ANPC	Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BHA	Butil-hidroxi-anisol
BHT	Butil-hidroxi-tolueno
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
C	Carbono
C:N	Razão entre Carbono e Nitrogênio
CLUE	Cromatografia líquida de ultra eficiência
COE	Custo operacional efetivo
COT	Consumo operacional total
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
DPPH•	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EB	Eficiência biológica
ET	Equivalente Trolox
FRAP	Potencial redutor do ferro
GMS	Glutamato monossódico
K	Potássio
MSR	Metodologia de superfície de resposta
N	Nitrogênio
Na	Sódio
OH	Hidroxila
OMS	Organização Mundial da Saúde
R	Rendimento
RB	Renda bruta
RL	Renda líquida
TEAC	Capacidade antioxidante equivalente em Trolox
TPTZ	2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina
TROLOX	6-hidroxi - 2,5,7,8 -tetrametilcromano - 2-carboxílico

UV

Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 PRODUÇÃO DE FUNGOS COMESTÍVEIS	15
3.2 CULTIVO DE FUNGOS COMESTÍVEIS	17
3.3 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DOS COGUMELOS	20
3.4 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PALMITO PUPUNHA COMO SUBSTRATOS PARA CULTIVO DE COGUMELOS.....	23
3.5 ÁCIDO GLUTÂMICO E SABOR UMAMI	26
3.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	28
4 VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA PARA CULTIVO DE COGUMELOS SHIMEJI (<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>)	34
4.1 INTRODUÇÃO.....	34
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.2.1 Obtenção e caracterização dos resíduos agroindustriais	35
4.2.2 Obtenção e preparo do inóculo	36
4.2.3 Inoculação e frutificação do <i>P. ostreatus</i>	36
4.2.4 Preparação do meio de cultivo padrão	38
4.2.5 Determinação do rendimento	38
4.2.6 Estimativa de custos de produção.....	38
4.2.7 Análise estatística	38
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.3.1 Obtenção e preparação dos resíduos do processamento de palmito pupunha.	39
4.3.2 Cultivo do cogumelo	40
4.3.3 Estimativa de custos de produção.....	43
4.4 CONCLUSÃO.....	48
5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE COGUMELOS SHIMEJI CULTIVADOS EM RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA	49
5.1 INTRODUÇÃO	49
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51

5.2.1 Composição proximal	51
5.2.2 Extração e análise dos compostos fenólicos	51
5.2.4 Análise estatística	53
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.3.1 Composição proximal	54
5.3.2 Teores de compostos fenólicos totais de <i>P. ostreatus</i> cultivado em resíduo de palmito pupunha e comparação do conteúdo com <i>P. ostreatus</i> e <i>A. bisporus</i> comerciais	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Os cogumelos comestíveis, em geral, apresentam teor variável de proteínas, que pode chegar até 42% em base seca, com todos os aminoácidos essenciais, especialmente lisina e triptofano, que são pouco encontrados em cereais (VALVERDE; HERNÁNDEZ-PÉREZ; PAREDES-LÓPEZ, 2015). Além disso, apresentam carboidratos, minerais, vitaminas, fibras alimentares e baixo teor de lipídios. Destacam-se também os compostos bioativos que apresentam atividade antioxidante e podem trazer benefícios ao sistema imunológico, prevenindo doenças cardíacas, hipertensão e câncer (CARRASCO-GONZÁLEZ *et al.*, 2017).

Entre os constituintes dos cogumelos, destacam-se os aminoácidos e nucleotídeos que estão relacionados com o gosto umami, sendo o principal aminoácido o ácido glutâmico. O interesse pelos compostos que caracterizam o umami tem crescido nos últimos anos, pois a adição em alimentos enaltece a salinidade e substitui parcialmente o uso de sal de cozinha (NaCl).

Destaca-se também o teor de carboidratos nos cogumelos, que estão presentes principalmente na forma de polissacarídeos e glicoproteínas. Entre os polissacarídeos, destacam-se as β -glucanas, em que alguns estudos indicam que proporcionam maior saciedade e auxiliam na modulação dos níveis de colesterol e glicemia. Além disso, o consumo de fibras pode trazer benefícios à saúde, pois, aumentam a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo o esvaziamento gástrico, favorecendo a absorção de nutrientes (DE OLIVEIRA CAMARGO *et al.*, 2020).

O uso de diferentes substratos para o cultivo de *Pleurotus* sp. pode influenciar o conteúdo de metabólitos secundários e o teor de proteínas no corpo frutífero, porém o perfil de aminoácidos não é alterado. Assim, esses cogumelos podem favorecer a atividade antioxidante, anti-hipertensiva, com potencial exploração para aplicação em diversos produtos alimentícios com potencial funcional. A relação entre carbono e nitrogênio no substrato é um fator importante no cultivo, uma vez que o excesso de nitrogênio pode inibir a frutificação do fungo, e quantidades pequenas de nitrogênio podem resultar em cogumelos com baixo teor de proteínas e baixa produtividade (KIM; JEONG; LEE, 2003; BERNAS; JAWORSK; LISIEWSKA, 2006; SILVA *et al.*, 2007).

O *Pleurotus ostreatus* apresenta algumas vantagens quando comparado com outros fungos em relação ao cultivo: requer menor tempo para seu crescimento,

apresenta enzimas que são capazes de degradar a celulose, lignina e hemicelulose (substratos lignocelulósicos não precisam ser compostados) e não é muito exigente em relação às condições ambientais. Isso resulta em um cultivo mais simples e barato (SHARMA; YADAV; POKHREL, 2013).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de palmito, representando 95% de todo o palmito consumido no mundo. A pupunheira (*Bactris gasipaes*) é uma palmeira de clima tropical que vem se destacando como opção de cultivo para obtenção de palmito. Em 2004, o litoral do Paraná, tinha 200 hectares com plantação de pupunha, e em 2019 esse número chegou a 1.600 hectares. No processamento de conservas, cerca de 80% da haste retirada da planta, é descartada, incluindo a casca e a entrecasca. Esse material apresenta celulose, lignina e hemicelulose em sua composição, que podem ser utilizados como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis (EMBRAPA, 2019).

Neste contexto, o estudo de novas fontes de substratos derivados de resíduos agroindustriais para a produção de *Pleurotus* sp. torna-se importante. Em se tratando do *Pleurotus* sp. pela abundância de resíduos agroindustriais que o Brasil apresenta, é uma alternativa muito interessante. Além disso, a produção de cogumelos é importante pelo valor nutricional e funcional que apresentam, destacando-se como uma fonte proteica sustentável.

O objetivo desse estudo é investigar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos do processamento de palmito como substrato para o cultivo de *Pleurotus ostreatus*, caracterizar os cogumelos obtidos em relação à composição proximal e potencial antioxidante.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desenvolvimento de *Pleurotus ostreatus* em resíduos agroindustriais do processamento de palmito pupunha e determinar a composição dos cogumelos produzidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cultivar *P. ostreatus* utilizando como substrato descartes do processamento de conservas de palmito pupunha variando a proporção entre casca e bainha para obter diferentes relações C:N e umidade;
- Comparar o rendimento de produção do *P. ostreatus* cultivado em meio padrão composto de serragem e farelo de trigo;
- Estimar o custo de produção do *P. ostreatus* em resíduos do palmito pupunha nas condições em que se observou maior rendimento;
- Determinar a composição proximal do *P. ostreatus* cultivado em resíduo de palmito e comparar com o *P. ostreatus* comercial, *P. ostreatus* cultivado em meio padrão e *Agaricus bisporus* comercial;
- Determinar a melhor condição de extração dos compostos fenólicos dos cogumelos liofilizados através de variações da concentração de etanol e tempo de agitação;
- Determinar e comparar o teor de compostos fenólicos do *P. ostreatus* cultivado em resíduos de palmito, comercial e do *A. bisporus*;
- Comparar a atividade antioxidante do *P. ostreatus* cultivado em resíduos de palmito pupunha, cultivado em serragem com farelo de trigo, comercial e com o *A. bisporus*;
- Identificar o perfil de compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência dos extratos de cogumelos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PRODUÇÃO DE FUNGOS COMESTÍVEIS

O termo cogumelo é utilizado para se referir ao corpo frutífero de fungos superiores (KALAČ, 2012), que são organismos eucariontes, heterotróficos e saprófitas, ou seja, apresentam enzimas que hidrolisam a matéria orgânica. Seu uso tem crescido, não somente como alimento, mas também na área farmacêutica e de cosméticos. Estima-se que mais de 12.000 espécies de cogumelos sejam conhecidas no mundo, e destas, cerca de duas mil são consideradas comestíveis, sendo que apenas 35 são cultivadas comercialmente (RATHORE *et al.*, 2019). Entre as espécies mais cultivadas, destacam-se *Agaricus bisporus* (Champignon), *Lentinus edodes* (Shiitake) e *Pleurotus* spp. (Cogumelo ostra ou Shimeji) (Figura 1) (RATHORE; PRASAD; SHARMA, 2017). Na Tabela 1 está apresentada a produção em toneladas dos dez maiores produtores de cogumelos no mundo no ano de 2019 (FAO, 2021).

Tabela 1: Produção de cogumelos no ano de 2019

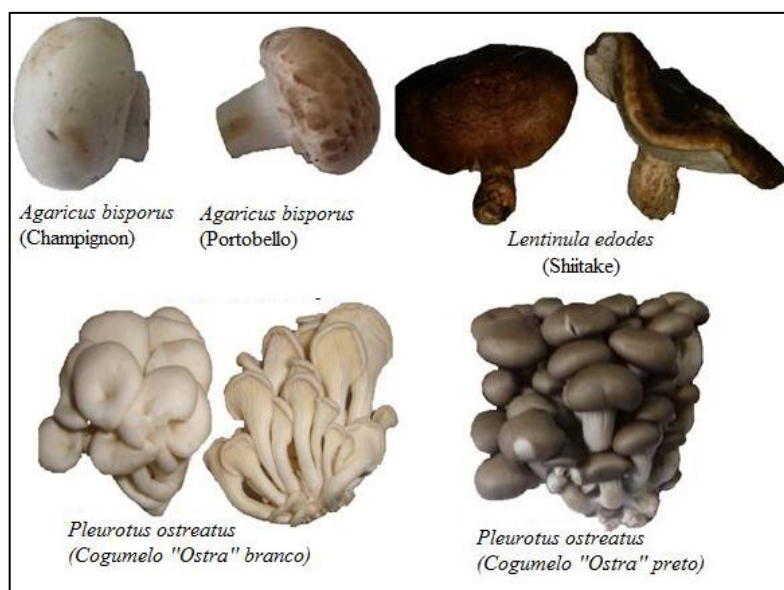
País	Produção (ton)
China	8.938.814
Japão	470.000
Estados Unidos	383.960
Polônia	362.400
Holanda	300.000
Índia	182.000
Espanha	170.160
Canadá	145.631
Irã	101.365
Reino Unido	101.339

Fonte: FAO (2021).

No Brasil, a produção de cogumelos *in natura* é de aproximadamente 12.000 toneladas ao ano. Estima-se que existam mais de 300 produtores de cogumelos, sendo que a maioria é micro e pequenos agricultores familiares. O cultivo de cogumelos se destaca na região do Alto Tietê em São Paulo, e tem se disseminado por outras regiões do país, principalmente nos estados de São Paulo e Paraná

(ANCP, 2021). Segundo dados da Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos (ANCP, 2021), a venda de cogumelos na CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo), maior entreposto de frutas e legumes da América Latina, aumentaram cerca de 80% nos últimos cinco anos. As principais espécies cultivadas estão apresentadas na Tabela 2. No Paraná, a produção de cogumelos destaca-se nas cidades de Castro, Tijucas do Sul e Curitiba. Em relação ao mercado consumidor, destacam-se as cidades maiores devido a demanda dos supermercados, restaurantes, lanchonetes e hotéis, e nas regiões com maior influência de imigração japonesa (KUMANAYA *et al.*, 2018). Os estados com maior número de pessoas com origem japonesa são São Paulo e o Paraná, destacando-se nesse último estado, as cidades de Curitiba, Maringá, Londrina e alguns municípios menores como Assaí e Urai (LIMA, 2015).

Figura 1: Cogumelos comestíveis mais cultivados no mundo



Fonte: BACH (2017).

Tabela 2: Principais espécies de cogumelos cultivados no Brasil e sua produção estimada

Espécies de cogumelos cultivadas no Brasil	Produção Estimada (toneladas/ano)
<i>Agaricus bisporus</i> (Champignon de Paris)	8.000
<i>Pleurotus</i> spp (Shimeji)	2.000
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	1.500
<i>Agaricus blazei</i> Murril (Cogumelo-do-sol)	500
Outros	50

Fonte: ANCP (2021).

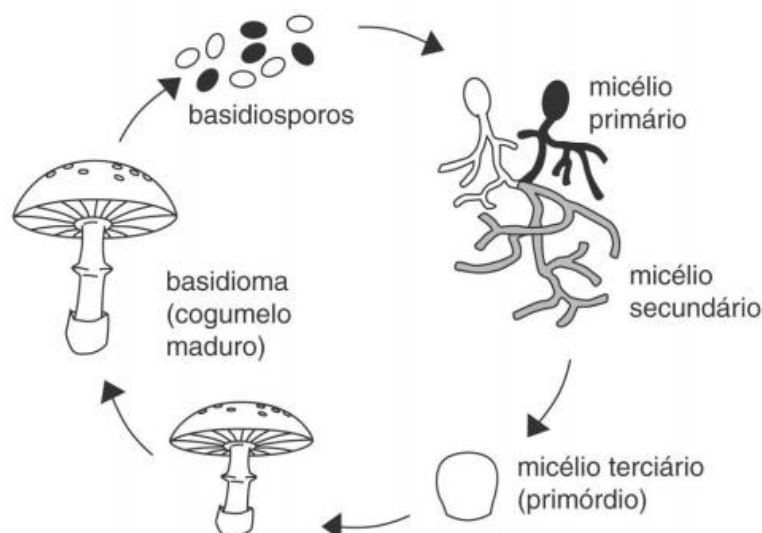
O consumo *per capita* de cogumelos no Brasil é de cerca de 160 g/ano, um consumo baixo se comparado com países europeus, como Alemanha, Itália e França, em que o consumo é maior que 2 kg/ano. Países asiáticos, como Coreia do Sul e China, possuem tradição no consumo de cogumelos e o consumo *per capita* é superior a 8 kg/ano (ANCP, 2021). A tendência mundial é aumentar o consumo de cogumelos comestíveis, devido às características sensoriais, como sabor e textura, alto valor nutricional (CONDÉ *et al.*, 2016). Aliado a estas características, o cultivo de cogumelos exige pequenas áreas e um ciclo de vida curto, o que garante constantes safras. Além disso, podem ser utilizados resíduos agroindustriais para o cultivo (BERNARDI *et al.*, 2009; DIAS *et al.*, 2003).

O aumento do consumo de cogumelos é atribuído as suas propriedades medicinais, nutricionais e gastronômicas (DIEZ; ALVAREZ, 2001). Para consumo, os cogumelos podem ser preparados da mesma maneira que os vegetais, ou seja, podem ser assados, fritos, secos, em conserva, e consumidos frescos. Normalmente os cogumelos passam por uma etapa de branqueamento, para evitar seu escurecimento. Neste caso, podem-se utilizar soluções de metabissulfito de sódio ou ácido ascórbico, por exemplo (JAWORSKA; BERNAŚ; MICKOWSKA, 2011).

3.2 CULTIVO DE FUNGOS COMESTÍVEIS

O ciclo de vida dos cogumelos se inicia com um esporo, que irá originar um micélio primário. Quando os micélios originados por dois esporos se encontram, produzem um micélio secundário, que irá crescer e desenvolver-se vegetativamente. Quando o micélio secundário está maduro, ocorre uma elevada taxa de multiplicação das células, gerando um corpo de frutificação. Dessa forma, os cogumelos apresentam reprodução sexuada, por meio de esporos, ou assexuada, através da multiplicação de partes do seu corpo de frutificação (KRIZSÁN *et al.*, 2019).

Os esporos são estruturas microscópicas, que quando germinam, produzem células que se arranjam na forma de filamentos, o qual é conhecido por hifa. As hifas crescem sobre o substrato e formam o micélio. A fusão de hifas de dois micélios com cargas genéticas diferentes são conhecidas por primórdios, e dão origem ao corpo frutífero (cogumelo) (ROSA, 2006) (Figura 2). O tempo de vida do corpo frutífero é de apenas 10-14 dias (KALAČ, 2012).

Figura 2: Ciclo de vida de cogumelos

Fonte: ROSA (2006).

Os fungos são saprófitos, portanto, o meio de cultivo deve conter a matéria orgânica necessária para seu desenvolvimento, tais como, fonte de carbono, nitrogênio, minerais e vitaminas. A razão C:N pode variar entre 40 e 70 (SIQUEIRA et al. 2016, PHILIPPOUSSIS, 2009; MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013).

O desenvolvimento dos cogumelos divide-se em duas principais etapas: incubação e frutificação. Na fase de incubação (Figura 3a, 3b e 3c), ocorre intensa atividade biológica, com a degradação do substrato e absorção dos nutrientes. Esta fase tem duração de 15 a 20 dias, e caracteriza-se pela formação de uma massa branca compacta, resultante do desenvolvimento do micélio. Quando todo o substrato está envolto pela massa branca, encerra-se a fase de incubação, e inicia a fase de frutificação (Figura 3d) (ROSA, 2006; APATI, 2004). O desenvolvimento dos fungos depende de três principais fatores: cepas, fatores de crescimento e fatores ambientais (MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013).

Algumas espécies, como *Pleurotus*, conseguem assimilar o carbono de fontes complexas, como celulose, hemicelulose, lignina e pectina, não sendo necessário o uso de substrato compostado (PHILIPPOUSSIS, 2009; MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013). Esse fungo é o mais utilizado para reaproveitamento de resíduos agroindustriais e o cultivo é relativamente simples, fácil, de baixo custo e alto potencial de rendimento. A pasteurização do substrato para o cultivo do shimeji é simples e barata. Basicamente, o cultivo envolve as etapas de mistura do

substrato e pasteurização a vapor, com temperaturas que variam entre 80 e 90 °C por 5-9 h (MAHARI *et al.*, 2020). Para o desenvolvimento do cogumelo, é necessário meio aeróbio, pois além do oxigênio ser necessário para respiração, também é usado na degradação da lignina (MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013). A capacidade de utilizar fontes lignocelulósicas para seu crescimento deve-se a sua capacidade de produzir celulases, hemicelulases e fenoloxidasas em grandes quantidades (MAHARI *et al.*, 2020). Entre as espécies de *Pleurotus* mais cultivadas destacam-se *P. ostreatus*, *P. sajor-caju*, *P. florida* e *P. eous* (RAMAN *et al.*, 2020).

Figura 3: Cultivos de shimeji a) Início da incubação; b) Desenvolvimento do micélio; c) Final da fase de incubação, substrato envolto pelo micélio; d) Frutificação de cultivos de *Pleurotus*



Fonte: A autora (2021).

A espécie *P. ostreatus*, conhecido como *Hiratake*, Shimeji ou cogumelo ostra, (DE SOUZA CAMPOS JUNIOR, *et al.*, 2019) exige poucos controles ambientais, cresce mais rapidamente que outros cogumelos e seus corpos de frutificação são menos atacados por pragas e doenças (KAUSAR, 1998; KÜES; LIU, 2000; SHARMA; YADAV; POKHREL, 2013). Seu crescimento é favorecido em pH entre 5 e 6, porém esta faixa de pH também favorece o desenvolvimento de fungos contaminantes do gênero *Trichoderma*. Por este motivo alguns autores recomendam realizar o cultivo de *P. ostreatus* em pH mais elevado, entre 6 e 7,5. A temperatura ideal para seu crescimento e frutificação é de 25 °C e 15 °C, respectivamente. A umidade deve estar em torno de 80-85% no período de incubação e entre 80-90% no período de frutificação. O período de frutificação requer um fotoperíodo de 12 horas (PHILIPPOUSSIS, 2009; MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013). A velocidade inicial de crescimento é um fator importante, pois não deve ser muito lenta, para não permitir o desenvolvimento de outras espécies competitivas, e não

deve ser muito rápida, para permitir que o fungo aproveite o máximo de nutrientes presentes no substrato (ZERVAKIS *et al.*, 2001; MALTA; DELPECH; SAVOIE, 2001).

O teor de umidade do substrato, para o cultivo de *P. ostreatus* deve estar entre 60 e 75%. Valores menores podem dificultar o crescimento do fungo (CHANG; MILES, 2004). Além disso, a temperatura também influencia no desenvolvimento do shimeji, devendo ficar em torno de 25°C na fase de incubação, e para induzir a frutificação, deve-se ser reduzida em torno de 5-10°C (LUNARDI, 2019).

A relação C:N é um fator importante no desenvolvimento e na composição química dos cogumelos (SHARMA; YADAV; POKHRE., 2013). Silva *et al.* (2007) analisou o teor proteico de *P. sajor-caju* cultivado em substratos com diferentes teores de nitrogênio e observou que não ocorreu colonização do micélio no substrato em concentrações de nitrogênio superiores a 1,75%. No entanto, entre as concentrações de N em que houve crescimento (0,65, 0,85 e 1,30%), a concentração de 1,30% foi a que apresentou um maior teor proteico. Dessa forma, evidenciaram que o teor de nitrogênio no substrato influencia o teor proteico do corpo frutífero, porém, também pode causar a inibição do crescimento do fungo.

Diferentes sistemas de cultivo para *Pleurotus* spp. foram testados, tais como, ensacamento em bandejas, recipientes cilíndricos, prateleiras de madeira ou poliestireno e sacos plásticos. O cultivo em sacos plásticos foi relatado como método mais eficiente, por ter uma produção maior e menor contaminação. Na Europa, a maioria dos produtores utilizam sacos pretos, para o cultivo, enquanto na Ásia, utilizam-se sacos pequenos (MAMIRO; MAMIRO; MWATAWALA, 2014).

3.3 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DOS COGUMELOS

A composição de algumas espécies de *Pleurotus* spp., em base seca, está apresentada na Tabela 3. A umidade do corpo frutífero varia entre 85 e 90% (KHAN; TANIA, 2012; ATRI *et al.*, 2013; CORRÊA *et al.*, 2016).

Os carboidratos estão presentes no *Pleurotus* spp. na forma de polissacarídeos e glicoproteínas. Entre os polissacarídeos destacam-se a quitina, α - e β -glucanas, e hemiceluloses. O teor de β -glucanas varia entre 2,2 e 5,3 mg/ g de matéria seca e o teor de fibras alimentares varia de 10 a 31 g/100 g de peso seco (SHAH *et al.*, 1997; MANZI; PIZZOFERRATO, 2000; DABBOUR, TAKRURI, 2002). O consumo de fibras pode trazer benefícios à saúde, pois pode favorecer respostas

metabólicas e auxiliar na prevenção de doenças. As fibras solúveis aumentam a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo o esvaziamento gástrico, favorecendo a absorção de nutrientes. Além disso, aumentam a sensação de saciedade. Alguns estudos indicam que as β -glucanas proporcionam maior saciedade. Outro efeito positivo relatado é no auxílio da modulação dos níveis de colesterol e glicemia (DE OLIVEIRA CAMARGO *et al.*, 2020).

Tabela 3: Composição físico-química de algumas espécies de *Pleurotus* (base seca)

Espécie	Carboidratos	Proteínas	Lipídios	Cinzas
<i>P. floridanus</i> Singer, <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. sapidus</i> , <i>P. cystidiosus</i> , <i>P. sajor-caju</i>	85,86%- 88,38%	0,98%- 2,17%	0,62%- 0,84%	1,03%- 2,20%
<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-caju</i> , <i>P. florida</i> , <i>P. cystidiosus</i> , <i>P. geesteranus</i> Singer, <i>P. eryngii</i>	36%-60%	11%-42%	0,2%-8%	-

Fonte: KHAN; TANIA (2012); ATRI *et al.* (2013); CORRÊA *et al.* (2016).

Cerca de 74% das proteínas do *P. ostreatus* fresco é assimilável, enquanto para o cogumelo seco, esse valor é de 84% (SHAH *et al.*, 1997; MANZI; PIZZOFERRATO, 2000; DABBOUR; TAKRURI, 2002). Os teores de macro e micronutrientes podem variar devido à espécie, cepa, substrato utilizado, grau de maturação, condições de armazenamento e processo de conservação (FURLANI; GODOY, 2005). O teor de proteínas dos cogumelos varia de acordo com a composição do substrato, tamanho do píleo, tempo de cultivo e da espécie (BERNAS; JAWORSK; LISIEWSKA, 2006).

Os cogumelos apresentam alto teor de proteínas e contém todos os aminoácidos essenciais. Entre os aminoácidos, destacam-se o ácido glutâmico, ácido aspártico e arginina (MANZI *et al.*, 1999). A qualidade da proteína é superior à de vegetais, além disso, são ricos em lisina e triptofano, dois aminoácidos que os cereais são deficientes, sendo os cereais uma fonte importante de aminoácidos essenciais na alimentação humana (DELEU *et al.*, 2019, SCHMIDT *et al.*, 2016). Dundar, Acay e Yildiz (2009) observaram que o teor de proteínas nos cogumelos varia de acordo com o substrato utilizado no cultivo, provavelmente devido as diferenças biológicas, químicas e relação C:N dos substratos. Além disso, observaram que o perfil de aminoácidos não é alterado pela mudança de substrato, apenas a quantidade de cada aminoácido varia. Ainda neste estudo, não foi constatado diferença significativa entre umidade e teor de carboidratos nos

cogumelos cultivados em diferentes substratos. Mendez *et al.* (2005) também constataram em seu estudo que o perfil de aminoácidos não é alterado com a mudança de substrato no cultivo de *P. ostreatus*. Cueva, Hernández e Niño-Ruiz (2016) avaliaram a influência da razão C:N no teor de proteínas de *Pleurotus ostreatus*, e obtiveram um maior teor proteico quando a essa relação estava entre 38 e 48. A Tabela 4 apresenta valores de proteínas encontrados em *P. ostreatus* cultivados em diferentes substratos.

Tabela 4: Teor de proteínas em corpos frutíferos de *Pleurotus ostreatus* em diferentes substratos em base seca

Substrato	Teor proteico no cogumelo (g.100g⁻¹)	Referência
Bainha de pupunheira	19,32	Duprat (2012)
Folha de pupunheira	23,99	Duprat (2012)
Folha de pupunheira	21,70	Duprat <i>et al.</i> (2015)
Palha de bananeira	16,36	Bonatti <i>et al.</i> (2004)
Palha de bananeira	21,61	Silveira (2003)
Resíduo de algodão da fiação	16,47	Holtz (2008)
Capim elefante	22,59	Bernardi <i>et al.</i> (2009)
Capim-elefante + 10% farelo de trigo	23,59	Donini (2006)
Ferragem de sorgo	32,00	González <i>et al.</i> (2021)
Papel impresso	9,29	Fernandes <i>et al.</i> (2015)
Resíduo cervejeiro suplementado com farelo de trigo	37,4	Lavelli <i>et al.</i> (2018)

Fonte: A autora (2021).

Estudos mostram que os cogumelos apresentam uma variedade de compostos nutracêuticos, tais como fibras alimentares, polissacarídeos, terpenos, peptídeos, glicoproteínas, álcoois, minerais, ácidos graxos insaturados e compostos fenólicos (PARDESHI; PARDESHI, 2009). A presença de compostos bioativos em cogumelos pode trazer benefícios para o sistema imunológico, prevenindo doenças cardíacas, hipertensão e câncer. Além disso, podem apresentar atividade antiviral, antibacteriana, antitumoral, antitrombótico e atividade hipotensiva. São ricos em

potássio, cálcio, fósforo, magnésio e apresentam baixo teor de sódio (CARRASCO-GONZÁLEZ *et al.*, 2017).

Os fungos do gênero *Pleurotus* spp. apresentam uma relação entre potássio (K) e sódio (Na) alta, dessa maneira, seu consumo é indicado para pessoas hipertensivas e com problemas cardíacos (RAMZAN *et al.*, 2020). Alguns estudos com *Pleurotus* spp. tem demonstrado que essa espécie tem efeito na prevenção e tratamento de câncer e hipercolesteromia (GOLAK-SIWULSKA *et al.*, 2018). Jayakumar, Ramesh e Geraldine (2006) observaram em seu estudo, que extrato de *P. ostreatus* diminuem a hepatotoxicidade induzida por CCl₄ (tetracloreto de carbono) em ratos.

3.4 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PAMITO PUPUNHA COMO SUBSTRATOS PARA CULTIVO DE COGUMELOS

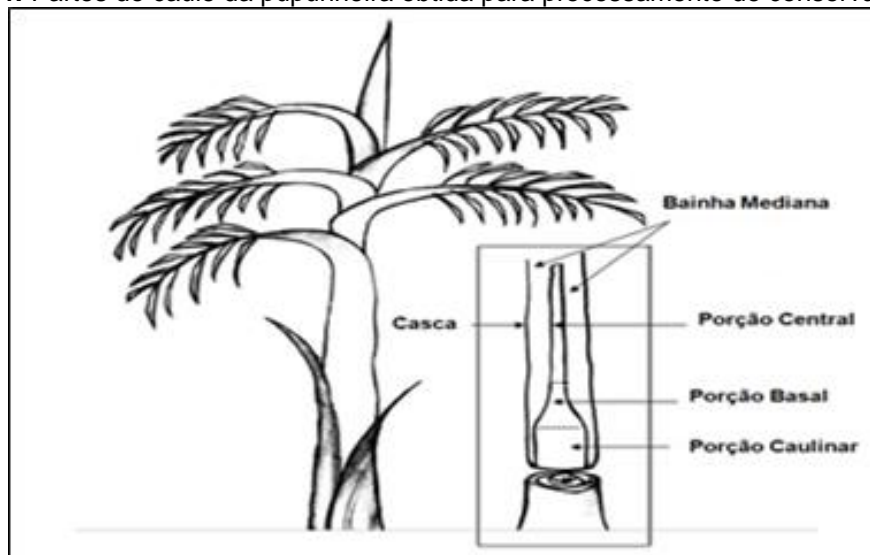
Os cogumelos do gênero *Pleurotus* spp. utilizam resíduos agrícolas como substrato para crescimento, dessa forma, ajudam na reciclagem desse material (RAMAN *et al.*, 2020). No Brasil, o bagaço de cana-de-açúcar foi um dos principais substratos utilizados para o cultivo de cogumelos (REIS *et al.*, 2010). Estudos têm sido realizados para verificar a possibilidade de cultivo de cogumelos utilizando outros resíduos agroindustriais, como serragem de eucalipto, palha de soja, sabugo de milho, polpa e cascas de frutas, bainha e folhas de pupunha (ESPOSITO; AZEVEDO, 2004; ZENNI; HELM; TAVARES, 2018). Além do cultivo de cogumelos produzirem um alimento nutritivo, melhora a qualidade da palha para alimentação animal, pois reduz o teor de lignina, celulose, hemicelulose, taninos e fibra bruta (GONÇALVEZ *et al.*, 2010).

A pupunha (*Bactris gasipaes*) é uma palmeira de clima tropical, nativa da região amazônica, onde é popularmente conhecida como pupunheira. O cultivo do palmito pupunha no Paraná iniciou-se no litoral, devido às condições climáticas, em seguida, estenderam-se as regiões norte e noroeste. Devido ao manejo irrigado, essas regiões se destacam na produção. A irrigação possibilita maiores rendimentos e qualidade da matéria-prima para processamento (ANEFALOS; TUCCI; MODOLO, 2007; EGEEA *et al.*, 2012). Nos últimos anos, o cultivo de pupunha, apresentou aumento de 100% por ano no seu cultivo, atingindo 1.600 hectares (EMBRAPA, 2019). Esta espécie de palmeira apresenta algumas vantagens como, precocidade

no corte, perfilamento abundante, não escurece após o corte, sabor agradável e alta produtividade. É uma planta perene, permitindo até dois cortes por ano de cada haste (CLEMENT; BOVI, 1999; NEVES *et al.*, 2007).

Basicamente a pupunheira é dividida em três camadas ou bainhas: externa, mediana e interna (Figura 4). O palmito é uma das porções comestíveis das palmeiras e corresponde ao meristema apical da planta (HODGE, 1965). Esta porção pode ser dividida em basal e central. A parte basal caracteriza-se por ser mais fibrosa, e por isso, é comercializada em formatos de cubos, e parte central, é mais comumente comercializada em toletes, ambos em conservas ou minimamente processados. Durante a colheita, são realizados cortes nas extremidades do talo das palmeiras, distantes da parte comestível, para evitar a contaminação por microorganismos e desidratação. A parte comestível é envolvida pela bainha mediada, de coloração clara. A camada externa, casca, caracteriza-se por ser fibrosa esverdeada a marrom e é descartada durante a industrialização do palmito (GALDINO; CLEMENTE, 2008).

Figura 4: Partes do caule da pupunheira obtida para processamento de conservas



Fonte: BOLANHO, DANESI E BELÉIA (2014).

Durante o processamento do palmito em conservas, as porções comestíveis apresentam um rendimento de 16,5% (m/m), enquanto as porções não comestíveis apresentam um rendimento maior, sendo 29,1 e 16,7% (m/m) para a parte caulinar e bainha mediana, respectivamente. A bainha externa da haste corresponde a 37,5% (m/m). O resíduo gerado apresenta alto potencial de reaproveitamento, podendo ser

usadas as bainhas medianas e a porção caulinar para a produção de farinhas, que representam 46% de redução dos resíduos descartados. Devido principalmente ao teor de fibras, podem ser utilizados na alimentação animal como suplementos de fibras, ou ainda ser utilizado como substrato no cultivo de fungos comestíveis (BOLANHO; DANESI; BELEIA, 2013; BELLETTINI *et al.*, 2017). Na Tabela 5 está apresentada a composição proximal de diferentes partes da pupunheira.

Tabela 5: Composição proximal de diferentes partes do caule da pupunheira

	Umidade (g.100g ⁻¹)	Cinzas* (g.100g ⁻¹)	Proteínas* (g.100g ⁻¹)	Lipídios* (g.100g ⁻¹)	FAI* (g.100g ⁻¹)	FAS* (g.100g ⁻¹)	FAT* (g.100g ⁻¹)
Casca	81,3±1,1	3,8±0,1	3,9±0,2	1,9±0,2	80,2±0,9	2,4±0,1	82,6
Bainha	86,6±2,9	4,3±0,2	6,3±0,3	2,5±0,1	66,1±1,9	2,6±0,2	68,7
Caule	89,2±0,2	6,8±0,2	11,2±0,9	2,6±0,1	54,9±3,1	4,0±0,2	58,9
Basal	90,3±0,1	8,2±0,3	18,8±0,3	4,4±0,4	48,8±2,4	5,2±0,4	54,1
Central	90,7±0,3	8,2±0,7	24,9±0,5	5,5±0,5	41,0±2,0	7,1±0,4	48,2

Fonte: Adaptado de BOLANHO, DANESI e BELEIA (2013).

Nota: *em base seca; FAT – fibras alimentares totais; FAI – fibras alimentares insolúveis; FAS – fibras alimentares solúveis

Farinhas produzidas com a parte caulinar da pupunheira apresentaram teores de celulose, lignina e hemicelulose de 22,36, 1,04 e 11,64% (m/m), respectivamente. Para farinhas obtidas a partir da bainha mediana, esses teores foram de 32,60% para celulose, 1,59% para lignina e 15,91% (m/m) para hemicelulose (BOLANHO; DANESI; BELEIA, 2014). Já farinhas obtidas do pseudocaule de bananeira, apresentaram teores de lignina de 4,6%, 27,4% de celulose e 11,9% (m/m) de hemicelulose, demonstrando que a composição desses materiais apresenta variação em função da espécie e processamento, dentre outros (AZIZ *et al.*, 2011).

Obodai, Cleland-Okine e Vowotor (2003) realizaram um estudo para avaliar a produção de *P. ostreatus* em diferentes subprodutos lignocelulósicos, e obtiveram uma correlação positiva entre os teores de celulose, lignina e a produção de cogumelo. Os autores sugeriram que esses dois componentes estão relacionados com a formação do corpo frutífero do cogumelo, dessa forma, os materiais orgânicos que apresentam altos teores de celulose e lignina poderiam ser bons substratos para o cultivo (OBODAI; CLELAND-OKINE; VOWOTOR, 2011). Helm; Raupp e Dos Santos (2014) determinaram que o teor de nitrogênio total em farinha fibrosa de *Bactris gasipaes* é de 1,5% (m/m). Para nitrogênio não proteico obtiveram 0,5% e 6,3% (m/m). Na Tabela 6 está apresentado o rendimento do cultivo de cogumelos em diferentes substratos.

Segundo Siqueira *et al.* (2016) dos resíduos agroindustriais utilizados para o cultivo de *P. ostreatus*, destacam-se no Brasil, o bagaço de cana-de-açúcar, pela produção ser maior no estado de São Paulo onde esse material é abundante. Mas com a produção de etanol de segunda geração e de energia elétrica, além de outras diversas formas de aproveitamento de subprodutos, a disponibilidade desses materiais pode ficar limitada. Dessa forma, o estudo de novas fontes de substratos derivados de resíduos agroindustriais disponíveis nas diversas regiões para a produção de *Pleurotus* sp. torna-se importante.

Tabela 6: Rendimento do cultivo de cogumelos em diferentes substratos

Espécie	Substrato	Inóculo (%)	Rendimento (%)	Referência
<i>Pleurotus</i> spp.	Palha de bananeira	5	59,48	Rampinelli (2009)
<i>Pleurotus</i> spp.	Palha de bananeira	10	79,96	Rampinelli (2009)
<i>P. ostreatus</i>	Bainha de pupunheira + 2% farelo de arroz	20	57,1	Duprat (2012)
<i>P. ostreatus</i>	Folha de pupunheira + 2% farelo de arroz	20	38,2	Duprat (2012)
<i>P. ostreatus</i>	Bainha e folhas de pupunheira + 2% farelo de arroz	5	42,2	Duprat (2012)

Fonte: A autora (2021).

3.5 ÁCIDO GLUTÂMICO E SABOR UMAMI

O umami foi descrito em 1908 pelo professor Kikunae Ikeda e recentemente foi reconhecido como um dos cinco gostos básicos. O gosto característico é proveniente do ácido glutâmico livre e 5'-ribonucleotídeos, tais como inosinato e guanilato (YAMAGUCHI *et al.*, 1971). A intensidade relativa do gosto umami desses componentes está apresentada na Tabela 7.

O ácido glutâmico é um aminoácido não essencial, sendo um dos principais constituintes das proteínas (DE MELO, 2020). É encontrado na sua forma livre, em diversos alimentos, tais como, carnes, frutos do mar e vegetais (YAMAGUCHI; NINOMIYA, 2000; LINDEMANN; OGIWARA; NINOMIYA, 2002). O interesse pelo umami tem aumentado nos últimos anos, pois estudos tem revelado que sua adição nos alimentos enaltece a salinidade, podendo substituir parcialmente o sal de

cozinha (NaCl) (BALL *et al.*, 2002). O consumo excessivo de sódio está relacionado com hipertensão e doenças cardiovasculares (WHO, 2007).

Tabela 7: Intensidade relativa do umami para aminoácidos e nucleotídeos

Componente	Intensidade relativa
Ácido glutâmico (Glu)	1
Ácido aspártico (Asp)	0,077
Monofosfato de 5'-inosina (5'-IMP)	1,000
Monofosfato de 5'-guanosina (5'-GMP)	2
Monofosfato de 5'-xantosina (5'-XMP)	0,61
Monofosfato de 5'-adenosina (5'-AMP)	0,18

Fonte: Adaptado de YAMAGUCHI *et al.* (1971).

Cogumelos, queijos e tomate, são exemplos de alimentos em que se encontram altos níveis de ácido glutâmico. Esses alimentos são tradicionalmente usados em pratos salgados para enaltecer o sabor (GIACOMETTI, 1979; YAMAGUCHI, NINOMIYA, 2000). Nos cogumelos, o gosto predominante é o umami, conhecido como satisfação, que está relacionada pela percepção de sabor induzida ou aumentada pelo glutamato e 5'-nucleotídeos (BELLISLE, 1999). Estudos tem demonstrado que os cogumelos apresentam uma quantidade significativa de aminoácidos e nucleotídeos que caracterizam o gosto umami (ZHANG *et al.*, 2013). Na Tabela 8 está apresentado o teor de ácido glutâmico encontrado em algumas espécies de cogumelos.

Tabela 8: Teor de ácido glutâmico em cogumelos de diferentes espécies

Espécie	Teor de ácido glutâmico (mg.g⁻¹) em cogumelos fresco	Referência
<i>Pleurotus ostreatus</i>	3,64 - 5,01	Chirinang; Intarapichet (2009); Mattila <i>et al.</i> , (2002)
<i>Agaricus bisporus</i>	4,31 - 4,78	Mattila <i>et al.</i> , (2002)
<i>Lentinula edodes</i>	3,55	Mattila <i>et al.</i> , (2002)
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	4,22	Chirinang; Intarapichet (2009)
Espécie	Teor de ácido glutâmico (mg.g⁻¹) em cogumelos seco	Referência
<i>Pleurotus ostreatus</i>	59,8 - 81,4	Bach <i>et al.</i> (2017)
<i>Agaricus bisporus</i>	44,3 - 45,0	Bach <i>et al.</i> (2017)
<i>Agaricus brasiliensis</i>	57,3	Bach <i>et al.</i> (2017)
<i>Lentinula edodes</i>	29,3	Bach <i>et al.</i> (2017)

Fonte: A autora (2021).

O glutamato monossódico (GMS) e outros sais glutâmicos, em meio aquoso, se dissociam e formam ácido glutâmico. Assim, são frequentemente adicionados em alimentos junto com o NaCl, para aumentar o gosto salgado e diminuir a quantidade de sal adicionada (BEYREUTHER *et al.*, 2007). Porém, o consumo de GMS tem sido relacionado com problemas de saúde (LAU; MOK, 1995), tais como, asma, enxaqueca, obesidade e náuseas (FREEMAN, 2006; SHANNON *et al.*, 2017). A “síndrome do restaurante chinês” também está relacionada com o consumo de GMS, e está associada com dores de cabeça, sensação de queimação e dores no peito (SCHAUMBURG *et al.*, 1969). Dessa forma, a utilização de cogumelos para enaltecer o sabor é uma alternativa para evitar o uso de GMS comercial.

3.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os radicais livres são compostos que apresentam número ímpar de elétrons e são instáveis. São formados durante o metabolismo de organismos aeróbios, e a partir da oxidação de outras moléculas, adquirem elétrons para atingir sua estabilidade (PIETTA, 2000). Os antioxidantes produzidos pelo organismo e ingeridos na dieta tendem a combater e neutralizar esses radicais, porém quando há um desequilíbrio, os radicais podem reagir com outras moléculas, incluindo proteínas, lipídios, carboidratos, DNA e causar danos (HALLIWELL, 1990). Esta condição é conhecida como estresse oxidativo, e está relacionada com diversas patologias, tais como: diabetes, artrite, neoplasias, aterosclerose, doenças neurodegenerativas e processos inflamatórios (HATAMI *et al.*, 2014). A formação de radicais livres pode ser intensificada por fatores exógenos como inalação de poluentes do ar, hábitos de vida como o fumo e radiação UV (HALLIWELL, 1994). Para reduzir ou prevenir os efeitos ocasionados pelos radicais livres no organismo, recomenda-se a ingestão de alimentos com compostos fenólicos ou o uso de suplementos antioxidantes (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2015).

Os cogumelos apresentam uma variedade de metabólitos secundários, incluindo os compostos fenólicos, que contribuem nas características sensoriais dos alimentos, como aroma, sabor e cor. Podem ser definidos como substâncias que apresentam, pelo menos, um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas (OH), incluindo outros grupos funcionais (KIM; JEONG; LEE, 2003; ISHIKAWA; MATIMOTO; HAMASAKI, 1984; MAU; LIN; SONG, 2002). A atividade antioxidante

está relacionada com a estrutura dos compostos fenólicos, e a presença deles é dependente de alguns fatores como substratos, temperatura, luz, pressão de oxigênio (BACH, 2017).

A atividade antioxidante avaliada por métodos químicos baseia-se na transferência de átomo de hidrogênio ou pela transferência de elétrons. Os métodos mais utilizados para avaliar a transferência de elétrons são DPPH, FRAP (potencial redutor do ferro) e TEAC (capacidade antioxidante equivalente em Trolox) (BACH, 2017). O método com o radical ABTS+ avalia a atividade antioxidante por meio do sequestro de radicais livres, sendo este método, um dos mais rápidos e permite avaliar a atividade antioxidante de compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI *et al.*, 2005). O ensaio FRAP é um método colorimétrico para avaliar a capacidade antioxidante, que se caracteriza pela redução do complexo formado pelo Fe^{3+} e a tripiridiltriazina (Fe^{3+} -TPTZ) para Fe^{2+} -TPTZ, que ocorre na presença de oxidantes em meio ácido (BENZIE; STRAIN, 1996).

Os compostos fenólicos podem ser divididos em subclasses, de acordo com sua estrutura: ácidos fenólicos, flavonoides e taninos (Figura 5) (KING; YOUNG, 1999; FERREIRA; BARROS; ABREU, 2009). Estes compostos apresentam diversas propriedades biológicas, incluindo ação antioxidante, que pode apresentar diferentes mecanismos, associados à sua estrutura química (AMAROWICZ *et al.*, 2004; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Podem agir como agentes redutores, doadores de hidrogênio e inibidores de oxigênio singlete (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996). Alguns estudos demonstram que a atividade antioxidante dos compostos fenólicos aumenta com o aumento do número de anéis dos compostos fenólicos, ou seja, polifenóis apresentam maior atividade antioxidante do que monofenóis. Além disso, os derivados do ácido cinâmico apresentam maior atividade antioxidante em relação aos derivados do ácido benzoico. A substituição de açúcares em flavonoides diminui a atividade antioxidante, provavelmente devido a impedimento estérico (KIM; LEE, 2004; CRAFT *et al.*, 2012).

Os ácidos fenólicos são formados por pelo menos um anel aromático em que pelo menos um hidrogênio é substituído por um grupo hidroxila (-OH), sendo este o principal grupo de fenólicos encontrado em cogumelos. Podem ser subdivididos em dois grupos, os ácidos hidroxibenzoicos e ácidos hidroxicinâmicos (Tabela 9) (HELENO *et al.*, 2015), que apresentam caráter ácido devido a presença de grupo

carboxílico (COOH) em sua estrutura. O grupo de ácidos hidroxibenzoicos é formado pelos ácidos protocatecuico, gálico, vanílico, gentísico, p-hidroxibenzoico e siríngico. O grupo de ácidos hidroxinânicos é formado pelos ácidos cafeico, clorogênico, p-cumárico, ferúlico e sinápico (WANG *et al.*, 2020).

Figura 5: Classes dos compostos fenólicos



Fonte: A autora (2021).

Tabela 9: Derivados dos ácidos cinâmico e benzoico

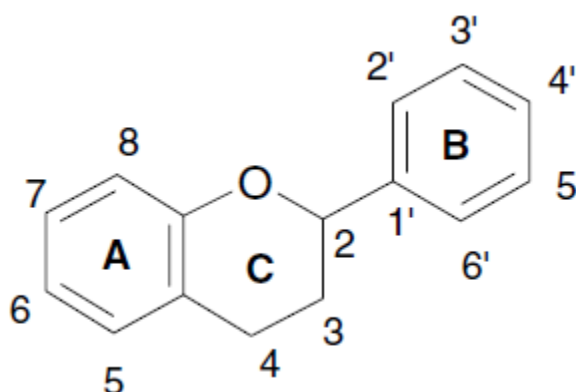
Substituição	Derivados do ácido cinâmico	Derivados do ácido benzoico
R ¹ =OH	Ácido o-cumárico	-
R ³ =OH	Ácido p-cumárico	Ácido p-hidroxibenzoico
R ³ =R ⁴ =OH	Ácido cafeico	Ácido protocatecuico
R ² =OCH ³ , R ³ =OH	Ácido ferúlico	Ácido vanílico
R ² =R ³ =OCH ³	-	Ácido verátrico
R ² =R ³ =R ⁴ =OH	-	Ácido gálico
R ¹ =R ⁴ =OH	-	Ácido gentísico
R ² =R ⁴ =OCH ³ , R ³ =OH	Ácido sinápico	Ácido siríngico
R ¹ =OH, R ⁴ =HSO ³	-	Ácido 5-sulfosalicílico
R ² =R ³ =OH	Ácido 3,4 ou 5- cafeoilquínico*	-

Fonte: HELENO *et al.*, (2015).

NOTA: *O grupo carboxílico é esterificado com ácido quínico.

Os flavonoides são o segundo maior grupo de compostos fenólicos em cogumelos (BACH, 2017). Sua estrutura química básica é formada por dois anéis aromáticos (A e B) ligados a um anel pirano (C) (Figura 6). Conforme as substituições no anel pirano, os flavonoides podem ser subdivididos em diversas classes, como flavonóis (quercentina, caempferol e rutina), flavonas (apigenina e luteolina), flavanóis (catequina, epicatequina), flavanonas (hesperitina e naringenina) e antocianinas (cianidina e pelargonidina) (AHERNE; O'BRIEN, 2002; SKINNER; HUNTER, 2013). Os flavonoides podem agir como agentes de redução, doadores de hidrogênio, supressores de oxigênio singlete e como quelante de metais (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

Figura 6: Estrutura química básica dos flavonoides



Fonte: BALASUNDRAM; SUNDRAM e SAMMAN (2006).

Os taninos também fazem parte dos compostos fenólicos, e são formados por moléculas de alto peso molecular, podendo ser divididos em hidrolisáveis e condensados. Os taninos condensados são estruturalmente mais complexos que os hidrolisáveis, compostos por flavan-3-ols e flavan-4,3-diols polimerizados, são amplamente distribuídos em produtos como frutas, hortaliças e grãos (SCHOFIELD *et al*, 2001; CHUNG *et al*, 1998). Os taninos hidrolisáveis são poliésteres de ácido gálico com açúcares, como a glicose (KHANBABAEE; REE, 2001).

Koutrotsios *et al.* (2017) ao avaliar o perfil fenólico de diferentes cepas de *Pleurotus ostreatus*, constataram alta variabilidade no teor de compostos fenólicos. Entre os ácidos hidroxibenzoicos, destacou a presença do *p*-OH-benzóico e ácido *p*-OH-fenilacético, e entre os ácidos hidroxicinâmicos, destacou a presença do ácido

cinâmico nas amostras analisadas. O resveratrol foi detectado em todas as amostras analisadas.

O ácido ascórbico, tocoferol e carotenoides encontrados em diversas espécies de cogumelos também apresentam atividade antioxidante (ISHIKAWA; MORIMOTO; HAMASAKI, 1984; MAU LIN; SONG, 2002; VALVERDE; HERNÁNDEZ-PÉREZ; PAREDES-LÓPEZ, 2015). A atividade antioxidante das espécies *Pleurotus*, *Agaricus*, *G. lucidum* e *L. edodes* tem sido muito estudada (JEENA *et al.*, 2014; GHAREMANI-MAID, DASHTI, 2015; DA SILVA; JORGE, 2011).

Além dos efeitos positivos na saúde, os antioxidantes naturais têm sido estudados para substituir o uso de antioxidantes sintéticos na indústria de alimentos. Os compostos antioxidantes são utilizados para evitar a deterioração de alimentos, que ocasionam alterações de odor e sabor, formação de compostos poliméricos tóxicos e podem causar alterações nutricionais devido a degradação de vitaminas e ácidos graxos essenciais (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; RAMALHO; JORGE, 2006; YASAEI *et al.*, 1996). Os antioxidantes sintéticos como, por exemplo, o BHA (butil hidroxi anisol) e BHT (butil hidroxi tolueno), apesar de serem mais estáveis e efetivos do que os naturais vêm sendo limitados em muitos países devido à possibilidade de causarem efeitos indesejáveis aos seres humanos, como alergias e possíveis ações promotoras do câncer (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; LEAL, 2005; SHAHIDI, 1996). A indústria tem reduzido o uso de antioxidantes sintéticos, e como alternativa, já são comercializadas fórmulas provenientes de extratos de plantas, que apresentam grande potencial antioxidante, como por exemplo, o orégano e alecrim (TRINDADE, 2007). Estudos demonstram que a uma concentração de 10 mg/mL, o extrato etanólico de *P. ostreatus* apresenta significativo poder redutor, quando comparado com o antioxidante sintético BHT (JAYAKUMAR; THOMAS; GERALDINE, 2009).

A utilização de cogumelos em formulações de produtos alimentícios vem sendo muito estudada, devido ao seu teor de proteínas e sua capacidade antioxidante. Sandri, Bastiani e Piemolini-Barreto (2012) estudaram a aplicação de *Agaricus blazei* em chocolate branco e observaram um aumento no teor de proteínas, fibras e polifenóis. De Lima *et al.* (2017) avaliaram a aceitabilidade de farinhas de trigo enriquecidas com pó de *Pleurotus sajor-caju*. Nesse estudo foi

realizada análise sensorial com pães produzidos com a farinha enriquecida, e foi constatada que apesar de ocorrer mudanças nas características sensoriais, o produto teve boa aceitação, demonstrando a viabilidade da aplicação da farinha enriquecida. Da Silva *et al.* (2009), avaliaram a utilização de extrato de *Agaricus blazei* como antioxidante natural em óleo de soja, e obteve uma proteção mais efetiva do que o antioxidante sintético BHT comumente usado.

Em estudos utilizando cogumelos em pães, foram observadas algumas alterações, tais como, aumento do volume do pão, melhoria no sabor, aroma e textura, obtenção de pães funcionais e aumento na velocidade da fermentação alcoólica (LEE; KYUNG; CHANG, 2004; MOON; LO, 2014). Em condimentos e sopas em pó, o cogumelo atuou como agente flavorizante (MOON; LO, 2014). Em bebidas fermentadas, o cogumelo foi usado como fonte de nitrogênio, como fonte de enzimas ou em substituição a *Saccharomyces cerevisiae* (OKAMURA-MATSUI *et al.*, 2003; LIN *et al.*, 2010; MOON; LO, 2014). Em suco de maçã, o uso de cogumelo inibiu o escurecimento (JANG *et al.*, 2002) e em processamento de peixe, atuou como estabilizante de cor (BAO; OSAKO; OHSHIMA, 2010). Os cogumelos apresentam diferentes aplicações em alimentos, podendo ser usados no melhoramento de produtos de panificação, em processos fermentativos ou como flavorizantes em produtos em pó, por exemplo. Dessa forma, explorar os cogumelos para substituir o uso de aditivos sintéticos em produtos processados, pode ser uma alternativa para diminuir os efeitos nocivos à saúde.

4 VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA PARA CULTIVO DE COGUMELOS SHIMEJI (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de uso de resíduos do processamento de palmito pupunha e definir as condições de cultivo para a produção de cogumelos do tipo shimeji preto (*Pleurotus ostreatus*). Um planejamento do tipo Composto Central Rotacional foi conduzido utilizando as variáveis independentes relação C:N (variada de acordo com a proporção entre bainha foliar e casca do palmito pupunha) e a umidade do substrato, sendo o rendimento a variável dependente. Para comparação do rendimento, foi utilizado meio padrão com relação C:N de 70 e umidade de 54%, utilizando como substrato serragem e farelo de trigo. A condição que mais favoreceu o crescimento foi validada e utilizada para estimar os custos de produção de cogumelos na unidade produtora de palmito pupunha doadora dos resíduos. A condição otimizada para cultivo do shimeji preto nos resíduos foi com relação C:N de 69,14 e umidade de 86,21%, obtendo rendimento de 24,47%, valor superior ao encontrado quando se utilizou meio padrão (17,15%). Com relação à estimativa dos custos operacionais de produção, verificou-se que a renda líquida mensal do produtor pode chegar próxima a R\$43.595,00 com produção de 1,8 toneladas de cogumelos. Dessa forma, torna-se viável a produção de shimeji preto nos resíduos de palmito pupunha, pois além de reduzir os impactos ambientais, torna-se mais uma fonte de renda para o produtor.

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial. Viabilidade econômica. Rendimento.

4.1 INTRODUÇÃO

Algumas espécies de cogumelos, como o *Pleurotus ostreatus*, não necessitam de substrato compostado para seu desenvolvimento. Devido à produção de enzimas, conseguem assimilar material lignocelulósico. Além disso, apresentam fácil cultivo e não requerem muitos controles ambientais para seu desenvolvimento (MANSOUR-BENAMAR; SAVOIE; CHAVANT, 2013).

A suplementação de nitrogênio no substrato normalmente é feita pela utilização de farelos (por exemplo, soja e trigo), porém Donini (2006) obteve em seu estudo que o substrato suplementado com farelo de soja apresentou menor rendimento em relação ao mesmo substrato sem suplementação. A relação entre carbono e nitrogênio (C:N) tem se mostrado um fator importante no desenvolvimento de cogumelos, pois o excesso de nitrogênio pode inibir a frutificação do fungo, e

quantidades pequenas podem resultar em cogumelos com baixo teor de proteínas e baixa produtividade (SILVA *et al.*, 2007).

No processamento de conservas de palmito pupunha, cerca de 80% da haste retirada da planta é descartada. O resíduo geralmente é destinado à alimentação animal, podendo também ser utilizado no cultivo de fungos comestíveis (BOLANHO; DANESI; BELEIA, 2013; BELLETTINI *et al.*, 2017). A composição proximal das diferentes partes de resíduos da pupunheira difere entre si. A bainha apresenta maior teor de proteínas, lipídios e cinzas em relação à casca. Além disso, o teor de celulose, lignina e hemicelulose variam nas diferentes partes da planta (BOLANHO; DANESI; BELEIA, 2013). Dessa forma, com a combinação delas pode-se obter substratos com diferentes relações C:N.

O teor de umidade do substrato é importante, devendo estar entre 60-75%. O excesso de água pode influenciar na troca gasosa, podendo causar a formação de micélio aéreo, dificultando a degradação da lignina e favorecer o crescimento de fungos contaminantes. Valores de umidade menores podem dificultar o crescimento do fungo (STURION, 1994; CHANG; MILES, 2004).

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de uso de resíduos do processamento de palmito pupunha, utilizando planejamento estatístico do tipo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para definir as condições de cultivo que resultem em maior rendimento de *P. ostreatus* e estimar os custos de produção na condição em que ocorreu a maior produção.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção e caracterização dos resíduos agroindustriais

Os resíduos do processamento de palmito pupunha, bainha interna e casca foram cedidos por uma indústria de palmito pupunha Geiri localizada na cidade de Antonina/PR (25°27'18.0"S 48°43'59.3"W). O material foi seco em estufa de secagem com circulação de ar (MA035/5, MARCONI) a 70 °C por 24 h. Em seguida, os materiais secos foram triturados em moinho de facas (MA340, MARCONI) e armazenados em sacos plásticos fechados em temperatura ambiente. A umidade do material seco foi determinada por método de secagem em estufa (NOVA ÉTICA) a 105°C por 6 h (AOAC, 2005).

Os teores de carbono e nitrogênio da bainha mediana e casca dos resíduos de palmito pupunha foram determinados utilizando analisador elementar (LECO) (FONTANA; BISONCHI, 2017). As análises foram realizadas pela Fundação ABC, na cidade de Castro/PR.

4.2.2 Obtenção e preparo do inóculo

A espécie utilizada, *Pleurotus ostreatus*, foi mantida em meio líquido contendo 10 g.L⁻¹ de glicose (C₆H₁₂O₆), 2 g.L⁻¹ de nitrato de sódio (Na₂NO₃), 1 g.L⁻¹ de fosfato dipotássico (K₂HPO₄), 0,4 g.L⁻¹ de fosfato monossódico monohidratado (NaH₂PO₄.H₂O), 0,5 g.L⁻¹ de sulfato de magnésio heptahidratado (MgSO₄.7H₂O) e 2 g.L⁻¹ de extrato de levedura (MILOVANOVIĆ *et al.*, 2014). O inóculo para os experimentos seguintes foi preparado utilizando grãos de trigo como substrato. Os grãos de trigo foram cozidos durante 10 min em água destilada. Após o cozimento, a água foi drenada, e os grãos cozidos foram acondicionados em sacos de polipropileno. Em cada saco foi colocado 250 g do substrato, que foram fechados e esterilizados em autoclave a 121 °C por 15 min. Após a esterilização, o meio supracitado foi utilizado como inóculo para a fermentação em estado sólido e incubado a 25 °C em ausência de luz, até total colonização do substrato (BONATTI *et al.*, 2003).

4.2.3 Inoculação e frutificação do *P. ostreatus*

A otimização da produção dos cogumelos foi realizada a partir de um planejamento estatístico do tipo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), utilizando como variáveis independentes a relação C:N e a umidade do substrato (Tabela 10). Em béqueres foi pesado o substrato e em seguida, adicionado água até que fosse atingida a umidade desejada, conforme Equação 1. Foram usadas diferentes proporções dos resíduos de palmito pupunha (casca e bainha foliar) para atingir as relações C:N definidas no delineamento experimental e misturados com 1% de gesso e 1% de calcário de conchas, sendo o gesso utilizado para absorver o excesso de água do substrato e o calcário para evitar alterações de pH. Os substratos foram acondicionados em sacos de polipropileno (22x15cm),

fechados com espuma D28 e esterilizados a 121 °C por 15 min. Em seguida, foi realizada a inoculação do fungo em câmara de fluxo laminar (OSHIRO *et al.*, 2019).

$$M_{\text{água}} = M_s \cdot \left(\left[\frac{100 - U_n}{100} \right] \cdot \left[\frac{U_{\text{req}} + 100}{100} \right] - 1 \right) \quad (1)$$

M_s : Massa do substrato; U_n : umidade do substrato; U_{req} : umidade requerida para preparação do substrato.

Os sacos inoculados foram incubados a 25°C em estufa incubadora BOD (SPLABOR, SP-500) por 30 dias em ausência de luz. Observado o crescimento uniforme de micélio por todo o substrato, foi realizado um corte em formato de “X” com aproximadamente 5 cm para permitir a frutificação do fungo. A frutificação foi realizada em temperatura média de 18°C e com fotoperíodo de 12 h. Após frutificação, os cogumelos foram colhidos e pesados para determinar o rendimento (R%). A melhor combinação entre a relação C:N e umidade foi determinada a partir de análises de regressão e superfície de resposta. No desenvolvimento do cogumelo, primeiramente o substrato preparado recebe o inóculo, permanecendo por 30 dias em estufa incubadora BOD a 25°C, em ausência de luz. Em seguida, foram colocados para frutificar com fotoperíodo de 12 h, colocados em temperatura ambiente nos meses de maio a julho (em Ponta Grossa/PR) e para aumentar a umidade do ambiente, foram utilizados umidificadores de ar.

Tabela 10: Relação C:N e umidade conforme planejamento experimental para os cultivos de cogumelos *Pleurotus ostreatus* em resíduos do processamento de palmito pupunha

Ensaio	C:N*	U%*	C:N**	U%**
1	0,00	0,00	55,00	65,00
2	-1,00	+1,00	45,00	80,00
3	0,00	0,00	55,00	65,00
4	+1,41	0,00	69,14	65,00
5	-1,41	0,00	40,86	65,00
6	+1,00	+1,00	65,00	80,00
7	0,00	+1,41	55,00	86,21
8	-1,00	-1,00	45,00	50,00
9	0,00	-1,41	55,00	43,79
10	+1,00	-1,00	65,00	50,00
11	0,00	0,00	55,00	65,00

Fonte: A Autora (2021).

Nota: * valores codificados, **valores reais

4.2.4 Preparação do meio de cultivo padrão

Para comparar o rendimento do cultivo em resíduos de palmito pupunha, foi realizado o cultivo em meio com relação C:N de 70, contendo serragem e farelo de trigo. Foram usados esses materiais pela expressiva disponibilidade na região de Ponta Grossa/PR. A essa mistura foi adicionado 1% de gesso e 1% de calcário de conchas e água para atingir umidade de 54%. As demais condições de cultivo foram similares.

4.2.5 Determinação do rendimento

O rendimento (R) foi determinado relacionando-se a massa de substrato inicial e a massa dos corpos frutíferos, conforme a Equação 2 (BISARIA *et al.*, 1987).

$$R (\%) = \frac{\text{Massa úmida dos corpos frutíferos}}{\text{Massa de substrato}} \cdot 100 \quad (2)$$

4.2.6 Estimativa de custos de produção

Para a análise de custos foi considerado as condições de cultivo que propiciaram maior produção de *P. ostreatus* em cascas e bainhas foliares do palmito pupunha. Considerou-se que o cultivo de cogumelos será realizado por um produtor de palmito e que a produção de cogumelos será próxima a linha de processamento de palmito em conservas, dessa forma será aproveitado o resíduo gerado pela própria indústria sem a necessidade de transporte rodoviário desse resíduo.

4.2.7 Análise estatística

Os resultados foram apresentados como a média \pm desvio padrão. Para a análise estatística dos dados, foi usado o programa *Statistica* versão 7.0 para as análises de variância (ANOVA) seguida do teste de Fisher para identificar as diferenças significativas entre as médias, considerando $p < 0,05$.

Para avaliar a influência das variáveis umidade e relação C:N no rendimento da produção de cogumelos, utilizou-se um Planejamento Composto Central (Central Composite Design). Os resultados foram avaliados pela metodologia de

superfície de resposta (MSR) e análise de resíduos (ANOVA) utilizando o programa *Statística* versão 7.0. A superfície de resposta pode ser representada pelo modelo matemático conforme da Equação 3 (NOVAES *et al.*, 2017).

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z + b_{11}X^2 + b_{22}Z^2 + b_{12}XZ \quad (3)$$

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Obtenção e preparação dos resíduos do processamento de palmito pupunha

Os resíduos obtidos foram compostos pela casca que é fibrosa e apresenta coloração esverdeada a marrom conforme apresentado na Figura 7a e a bainha mediana que apresenta coloração mais clara (Figura 7b). Segundo o estudo de Bolanho; Danesi; Beleia (2013), no processamento de conservas de palmito pupunha apenas 16,5% são aproveitados como produto e o restante é resíduo, sendo que a casca representou 37,5% e a bainha 16,7%, com umidade de 89,27% e 82,50% respectivamente.

Após a secagem em estufa de circulação de ar, o material foi triturado em moinho, obtendo-se um pó fino, como apresentado na Figura 8. A casca apresentou uma umidade de $8,57 \pm 0,03 \text{ g.100g}^{-1}$ e a bainha de $7,68 \pm 0,75 \text{ g.100g}^{-1}$.

Figura 7: Resíduos obtidos na unidade processadora de conservas de palmito pupunha
a) Casca; b) bainha mediana



Fonte: A autora (2021).

A bainha e a casca foram submetidas a análises para determinar o teor de carbono e nitrogênio. Conforme a Tabela 11, a bainha apresentou maior teor de nitrogênio do que a casca, 2,04% e 0,71%, respectivamente. Com relação ao teor de carbono, apresentaram valores próximos, sendo 51,29% a bainha e 52,73% a casca. A bainha apresentou uma relação C:N de 25,14 e a casca, 74,27. Portanto, a partir

das combinações entre a casca e a bainha, conseguiu-se uma variação da relação C:N entre 25,14 e 74,27. Cantú *et al.* (2017), ao analisarem as extremidades inferiores, superiores e bainhas foliares do palmito, obtiveram um teor de carbono de 51,0% e de nitrogênio de 0,7%.

Figura 8: Resíduos do processamento de conservas de palmito pupunha submetidos à secagem e moagem a) bainha foliar triturada; b) casca triturada



Fonte: A autora (2021).

Tabela 11: Teor de Carbono e Nitrogênio da bainha e casca de palmito pupunha desidratados e moídos obtidos em unidade processadora de conservas

	C (%)	N (%)	C:N
Bainha	51,29	2,04	25,14
Casca	52,73	0,71	74,27

Fonte: A autora (2021).

4.3.2 Cultivo do cogumelo

Um planejamento Composto Central foi utilizado para determinar as melhores condições de umidade e relação C:N para o cultivo de *P. ostreatus*. Neste estudo a faixa de umidade considerada foi de 50 a 86,21% e a relação C:N de 45 a 69,14%, segundo estudos anteriores (CUEVA, HERNÁNDEZ, NIÑO-RUIZ, Z. 2017, SIQUEIRA *et al.* 2016). Na Figura 9 estão apresentadas as fases do cultivo nas condições adotadas nesse estudo. Na Tabela 12, estão apresentados os rendimentos obtidos nos ensaios, variando a relação C:N e umidade.

Figura 9: Da esquerda para direita: substrato; micélio crescendo sobre o substrato; substrato completamente envolto pelo micélio; frutificação do cogumelo *Pleurotus ostreatus* cultivado em resíduos de palmito pupunha



Fonte: A autora (2021).

Tabela 12: Rendimento dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* cultivados em resíduos de palmito pupunha em diferentes valores de umidade e relação C:N

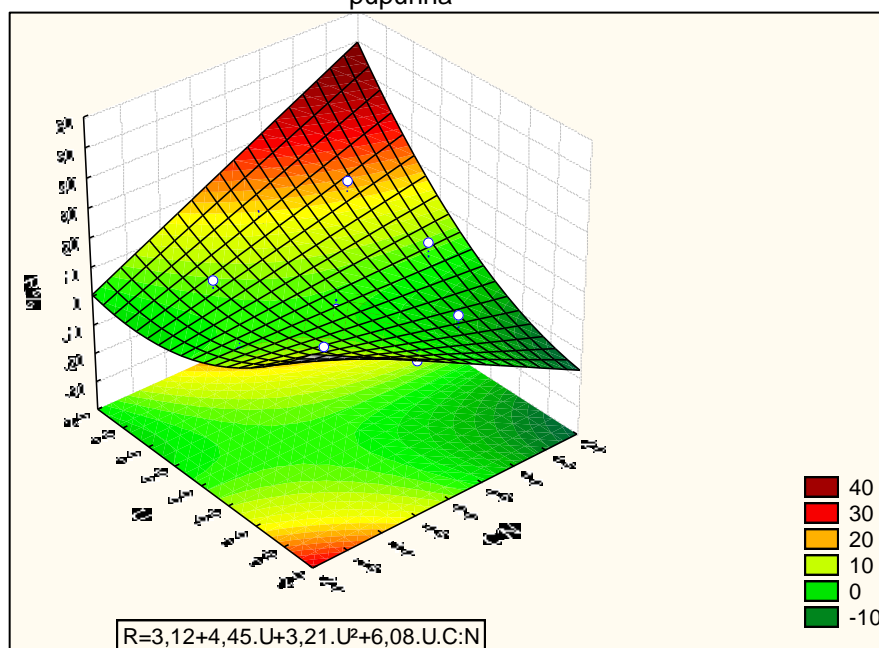
Ensaio	C:N	U%	R%
1	55,00	65,00	0*
2	45,00	80,00	7,78
3	55,00	65,00	0*
4	69,14	65,00	8,29
5	40,86	65,00	0*
6	65,00	80,00	21,62
7	55,00	86,21	11,79
8	45,00	50,00	10,50
9	55,00	43,79	0*
10	65,00	50,00	0*
11	55,00	65,00	0*

Fonte: A Autora (2021).

Nota: * meios em que não foi observado frutificação, atribui-se rendimento igual a 0.

Na Figura 10 está apresentada a superfície de resposta e a equação gerada ($R^2 = 0,89$). O ponto de máxima produção ou rendimento foi determinado utilizando a função desejabilidade, sendo a condição de C:N de 69,14 (+1,41) e umidade de 86,21% (+1,41), com rendimento esperado de 28%. A análise de variância (Tabela 13) mostra que a umidade apresentou maior influência no rendimento ($p < 0,05$) em relação a relação C:N, que teve significância apenas no termo quadrático quando $p < 0,1$. Os cultivos realizados nessa condição de C:N e umidade apresentaram até três frutificações e rendimento máximo de 24,47%. Por se tratar de cultivos microbiológicos, variações inerentes ao sistema de produção, e por ocorrerem em épocas do ano distintas, com mudanças de temperatura e umidade relativa, a diferença no valor observado e no obtido na modelagem se justificam.

Figura 10: Efeito da variação da relação C:N e umidade do substrato e a equação gerada usando a função desejabilidade, em que C:N é a relação entre carbono e nitrogênio do substrato, U refere-se à umidade do substrato e R é o rendimento dos cultivos de *Pleurotus ostreatus* em resíduos de palmito pupunha



Fonte: A Autora (2021).

Tabela 13: Análise de variância dos resultados obtidos no Delineamento Composto Central Rotacional para produção de *Pleurotus ostreatus* em subprodutos de palmito pupunha

	SS	df	MS	F	p
C:N*	28,39	1	28,39	2,43	0,18
C:N²	61,91	1	61,91	5,30	0,07
U*	158,21	1	158,21	13,53	0,01
U²	98,95	1	98,95	8,46	0,03
C:N x U	148,06	1	148,06	12,66	0,02
Erro	58,46	5	11,69		
Total SS	518,82	10			

Fonte: A autora (2021).

Nota: *C:N é a relação entre carbono e nitrogênio do substrato, U refere-se à umidade do substrato.

O cultivo realizado utilizando serragem e farelo de trigo como substrato, com relação C:N de 70 e umidade de 54%, obtiveram rendimento de 17,15%. Jin *et al.* (2018) variaram a relação C:N entre 36,85 e 53,42, utilizando espigas de milho suplementadas com resíduos de ervas da produção de medicamentos, e observaram que relações C:N menores resultaram em rendimento maiores. Neste estudo, foi testado a menor e maior relação C:N (25,14 e 74,27), porém, não foi

observado frutificação. Com relação à umidade foram testados valores maiores que 86,21%, mas foi observado frequente contaminação nos substratos, provavelmente devido ao favorecimento do crescimento de fungos contaminantes.

Estudos mostram que substratos com maior relação C:N favorece o crescimento do micélio, enquanto menores relações estimulam o desenvolvimento do corpo frutífero (HOA; WANG; WNAG, 2018). Em substratos que tem deficiência em nutrientes, o micélio tende a crescer mais rapidamente, mas com menor vigor (DONINI *et al.*, 2009). A presença de nitrogênio no substrato é indispensável para que o cogumelo possa sintetizar aminoácidos e proteínas. Alguns estudos evidenciam que o alto teor de nitrogênio pode inibir a síntese de enzimas que degradam a lignina, dessa forma, apresenta um efeito negativo sobre o crescimento do micélio (FIGUEIRÓ; GRACIOLLI, 2021). Bernardi *et al.* (2009) obtiveram rendimento de 19,96% para *Pleurotus ostreatus* cultivado em capim-elefante (relação C:N 162:1). Duprat *et al.* (2015) avaliaram o rendimento de *P. ostreatus* em folhas de pupunheira suplementada com farelo de arroz e obtiveram rendimentos entre 20,6 e 42,3%.

Donini (2006) avaliou a produtividade de *P. ostreatus* em capim-elefante suplementado com farelos de soja, trigo, arroz e milho, e observou que a produtividade do cultivo foi favorecida quando utilizado farelo de trigo nas concentrações de 10% (C:N 60:1; produtividade: 23,59%) e 20% (C:N 55:1; produtividade: 22,40%), sendo a produtividade sem suplementação (C:N 162:1) de 9,30%. Em contrapartida, os cultivos realizados com farelo de soja como suplemento, apresentaram menor rendimento do que os cultivos realizados sem suplementação. Com base nesses estudos, sugere-se que essas fontes de nitrogênio (farelo de trigo, farelo de arroz) possam fornecer outros nutrientes importantes para o desenvolvimento do cogumelo e melhorar o rendimento.

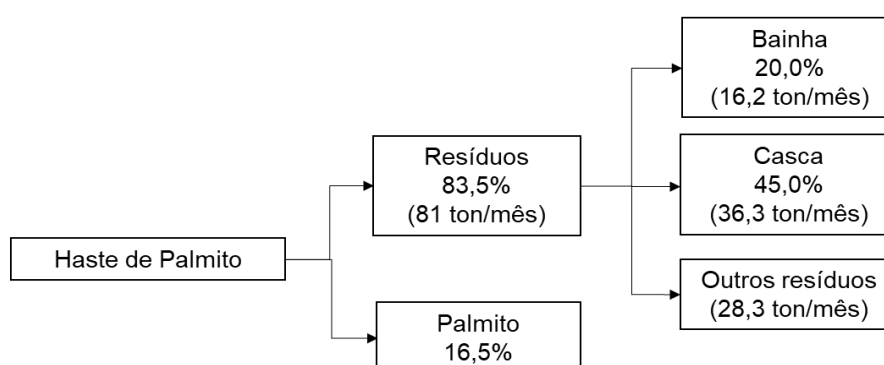
4.3.3 Estimativa de custos de produção

Em um levantamento realizado por Dos Santos (2019), foi constatado que o estado do Paraná tem indústrias processadoras de palmito pupunha, localizadas nas cidades de Umuarama, Cruzeiro do Oeste, Antonina, Guaraqueçaba, Curitiba e Morretes. Conforme os dados fornecidos por quatro indústrias, constatou-se que em média é gerado 0,93 kg de resíduos para cada quilograma de haste de palmito

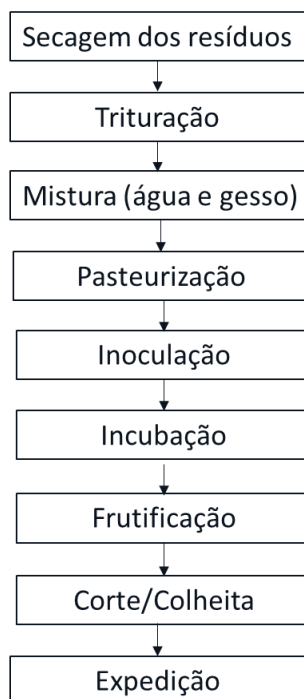
processado (já retiradas as folhas e outros resíduos que ficam no campo). Os resíduos gerados durante o processamento mínimo ou em conservas em vários formatos são destinados à alimentação animal, como adubo em plantações de palmito ou são descartados ao meio ambiente. As quatro empresas analisadas por Dos Santos (2019), alegaram não ter lucro com o descarte dos resíduos, sendo que uma delas relatou ter custos com funcionários, combustível e manutenção do caminhão, responsáveis pela destinação dos resíduos. A produção de palmito mensal difere-se entre as empresas conforme o porte de cada uma delas. No estudo realizado por Dos Santos (2019) a produção mensal de produto a ser comercializado de quatro empresas é de 400 kg/mês, 15.960 kg/mês, 6.000 kg/mês e 66.150 kg/mês. Dessa forma, para a estimativa de custo deste trabalho foi considerado uma empresa com produção média de 15.960 kg de palmito processado por mês.

De cada haste de palmito processada, 16,5% é comercializada como palmito e o restante é resíduo (83,5%), formado principalmente pela bainha (20,0%) e casca (45,0%), sendo a umidade desses componentes de 82,50% e 89,27%, respectivamente (BOLANHO; DANESI; BELÉIA, 2013). Considerando a produção de 15.960 kg de palmito, a geração de resíduo é estimada em 80.767,27 kg. Na Figura 11 está apresentado um esquema do total de resíduos, em que são gerados aproximadamente 16.153 kg de bainhas e 36.273 kg de cascas mensalmente. Na Figura 12 encontra-se sumarizada as etapas de cultivo de cogumelo shimeji que serão consideradas para o cálculo dos custos de produção.

Figura 11: Esquema da geração de resíduos durante o processamento de palmito pupunha



Fonte: A autora (2021).

Figura 12: Fluxograma das etapas de preparação do substrato e cultivo de shimeji

Fonte: A Autora (2021).

O resíduo gerado apresenta alto teor de umidade, dessa forma deve ser submetido à secagem para evitar o crescimento de micro-organismos e impossibilitar seu uso no cultivo de cogumelos comestíveis. Pode ser empregado um secador rotativo destinado à secagem de resíduos agroindustriais. O aquecimento do sistema pode ser a gás, lenha ou aproveitamento de calor de algum processo dentro da empresa. O custo de secagem varia de acordo com o modelo do secador, e as características do material a ser seco. Para a determinação dos custos de secagem, foi considerado o consumo de 15 m³ de lenha para secar toda a casca gerada (36.273 kg) e 910 kg de bainha, sendo o custo médio desse combustível R\$60,00/m³, sendo assim, seriam gastos R\$900,00 (CAVICHIOLO, 2010; BEVILACQUA, 2021).

Em seguida, o material deve ser triturado em moinho triturador de resíduos agrícolas. Considerando que toda a casca gerada (36.273 kg) será submetida à secagem, seria necessário secar 910 kg de bainha para fazer a mistura entre elas e obter a relação C:N de 69,14. A massa de substrato obtida misturando essas duas partes secas será de 4.429,40 kg. Adicionando-se 1% de gesso a esse substrato (44,29 kg de gesso), com custo médio do gesso de R\$4,45 o quilograma, seriam gastos R\$197,09.

Após preparar o meio de cascas, bainhas trituradas e gesso, devem ser adicionadas 2,90 m³ de água ao substrato para atingir a umidade de 86,21%. O custo do m³ de água no estado Paraná é R\$17,28 (SANEPAR, 2021). O substrato deve passar por um tratamento térmico, para evitar o crescimento de outros micro-organismos. Para isso pode ser empregado a pasteurização, sendo necessário aquecer o substrato até a temperatura de 80 - 90 °C por pelo menos 6 h. A pasteurização pode ser realizada em tambores metálicos e o aquecimento pode ser a gás ou lenha. Considerando a lenha como combustível, e o consumo de 68,3 m³ de lenha por mês para pasteurizar todo o substrato, seria gasto R\$4.100,00. O custo de mão-de-obra foi estimado considerando-se a contratação de quatro funcionários acrescidos de 20% sobre o salário, referente a encargos sociais. O salário-mínimo no estado do Paraná é de R\$ 1.467,40, sendo assim, seria gasto R\$7.043,52 (RABELO, DE SOUZA, OLIVEIRA, 2017; MAZZA NETO, 2021).

O rendimento da produção do shimeji preto, nas melhores condições do presente estudo, foi de 24,47%, ou seja, para cada tonelada de substrato, foram produzidos 244,70 kg de cogumelos. Dessa forma, a produção de shimeji preto mensalmente foi estimada em 1.804 kg. O preço de uma bandeja de 200 g de shimeji preto no mercado varia entre R\$11,90 a R\$12,50, sendo assim o preço médio do quilograma é de R\$ 61,00. Considerando que o produtor venda para os supermercados a R\$35,00/kg, a renda bruta mensal seria de R\$63.140,00. A Tabela 14 apresenta os custos variáveis baseados em um mês de produção, fixos e o investimento a ser feito para produção de shimeji no resíduo de palmito pupunha.

As matérias-primas, que são custos diretos, podem sofrer variação conforme a quantidade produzida no mês. Nos custos indiretos, a energia elétrica é utilizada para refrigeração e maquinário, e a água para higienização. O custo com a energia elétrica foi calculado baseado no tempo de operação dos equipamentos e no custo do kWh definido pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL).

A taxa de depreciação é definida pelo percentual de 100% divididos pela vida útil anual do bem, sendo o tempo de vida útil definido levando em conta que os bens são usados em condições normais. Máquinas, equipamentos, móveis e utensílios tem a taxa de depreciação aproximada de 10% ao ano (ESTEVEES *et al.*, 2016).

Tabela 14: Custo direto mensal, custo indireto e investimento para produção de shimeji em resíduos de palmito pupunha

Custo direto mensal			
Operação	Quantidade	Preço Unitário	Total (R\$)
Gesso	44,29 kg	4,45 reais/kg	197,09
Água	2,90 m ³	17,28 reais/m ³	50,11
Inóculo/semente*	367 kg	7,00 reais	2.569,00
Saco 20 kg (pacote com 100)	3 pacotes	31,00 reais	93,00
Bandeja isopor (50 unidades)	180 pacotes	4,60 reais	828,00
Filme PVC (300 m)	5	37,90	189,50
Custo de aquecimento (pasteurização e secagem)			5.000,00
Energia elétrica			750,00
Mão-de-obra			7.043,52
Total (R\$)			16,720.22
Custo indireto mensal			
Energia elétrica			1.500,00
Água			525,00
Total (R\$)			2.025,00
Investimento			
Equipamento	Valor (R\$)	Depreciação**	
Secador	50.000,00	5.000,00	
Triturador	15.211,00	1.521,10	
Pasteurizador (5 tambores metálicos)	750,00	75,00	
Estufa	30.000,00	3.000,00	
Total (R\$)	105.961,00	9.596,10	

Fonte: A autora (2021).

Nota: *5% de inóculo; **Para cálculo do custo operacional total o valor foi dividido por 12 meses

Para analisar a rentabilidade em relação ao custo total de produção dos cogumelos, foi considerado o custo operacional de produção e os custos fixos. O custo operacional efetivo (COE) abrange as despesas com mão-de-obra, operações de máquinas e material consumido. O consumo operacional total (COT) abrange o COE mais o custo de depreciação de máquinas e equipamentos, encargos sociais, despesas com manutenção, instalações e construções, consumo de água e energia elétrica. Além disso, foi analisada a renda bruta (RB) que se refere ao preço de venda do produto e a renda líquida (RL), que se refere à diferença entre a renda bruta e o custo de produção (Tabela 15) (MARTIN *et al.*, 1998).

Tabela 15: Custos e renda baseados em um mês de produção de shimeji em resíduos de palmito pupunha

Custo operacional efetivo (COE)	R\$16.720,22
Custo operacional total (COT)	R\$19.544,90
Renda bruta (RB)	R\$63.140,00
Renda líquida (RL)	R\$43.595,10

Fonte: A autora (2021).

4.4 CONCLUSÃO

A partir da definição das condições de cultivo que propiciou maior rendimento, utilizando a metodologia de superfície de resposta obteve-se um modelo com R^2 de 0,89, em que se determinou o ponto ótimo utilizando a função desejabilidade. A condição de máximo rendimento do experimento foi de C:N de 69,14 (+1,41) e umidade de 86,21% (+1,41), com rendimento esperado de 28%. O rendimento do cultivo em resíduo de palmito pupunha foi superior ao cultivo em serragem suplementada com farelo de trigo, sendo 24,47% e 17,15% respectivamente.

Pela estimativa de custos, conclui-se que é viável o cultivo de shimeji em resíduos de palmito pupunha, podendo gerar um lucro mensal de R\$43.595,00 com produção de 1,8 toneladas do cogumelo. Além disso, o uso destes substratos derivados do processamento de palmito pupunha pode ser uma alternativa para reduzir os impactos ambientais gerados pelo descarte incorreto de resíduos agroindustriais consistindo em outra fonte de renda para o produtor.

5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE COGUMELOS SHIMEJI CULTIVADOS EM RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE PALMITO PUPUNHA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a composição proximal dos cogumelos em base seca cultivados nos resíduos de palmito pupunha na condição de maior rendimento (relação C:N de 69,14 e umidade de 86,21%) e comparar com cogumelos cultivados na serragem suplementada com farelo de trigo e amostras comerciais de *Pleurotus ostreatus* e *Agaricus bisporus*. As amostras foram liofilizadas e submetidas à extração hidroalcoólica em banho ultrassônico, a partir de um Planejamento Composto Central, variando a concentração de etanol e o tempo de extração. Os extratos foram avaliados quanto ao teor de compostos fenólicos pelo método do reagente Folin-Ciocalteu. Os extratos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram avaliados quanto à atividade antioxidante pelos métodos FRAP e ABTS e perfil de compostos fenólicos. A amostra de *P. ostreatus* comercial apresentou o maior teor proteico (28,44%) e o menor teor de carboidratos (19,73%). Todas as amostras de *P. ostreatus* apresentaram maiores teores de fibras alimentares (39,46 a 42,92%) em relação ao *A. bisporus* (33%), em contrapartida este último apresentou maior teor de lipídios (2,15%) e cinzas (10,02%). O teor de compostos fenólicos para os extratos de *P. ostreatus* variou de 1,29 a 2,57 mg AGE/g de amostra e para os extratos de *A. bisporus* variou de 2,66 a 3,60 mg AGE/g de amostra. A condição que extraiu maior teor de compostos fenólicos para *P. ostreatus* foi utilizando solução de etanol a 29,4% e tempo de extração de 38,8 min, enquanto para *A. bisporus* a condição mais favorável foi observada na mesma concentração de etanol, porém, com tempo de extração de 81,2 min. O extrato de *A. bisporus* apresentou a maior capacidade antioxidante (FRAP: 1761,32 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra; ABTS: 0,04 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra), seguido do *P. ostreatus* cultivado nos resíduos de palmito (FRAP: 622,52 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra; ABTS: 0,03 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra), *P. ostreatus* comercial (FRAP: 536,71 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra; ABTS: 0,02 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra) e *P. ostreatus* cultivado na serragem (FRAP: 439,17; ABTS: 0,02 $\mu\text{mol ET/g}$ amostra). Foram identificados cinco compostos fenólicos nas quatro amostras: ácido gálico, vanílico, trans-cinâmico, ferúlico e cumárico. Pela análise de correlação, os ácidos gálico ($r=0,95$) e vanílico ($r=0,99$) apresentaram correlação significativa ($p<0,05$) com a atividade antioxidante avaliada pelos métodos ABTS.

Palavras-chave: Proteínas. Extração. Compostos fenólicos.

5.1 INTRODUÇÃO

Os cogumelos comestíveis, em geral, apresentam alto teor de proteínas, que podem chegar a 42% (base seca), carboidratos, minerais, vitaminas, fibras alimentares e baixo teor de lipídios (VALVERDE, HERNÁNDEZ-PÉREZ, PAREDES-LÓPEZ, 2015). Além da qualidade nutricional, os cogumelos são apreciados devido

ao seu aroma, textura e gosto umami. A composição de macro e micronutrientes nos cogumelos, além de variar de acordo com a espécie, pode variar com as condições de cultivo (FURLANI; GODOY, 2005).

Os compostos antioxidantes presentes nos cogumelos podem trazer benefícios ao sistema imunológico, prevenindo doenças cardíacas, hipertensão e câncer. Além disso, seus extratos podem ser explorados na indústria de alimentos para substituir antioxidantes sintéticos. Alguns antioxidantes sintéticos tem tido sua utilização proibida em alguns países, devido à possibilidade de causarem efeitos indesejáveis aos seres humanos (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

A extração dos compostos antioxidantes é influenciada pelas condições do processo, como por exemplo, método de extração, tempo, temperatura, solvente e relação massa:solvente. A atividade antioxidante desses compostos está relacionada com sua estrutura química, sendo que para os compostos fenólicos, está relacionada à presença de um ou mais anéis aromáticos com pelo menos um grupo hidroxila (AMAROWICZ *et al.*, 2004; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Os compostos fenólicos podem atuar de diferentes formas para diminuir ou retardar as reações de oxidação. Podem atuar como inibidores dos radicais livres, eliminação do oxigênio singlete e como quelantes de íons metálicos (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996). Para avaliar a atividade antioxidante, há vários métodos químicos, dentre eles o ABTS+ e redução do ferro (FRAP). O método utilizando o radical ABTS+ caracteriza-se por ser mais rápido, e medir tanto compostos de natureza hidrofílica, quanto lipofílica. Esse método avalia a capacidade do antioxidante doar um átomo de hidrogênio ou elétron para o radical, enquanto o método FRAP avalia somente a capacidade de transferência de elétrons (BENZIE; STRAIN, 1996; KUSKOSKI *et al.*, 2005).

Como a composição físico-química de cogumelos varia em função de vários fatores, este estudo teve como objetivo caracterizar *Pleurotus ostreatus* cultivados em resíduos do processamento de palmito pupunha quanto à composição proximal e atividade antioxidante. Foram também comparados com o cultivado em serragem suplementada com farelo de trigo, e amostras comerciais de *P. ostreatus* e *Agaricus bisporus*, por ser este último o mais consumido no Brasil.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Composição proximal

Para a obtenção das amostras, os corpos frutíferos foram colhidos com auxílio de um estilete e submetidos ao processo de secagem em estufa com circulação de ar (TE-394/2, TECNAL) a 60 °C por 6 h. Em seguida, foram triturados em moinho analítico (TE633, TECNAL) e padronizados em peneira de 28 mesh. As amostras comerciais de *Pleurotus ostreatus* e *Agaricus bisporus* frescos adquiridos em supermercados de Ponta Grossa/PR, também foram submetidas à secagem e trituração.

A composição proximal dos cogumelos desidratados foi analisada pelas metodologias oficiais da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005), sendo analisados a umidade (método 925.09), cinzas (método 923.03) e lipídios (método 920.85). O teor de proteínas foi calculado usando fator de conversão de 4,38 (método 920.87). O teor de fibras foi determinado por método enzimático-gravimétrico (método 985.29). O teor de carboidratos foi obtido pela diferença dos outros constituintes.

5.2.2 Extração e análise dos compostos fenólicos

Para a extração, as amostras de *P. ostreatus* cultivadas no resíduo do processamento de palmito pupunha, a comercial, e as amostras de *A. bisporus* foram liofilizadas em liofilizador LD 1500 (TERRONI), trituradas em moinho analítico (TE633, TECNAL), e padronizados em peneira de 28 mesh. As extrações foram realizadas em banho ultrassônico (UNIQUE USC 1400, 40 kHz) a 30±2 °C, com proporção amostra:solvente de 1:53,57 mL (BACH, 2017). A proporção de etanol:água e o tempo de extração foram variados de acordo com Planejamento Composto Central (DCCR) conforme apresentado na Tabela 16. Após a extração, os extratos foram centrifugados (CELM-COMBATE) por 15 min e os sobrenadantes foram retirados e armazenados em tubo *falcon*, mantidos em refrigeração até o momento das análises.

Tabela 16: Proporção de solvente e tempo de extração segundo delineamento experimental para análises de determinação de compostos fenólicos para as amostras de *Pleurotus ostreatus* cultivada nos resíduos de palmito, comercial e de *Agaricus bisporus* comercial

Ensaio	Concentração Solvente*	Tempo*	Concentração do solvente (%)**	Tempo (min)**
1	0,00	+1,41	40,0	90,0
2	+1,00	-1,00	50,6	38,8
3	-1,00	+1,00	29,4	81,2
4	-1,41	0,00	25,0	60,0
5	0,00	0,00	40,0	60,0
6	0,00	0,00	40,0	60,0
7	0,00	-1,41	40,0	30,0
8	-1,00	-1,00	29,4	38,8
9	+1,41	0,00	55,0	60,0
10	0,00	0,00	40,0	60,0
11	+1,00	+1,00	50,6	81,2

Fonte: A autora (2021).

Nota: *valores codificados **valores reais

A determinação do teor de compostos fenólicos foi realizada utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. Adicionou-se 1 mL do extrato, 1 mL de etanol 95%, 5 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu 1N. Após 5 min, adicionou-se 1 mL de Na₂CO₃ 5%, e incubou-se por 60 min em temperatura ambiente. A leitura em espectrofotômetro (UVmini-1240, SHIMADZU) foi realizada a 725 nm, e foi construída uma curva analítica com ácido gálico (0-100 µg.mL⁻¹) (SINGLETON, ORTHOFER, LAMUELA-RAVENTOS, 1999).

5.2.3 Avaliação da atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos

Nas condições de máxima obtenção de compostos fenólicos totais, os extratos de cada amostra de cogumelos foram submetidos à avaliação da atividade antioxidante pelos métodos do radical ABTS+ (ácido 2,2'-azinobis 3-etilbenzenotiazolina-6-sulfônico) e FRAP.

A análise pelo método ABTS seguiu o método proposto por Thaipong *et al.* (2006) com algumas modificações. Em tubos de ensaio foram colocados 30 µL de cada extrato e 3 mL de solução ABTS+ previamente preparada. Após 6 min de reação, foi realizada a leitura a 734 nm. Foi construída uma curva de calibração com solução de Trolox (0,1 a 2,0 mM).

A avaliação da atividade antioxidante pelo método de redução do ferro foi realizada seguindo a metodologia de Benzie e Strain (1996) com adaptações. A solução do reagente FRAP foi obtida a partir da mistura de 25 mL da solução tampão acetato 0,3 mM pH 3,6, 2,5 mL de uma solução TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil) - 1,3,5-triazina) 10 mM em HCl 40 mM e 2,5 mL de cloreto férrico 20 mM. Em tubos de ensaio foi adicionado 90 µL dos extratos, 0,27 mL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP. Os tubos foram incubados a 37 °C por 30 min e a leitura realizada a 595 nm. Foi realizada uma curva de calibração com solução de Trolox (0,20 a 0,75 mM).

Os extratos obtidos na condição de 29,4% de etanol e 38,8 min para *P. ostreatus* e o extrato obtido com 29,4% de etanol e 81,2 min de *A. bisporus* foram submetidos a análise de HPLC. Para a determinação do perfil dos ácidos fenólicos foi utilizado HPLC 20A (Prominence, Shimadzu), composto por detector de UV (SPD-20A, Shimadzu), com comprimento de onda de 280 e 320 nm. Um forno de coluna (CTO-20A, Shimadzu) manteve a coluna C-18 (Shim-pack CLC-ODS (H)TM, 25 cm x 4,6 mm x 5 mm, Shimadzu) a 25 °C. Com o auxílio de um injetor manual (SIL-10A, Shimadzu) foi adicionado 20 µL de cada extrato por vez, e uma bomba quaternária (LC-20AT, Shimadzu) foi operada a uma vazão de 0,8 mL/min. Para a separação cromatográfica foram utilizadas como fases móveis água ultrapura acidificada 0,05% com ácido fórmico (A) e metanol acidificado 0,1% com ácido fórmico (B) em modo de eluição gradiente: 0,01 a 5,00 min - 5% B, 5,00 a 15,00 min - 20% B, 15,00 a 35,00 min - 80% B, 35,01 a 42,00 min - 100% B. Para a quantificação, foram preparadas soluções dos ácidos gálico, cumárico, vanílico, ferúlico, cafeico, siríngico, trans-cinâmico, hidroxibenzóico e clorogênico (1 mg/mL a 10 mg/mL) para estabelecer as curvas analíticas ($R^2 \geq 0,99$), sendo os resultados expressos em mg/100 g de amostra em base seca.

5.2.4 Análise estatística

Os resultados foram apresentados como a média \pm desvio padrão. Para a análise estatística dos dados, foi usado o programa *Statistica* versão 7.0 para as análises de variância (ANOVA) seguida do teste de Fisher para identificar as diferenças significativas entre as médias, considerando $p < 0,05$.

Para avaliar a influência das variáveis solvente e tempo de extração com relação ao teor de compostos fenólicos utilizou-se um Planejamento Composto Central (Central Composite Design). Os resultados foram avaliados pela metodologia de superfície de resposta (MSR) e análise de resíduos (ANOVA) utilizando o programa *Statistica* versão 7.0.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Composição proximal

A composição proximal, em base seca, do *P. ostreatus* cultivado utilizando os resíduos do processamento do palmito pupunha está apresentada na Tabela 17, em comparação com os dados obtidos para *P. ostreatus* e *A. bisporus* comerciais e *P. ostreatus* cultivado na serragem suplementada com farelo de trigo. A comparação com o *A. bisporus* (Champignon ou cogumelo Paris) se justifica por ser este o mais consumido no Brasil.

Tabela 17: Composição proximal, em base seca, do *Pleurotus ostreatus* cultivado em resíduo de palmito pupunha e em serragem com farelo de trigo, de *Pleurotus ostreatus* e *Agaricus bisporus* comerciais

Componente*	<i>P. ostreatus</i> (resíduo de palmito)**	<i>P. ostreatus</i> (comercial)**	<i>P. ostreatus</i> (serragem)**	<i>A. bisporus</i> (comercial)**
	Quantidade (g.100g ⁻¹)	Quantidade (g.100g ⁻¹)	Quantidade (g.100g ⁻¹)	Quantidade (g.100g ⁻¹)
Umidade	11,61 ^a ±0,56	7,60 ^d ±0,28	10,16 ^b ±0,16	8,67 ^c ±0,05
Proteínas	16,09 ^c ±0,04	28,44 ^a ±0,71	16,25 ^c ±0,61	19,76 ^b ±0,51
Lipídios	1,23 ^c ±0,00	1,72 ^b ±0,02	1,22 ^c ±0,00	2,15 ^a ±0,04
Cinzas	6,92 ^b ±0,16	6,87 ^b ±0,28	6,09 ^c ±0,002	10,02 ^a ±0,10
Fibras alimentares	42,92 ^a ±1,55	43,24 ^a ±1,86	39,46 ^b ±0,47	33,04 ^c ±0,01
Carboidratos	32,84	19,73	36,98	35,03

Fonte: A autora (2021).

Nota: *em base seca; **Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa quando $p < 0,05$.

Os diferentes teores de proteínas, lipídios, cinzas e fibras alimentares nas amostras de *P. ostreatus* podem estar relacionados à composição química dos diferentes substratos utilizados no cultivo. O maior teor de proteínas obtido no shimeji comercial (28,44%) se aproxima do teor encontrado por Patil *et al.* (2010) em *P. ostreatus* cultivado em palha de trigo (21%). O teor de proteínas obtido para *P.*

ostreatus cultivado nos resíduos de palmito, está entre os valores reportados por Sales-Campos *et al.* (2011) utilizando diferentes resíduos da Amazônia, 11,96 e 21,16%, e por Duprat *et al.* (2015) que obtiveram 24,1% de proteínas cultivados em folhas de pupunheira.

Wang, Sakoda e Suzuki (2001) observaram que a suplementação com farelo de trigo foi mais favorável ao teor de proteínas em *P. ostreatus* do que quando foi utilizado farelo de arroz ou milho. Segundo esses autores, apesar de o teor de proteínas do substrato com farelo de arroz, trigo e milho serem próximos, o teor de proteínas dos cogumelos obtidos foi diferente, indicando que a natureza da fonte de nitrogênio também tem influência sobre o teor de proteínas do cogumelo. Tal ocorrência pode estar relacionada com a disponibilidade desses componentes nos diversos substratos, afetando assim, os processos de absorção e utilização dessas fontes de nitrogênio. No presente estudo, o teor de proteínas do shimeji cultivado nos resíduos de palmito não apresentou diferença significativa para o shimeji cultivado no meio com serragem suplementado com farelo de trigo.

Os cogumelos do gênero *Pleurotus* spp. tem baixos teores de lipídios (1,22 a 1,72%). O *A. bisporus* apresentou maior teor de lipídios (2,15%) em comparação com as amostras de *P. ostreatus*. Valores próximos foram obtidos por Vetter (2003), que analisou duas amostras de *A. bisporus* e obteve 2,28% e 2,11%. Em estudo realizado por Lavelli *et al.* (2018), o teor de lipídios para o *P. ostreatus* variou de 1,18 a 4,4%. Valores próximos foram relatados por Sales-Campos *et al.* (2011) que obtiveram entre 1,27 e 2,14% e inferior ao obtido por Duprat *et al.* (2015), 3%. Fernandes *et al.* (2015) obtiveram 1,18% e 1,68%, utilizando pedaços de papel como substrato e 1,53% utilizando palha de aveia. Na composição lipídica dos cogumelos, destaca-se a presença dos ácidos graxos insaturados e a ausência de ácidos graxos trans (KALAC, 2009). Hossain *et al.* (2009) identificou a presença de ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2), ácido linolênico (C18:3) e ácido araquidônico (C20:4).

O teor de cinzas (6,09 a 6,92%) para as amostras de *P. ostreatus* foram próximos aos valores relatados em estudo de Sales-Campos *et al.* (2011) (entre 6,10 e 8,97%) e Duprat *et al.* (2015) (6,0%). Fernandes *et al.* (2015) obtiveram valores bem discrepantes para cinzas de amostras cultivadas em palha de aveia, papel branco e papel impresso, sendo 5,68, 15,9 e 10,5%, respectivamente. Lavelli *et al.*

(2018) obtiveram valores de cinzas variando entre 4,60 e 10,3%. O maior teor de cinzas obtido para o cogumelo *A. bisporus* (10,02%) está próximo aos valores encontrados no estudo de Vetter (2003) (9,23% e 9,48%). Segundo Carrasco-González *et al.* (2017), os minerais mais abundantes em ordem decrescente em *P. ostreatus* são potássio, fósforo, magnésio, sódio, cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre.

Com relação ao teor de fibras alimentares, foram superiores para os cogumelos *P. ostreatus* (média de 41,8%), apresentando-se 21,4% acima do *A. bisporus*. Esses valores são superiores aos obtidos por Bach *et al.* (2017), que obtiveram 32,72%. Lavelli *et al.* (2018) obtiveram teores de fibras em *P. ostreatus* variando entre 13,0 a 47,3%. Bach *et al.* (2017) obtiveram teores de fibras entre 24,47 a 29,43% para cogumelos *A. bisporus*. O teor de carboidratos foi menor na amostra comercial de shimeji (19,73%) e maior na amostra cultivada em serragem (36,98%). Fernandes *et al.* (2015) obtiveram valores entre 73,2 e 78,6% e González *et al.* (2021) obtiveram 50,5% de carboidratos e 5,6% de fibras em *Pleurotus ostreatus* cultivado em forragem de sorgo com umidade de 60%.

5.3.2 Teores de compostos fenólicos totais de *P. ostreatus* cultivado em resíduo de palmito pupunha e comparação do conteúdo com *P. ostreatus* e *A. bisporus* comerciais

Os teores de compostos fenólicos estão apresentados na Tabela 18. Pela análise de superfície de resposta, os teores de compostos fenólicos não foram preditivos, dessa forma não pode ser afirmado que as variáveis analisadas tiveram efeito sobre a extração.

A amostra de *P. ostreatus* cultivada no palmito apresentou maiores teores de compostos fenólicos nos extratos, em comparação com a amostra comercial, sendo os teores máximos obtidos 2,57 e 1,65 mg AGE/g amostra, respectivamente. Para a amostra de *A. bisporus* a condição que mais favoreceu a extração foi com 29,4%, porém o tempo de extração foi maior (81,2 min), obtendo-se 3,60 mg AGE/g amostra.

Tabela 18: Teor de compostos fenólicos nos extratos de *Pleurotus ostreatus* comercial, *Pleurotus ostreatus* cultivado nos resíduos de palmito e *Agaricus bisporus* comercial

Extrato*	Compostos fenólicos (mg AGE/g amostra)		
	<i>P. ostreatus</i> cultivado resíduo de palmito**	<i>P. ostreatus</i> Comercial**	<i>A. bisporus</i> comercial**
1	2,07 ^f ± 0,03	1,29 ^c ± 0,09	2,85 ^g ± 0,10
2	2,15 ^d ± 0,02	1,47 ^b ± 0,08	3,20 ^e ± 0,06
3	2,37 ^b ± 0,02	1,62 ^a ± 0,06	3,60 ^a ± 0,01
4	2,40 ^b ± 0,04	1,65 ^a ± 0,03	3,20 ^{ef} ± 0,06
5	2,29 ^c ± 0,02	1,55 ^{ab} ± 0,10	2,77 ^g ± 0,03
6	2,28 ^c ± 0,06	1,57 ^{ab} ± 0,13	2,78 ^g ± 0,04
7	2,29 ^c ± 0,05	1,56 ^{ab} ± 0,10	3,09 ^f ± 0,08
8	2,57 ^a ± 0,02	1,55 ^{ab} ± 0,13	3,44 ^b ± 0,09
9	2,26 ^c ± 0,01	1,64 ^a ± 0,05	3,35 ^c ± 0,10
10	2,25 ^{ce} ± 0,01	1,44 ^{bc} ± 0,10	3,21 ^e ± 0,03
11	2,20 ^{de} ± 0,04	1,63 ^a ± 0,04	2,66 ^h ± 0,03

Fonte: A autora (2021).

Nota: *1- Solvente 40%, 90 min; 2- Solvente 50,6, 38,8 min; 3- Solvente 29,4, 81,2 min; 4- solvente 25,0, 60 min; 5 e 6- Solvente 40,0, 60 min; 7- Solvente 40,0, 30 min; 8- Solvente 29,4, 38,8 min; 9- Solvente 55,0, 60 min; 10- Solvente 40,0, 60 min; 11- Solvente 50,6, 81,2 min. **Letras diferentes na mesma coluna expressam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher.

Yilmaz *et al.* (2016) obtiveram teores de compostos fenólicos em *P. ostreatus* entre 2,03 e 2,51 mg AGE/amostra, valores próximos aos obtidos no presente estudo. Chowdhury, Kubra e Ahmed (2015) obtiveram 3,20 mg AGE/g extrato e Mircea *et al.* (2015) obtiveram teores entre 5,47 e 6,17 mg AGE/g amostra. Jayakumar, Thomas e Geraldine (2009) obtiveram um teor de compostos fenólicos para extrato hidroalcolico de *P. ostreatus* de 5,49 mg AGE/g. Bach *et al.* (2017) obteve teores entre 6,35 e 9,39 mg AGE/g para *P. ostreatus* e valores entre 4,80 e 6,35 mg AGE/g para *A. bisporus*.

Credendio (2010) determinou o teor de compostos fenólicos em cogumelos *A. bisporus* e *P. ostreatus* utilizando metanol como solvente, e obteve 6,0 e 4,46 mg AGE/ g, respectivamente. Dubost, Ou e Beelman (2007) obtiveram 4,27 e 8,00 mg AGE/g para extratos etanólicos de *P. ostreatus* e *A. bisporus*, respectivamente. A variação no teor de compostos fenólicos em cogumelos pode estar relacionada com o substrato utilizado no cultivo, temperatura, umidade, tempo de cultivo e solvente usado na extração (FURLANI; GODOY, 2007).

5.3.3 Atividade antioxidante de *P. ostreatus* cultivado em resíduo de palmito pupunha e comparação do conteúdo com *P. ostreatus* e *A. bisporus* comerciais e perfil de compostos fenólicos

Os extratos hidroalcológicos que apresentaram maiores teores de compostos fenólicos, sendo o extrato 8 (29,4% de etanol e 39 min de extração) para as amostras de *P. ostreatus*, e o extrato 3 (29,4% de etanol e 81 min de extração) de *A. bisporus*, foram avaliados quanto a atividade antioxidante pelos métodos FRAP e ABTS. Os resultados estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Avaliação da atividade antioxidante dos extratos de *Pleurotus ostreatus* comercial, *Pleurotus ostreatus* cultivado nos resíduos de palmito, *Pleurotus ostreatus* cultivado na serragem e *Agaricus bisporus* comercial pelos métodos FRAP e ABTS

Amostra	FRAP ($\mu\text{mol ET/g amostra}$)*	ABTS (nmol ET/g amostra)*
<i>P. ostreatus</i> (palmito)	622,52 ^b ±2,70	31,43 ^b ±0,002
<i>P. ostreatus</i> (comercial)	536,71 ^c ±8,86	23,1 ^c ±0,001
<i>P. ostreatus</i> (serragem)	439,17 ^d ±11,54	24,3 ^c ±0,000
<i>A. bisporus</i>	1761,32 ^a ±70,26	40,4 ^a ±0,002

Fonte: A autora (2021).

Nota: *Letras diferentes na mesma coluna expressam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher.

O extrato hidroalcológico de *A. bisporus*, além de apresentar o maior teor de compostos fenólicos (3,60 mg AGE/g amostra), também apresentou a maior atividade antioxidante pelos métodos FRAP (1761,32 $\mu\text{mol ET/g amostra}$) e ABTS (0,04 $\mu\text{mol ET/g amostra}$). Em relação às amostras de *P. ostreatus*, o cogumelo cultivado nos resíduos de palmito pupunha apresentou o maior teor de compostos fenólicos (2,57 mg AGE/g amostra) e maior atividade antioxidante (FRAP: 622,52 $\mu\text{mol ET/g amostra}$; ABTS: 0,03 $\mu\text{mol ET/g amostra}$).

Bach (2017) determinou os compostos fenólicos por cromatografia líquida de ultra eficiência (CLUE) de *P. ostreatus* e *A. bisporus*, identificando a presença de ácido gálico, catecol e ácido *p*-hidroxibenzoico no *A. bisporus* e *p*-hidroxibenzoico, ácido trans-cinâmico, ácido *p*-cumárico, ácido siríngico, ácido ferúlico, ácido cafeico e camferol em *P. ostreatus*. Gasecka *et al.* (2015) determinou a presença em *P. ostreatus* de ácido di-hidroxibenzoico, ácido hidroxibenzoico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, ácido protocatecuico, ácido trans-cinâmico e ácido vanílico. Nesse estudo

foram analisados nove ácidos: gálico, cumárico, vanílico, ferúlico, cafeico, siríngico, trans-cinâmico, hidroxibenzóico e clorogênico. Desses, cinco foram identificados nos extratos das quatro amostras: ácido gálico, vanílico, trans-cinâmico, ferúlico e cumárico (Tabela 20).

Tabela 20: Compostos fenólicos determinados por cromatografia nas amostras de *Pleurotus ostreatus* cultivada nos resíduos de palmito, na serragem com farelo de trigo, comercial e *Agaricus bisporus* comercial

Compostos analisados (mg.100g⁻¹)	<i>P. ostreatus</i> (resíduospu punha)*	<i>P. ostreatus</i> (serragem +farelo de trigo)*	<i>P. ostreatus</i> (comercial)*	<i>A. bisporus</i> (comercial)*
Ácido gálico	21,98 ^b ±0,44	17,80 ^c ±0,99	15,32 ^d ±0,81	44,07 ^a ±0,99
Ácido vanílico	111,85 ^b ±0,21	84,17 ^d ±0,90	95,13 ^c ±0,17	143,06 ^a ±1,00
Ácido Trans-cinâmico	29,48 ^a ±1,23	17,86 ^c ±0,40	22,81 ^b ±0,29	28,85 ^a ±0,00
Ácido Ferúlico	23,46 ^a ±0,05	9,09 ^c ±0,24	21,74 ^b ±0,05	21,74 ^b ±0,05
Ácido Cumárico	16,89 ^b ±0,96	8,95 ^c ±0,09	8,04 ^c ±0,12	24,60 ^a ±0,71

Fonte: A autora (2021).

Nota: *Letras diferentes na mesma linha expressam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher.

O ácido gálico foi identificado em todos os extratos, sendo que o extrato hidroalcolóico de *A. bisporus* apresentou o maior teor desse ácido (44,07 mg.100g⁻¹), seguido da amostra de *P. ostreatus* cultivada nos resíduos de palmito pupunha (21,98 mg.100g⁻¹), cultivado na serragem (15,32 mg.100g⁻¹) e a amostra comercial (15,32 mg.100g⁻¹). O ácido gálico apresentou correlação significativa com os métodos antioxidantes ABTS ($r=0,95$, $p < 0,05$) e FRAP ($r=0,98$, $p < 0,05$). No estudo de Bach (2017), o ácido gálico apresentou correlação significativa com o método de atividade antioxidante pelo radical DPPH e ABTS. O ácido gálico é formado por um anel aromático, um grupo ácido carboxílico e três grupos hidroxilas fenólicos ligadas na posição orto, o que favorece a atividade antioxidante.

O ácido vanílico foi identificado nas quatro amostras, sendo o maior teor no extrato de *A. bisporus* (143,03 mg.100g⁻¹), seguido da amostra de *P. ostreatus* cultivada nos resíduos de palmito (111,85 mg.100g⁻¹), amostra de *P. ostreatus* comercial (95,13 mg.100g⁻¹) e cultivado na serragem (84,17 mg.100g⁻¹). O ácido vanílico apresentou correlação significativa apenas com o método antioxidante pelo radical ABTS ($r=0,99$, $p < 0,05$).

O ácido trans-cinâmico, ferúlico e cumárico não apresentaram correlação significativa com os métodos antioxidantes avaliados nesse estudo. Em contrapartida, no estudo de Bach (2017) o ácido ferúlico apresentou correlação positiva com o método do radical DPPH, ABTS e FRAP.

Bach (2017) e Yim *et al.* (2007) obtiveram correlação positiva entre o teor de compostos fenólicos totais e os métodos DPPH, FRAP e ABTS+. No presente estudo, foi observado que a atividade antioxidante foi maior nos extratos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos totais.

5.4 CONCLUSÃO

As amostras de *P. ostreatus* apresentaram maior teor de fibras alimentares em relação ao *A. bisporus*, em contrapartida este último apresentou maior teor de lipídios e cinzas. A amostra de *P. ostreatus* comercial apresentou o maior teor proteico (28,44%) e o menor teor de carboidratos (19,73%).

O teor de compostos fenólicos para os extratos de *P. ostreatus* cultivados no resíduo de palmito pupunha variou de 2,07 a 2,57 mg AGE/g de amostra, na amostra comercial variou de 1,29 a 1,64 mg AGE/g de amostra e para os extratos de *A. bisporus* comercial variou de 2,66 a 3,60 mg AGE/g de amostra. A melhor condição de extração de compostos fenólicos para *P. ostreatus* foi com concentração de etanol a 29,4% e tempo de extração de 38,8 min. Para a amostra de *A. bisporus* a condição que mais favoreceu a extração foi com 29,4% de etanol e tempo de extração de 81,2 min. A atividade antioxidante avaliada pelos métodos FRAP e ABTS se mostraram maiores nos extratos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos. Dessa forma, o extrato obtido com *A. bisporus* apresentou maior potencial antioxidante, seguido do *P. ostreatus* cultivado nos resíduos de palmito, comercial e cultivado na serragem com farelo de trigo.

Foram identificados cinco compostos fenólicos nas quatro amostras: ácido gálico, vanílico, trans-cinâmico, ferúlico e cumárico, sendo que o ácido gálico apresentou correlação significativa com os métodos de atividade antioxidante FRAP e ABTS e o ácido vanílico apresentou correlação significativa apenas com o método antioxidante pelo radical ABTS.

Apesar de os cogumelos *A. bisporus* (*champignons*) apresentarem maiores teores de proteínas e atividade antioxidante, o cultivo dos *P. ostreatus* (*shimeji*), em substratos não compostados derivados do processamento de palmito pupunha configura numa alternativa viável para aproveitamento desses resíduos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de *Pleurotus ostreatus* em resíduos de palmito pupunha se mostrou uma alternativa para reduzir os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado desse material. Além disso, pode se tornar outra fonte de renda para o produtor. Sugere-se que outras espécies de cogumelos que sejam cultivadas em materiais lignocelulosicos sejam estudadas para avaliar a viabilidade de produção nos resíduos do processamento de palmito pupunha.

As amostras de *P. ostreatus* se destacaram pelos altos teores de fibras e proteínas, sendo uma alternativa para compor dietas balanceadas para indivíduos com restrição alimentar. Para estudos futuros, sugere-se a identificação e quantificação dos aminoácidos, ácidos graxos e minerais.

Os cogumelos destacam-se pelo gosto umami, além disso, os extratos apresentaram atividade antioxidante, dessa forma, sugere-se a aplicação de extratos e farinhas dos cogumelos em formulações de alimentos, tais como molhos e produtos cárneos, a fim de reduzir o uso de aditivos alimentares sintéticos.

Cabe destacar que os compostos bioativos dos cogumelos podem conferir alegações funcionais aos produtos a que forem adicionados. Os extratos e as farinhas dos cogumelos podem ser produzidos a partir do aproveitamento cogumelos que não se adequem ao comércio *in natura*, configurando também numa forma de conservação sem necessidade de refrigeração.

REFERÊNCIAS

- AHERNE, S.A.; O'BRIEN, N.M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**. New York: v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002.
- AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B.; RAHIMI-MOGHADDAM, P.; BARL, B.; WEIL, J. A. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. **Food Chemistry**, v. 84, n. 4, p. 551-562, 2004.
- ANCP. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS. **Cogumelos**. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/>. Acesso em: 05/05/2021.
- ANEFALOS, L. C.; TUCCI, M. L. S.; MODOLO, V. A. Uma visão sobre a pupunheira no contexto do mercado de palmito. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v.2, n.7, p.1-6, 2007.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.
- APATI, G. **Secagem e Resfriamento a vácuo de cogumelos comestíveis da espécie *Pleurotus ostreatus***. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.
- ATRI, N.; SHARMA, S. K.; JOSHI, R.; GULATI, A.; GULATI, A. Nutritional and nutraceutical composition of five wild culinary-medicinal species of genus *Pleurotus* (higher Basidiomycetes) from northwest India. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 15, n. 1, p. 49-56, 2013.
- AZIZ, N. A. A.; HO, L. H.; AZAHARI, B.; BHAT, R.; CHENG, L. H.; IBRAHIM, M. N. M. Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata balbisiana* Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours. **Food Chemistry**, v. 128, n. 3, p. 748-753, 2011.
- BACH, F. **Avaliação do potencial nutricional, antioxidante e antibacteriano de cogumelos comestíveis**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Paraná, p. 136, 2017.
- BACH, F.; HELM, C. V.; BELLETTINI, M. B.; MACIEL, G. M.; HAMINIUK, C. W. I. Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science & Technology**, v.52, n.11, p.2382-2392, 2017.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, p. 191-203, 2006.

BALL, P. WOODWARD, D., BEARD, T., SHOOBRIDGE, A., FERRIER, M. Calcium diglutamate improves taste characteristics of lower-salt soup. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 6, p. 519, 2002.

BAO, H. N.; OSAKO, K.; OHSHIMA, T. Value-added use of mushroom ergothioneine as a colour stabilizer in processed fish meats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 10, p. 1634-1641, 2010.

BELLETTINI, M. B.; BELLETTINI, S.; VITOLA, F. M. D.; FIORDA, F. A.; JÚNIOR, A. M. SOCCOL, C. R. Residual compost from the production of *Bactris gasipaes* Kunth and *Pleurotus ostreatus* as soil conditioners for *Lactuca sativa* 'Veronica'. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 581-593, 2017.

BELLISLE, F. Glutamate and the umami taste: sensory, metabolic, nutritional and behavioural considerations. A review of the literature published in the last 10 years. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 23, n. 3, p. 423-438, 1999.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BERNARDI, E.; DONINI, L. P.; MINOTTO, E.; DO NASCIMENTO, J. S. Cultivo e características nutricionais de *Pleurotus* em substrato pasteurizado. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 901-907, 2009.

BERNAS, E.; JAWORSKA, G.; LISIEWSKA, Z. Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 5, n.1, p. 5-20, 2006.

BEVILACQUA, D. Considerações sobre lenha. Disponível em :<
<https://www.termyka.com.br/consideracoes-sobre-lenha.html>>, acesso em:
20/06/2021.

BEYREUTHER, K.; BIESALSKI, H. K.; FERNSTROM, J. D.; GRIMM, P.; HAMMES, W. P.; HEINEMANN, U.; KEMPSKI, O.; STEHLE, P.; STEINHART, H.; WALKER, R. Consensus meeting: monosodium glutamate—an update. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n. 3, p. 304, 2007.

BISARIA, R.; MADAN, M.; BISARIA, V. S. Biological efficiency and nutritive value of *Pleurotus sajor-caju* cultivated on different agro-wastes. **Biological Wastes**, v. 19, n. 4, p. 239-255, 1987.

BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELÉIA, A. D. P. Characterization of flours made from peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products as a new food ingredient. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 53, n. 1, p. 51-59, 2014.

BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELEIA, A. P. Peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) characterization and the potential of by-products flour processing. **Food Science and Technology Research**, v. 19, n. 6, p. 1061-1069, 2013.

BONATTI, M.; KARNOPP, P.; SOARES, H. M.; FURLAN, S. A. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 425-428, 2004.

BONATTI, M.; KARNOPP, P.; SOARES, H. M.; FURLAN, S. A. Estudo da composição de cogumelos das espécies *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* cultivados em palha de bananeira. **Health Environment Journal**, v.4, n.1, p.31-35, 2003.

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

CANTÚ, R. R.; SCHALLENBERGER, E.; MORALES, R. G. F.; VISCONTI, A.; HARO, M. M. Dinâmica da temperatura na compostagem de resíduos da indústria do palmito. **Revista Brasileira de Agroecologia** (Online), v. 11, p. 001, 2017.

CARRASCO-GONZÁLEZ, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 69-81, 2017.

CAVICHIOLO, J. R. Secagem do bagaço de laranja em secador tipo *Flash*. 2010, 83 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP. 2010.

CHIRINANG, P.; INTARAPICHET, K. Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. **Science Asia**, v. 35, n. 2009, p. 326-331, 2009.

CHUNG, K. T.; WONG, T. Y.; WEI, C. I.; HUANG, Y. W.; LIN, Y. Tannins and human health: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 38, n. 6, p. 421-464, 1998.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Novos mercados para palmito-minimamente processado e “pronto para uso”. **Seminário do agronegócio palmito de pupunha na Amazônia**, v. 1, p. 15-18, 1999.

CONDÉ, V. F.; DE OLIVEIRA, J. E. Z.; DE OLIVEIRA, D. M. F. Farinha de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.(cogumelo Hiratake) enriquecido em ferro. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 1, p. 01-06, 2017.

CORRÊA, R. C. G.; BRUGNARI, T.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M.; FERREIRA, I. C. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (Oyster mushroom) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. **Trends in Food Science and Technology**, v. 50, p. 103-117, 2016.

CHOWDHURY, M. M. H.; KUBRA, K.; AHMED, S. R. Screening of antimicrobial, antioxidant properties and bioactive compounds of some edible mushrooms

cultivated in Bangladesh. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2015.

CRAFT, B. D.; KERRIHARD, A. L.; AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Phenol-based antioxidants and the In vitro methods used for their assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, p. 148–173, 2012.

CREDENDIO, P. A. P. **Avaliação da composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em cogumelos comestíveis**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2010.

CUEVA, M. B. R.; HERNÁNDEZ, A.; NIÑO-RUIZ, Z. Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 49, n. 2, p. 331-344, 2017.

DA SILVA, A. C.; JORGE, N. Antioxidant properties of *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei* extracts. **Journal of Food Quality**, v. 34, n. 6, p. 386-394, 2011.

DA SILVA, A. C.; OLIVEIRA, M. D. C.; RÉ, D.; VIEIRA, P.; JORGE, N. Utilização de extrato de cogumelo como antioxidante natural em óleo vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1103-1108, 2009.

DABBOUR, I. R.; TAKRURI, H. R. Protein digestibility using corrected amino acid score method (PDCAAS) of four types of mushrooms grown in Jordan. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 57, n. 1, p. 13-24, 2002.

DE LIMA, S. G.; SOUZA, N. F.; DUPRAT, M. F. L. B.; GERN, R. M. M.; FURLAN, S. A.; WISBECK, E. Farinha de trigo enriquecida com pó de *Pleurotus sajor-caju*. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 4, p. 104-127, 2017.

DE OLIVEIRA CAMARGO, F. A.; CAMARGO, A. S. O.; DE ABREU, A. J.; FERREIRA, E. B.; DE AZEREDO, E. M. C.; DELLA LUCIA, F. Aceitabilidade de bebidas tipo Smoothie de morango e banana preparadas com diferentes concentrações de aveia. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.11, p.84642-84657, 2020.

DE MELO, M. B. Contribuição ao estudo de componentes químicos e princípios ativos de cogumelos medicinais. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-SERGIPE**, v. 6, n. 1, p. 23, 2020.

DE SOUZA CAMPOS JUNIOR, F. A.; PETRARCA, M. H.; MEINHART, A. D.; DE JESUS FILHO, M.; GODOY, H. T. Multivariate optimization of extraction and validation of phenolic acids in edible mushrooms by capillary electrophoresis. **Food Research International** (Ottawa, Ont.), v.126, p.108685-108685, 2019.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, p. 33-40, 2004.

DELEU, L. J.; LAMBRECHT, M. A.; VAN DE VONDEL, J.; DELCOUR, J. A. The impact of alkaline conditions on storage proteins of cereals and pseudo-cereals. **Current Opinion in Food Science**, v.25, p.98-103, 2019.

DIAS, E. S.; KOSHIKUMO, É.; SCHWAN, R. F.; SILVA, R. D. Cultivo do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* em diferentes resíduos agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1363-1369, 2003.

DIEZ, V. A.; ALVAREZ, A. Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. **Food Chemistry**, v. 75, n. 4, p. 417-422, 2001.

DONINI, L. P. **Cultivo de shimeji [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer] em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) suplementado com farelos**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DONINI, L.P.; BERNARDI, E.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J.S. Cultivation of shimeji on elephant grass substrate supplemented with different kinds of bran. **Scientia Agraria**, v.10, n.1, p.67- 74, 2009.

DOS SANTOS, L. N. **Gestão ambiental em agroindústrias de mandioca e palmito pupunha: caracterização dos principais resíduos sólidos e aplicação como adsorventes do corante amarelo tartrazina**. 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2019.

DUBOST, N. J.; OU, B.; BEELMAN, R. B. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v.105, n.2, p.727-735, 2007.

DUNDAR, A.; ACAY, H.; YILDIZ, A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 4, p. 662-666, 2009.

DUPRAT, M. F. L. B. (2012). **Estudo da produção de *Pleurotus ostreatus* em resíduos de *Bactris gasipaes* (pupunheira)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), Joinville, 96p, 2012.

DUPRAT, M. F. L. B.; RAMPINELLI, J. R.; SILVA, D. A. K.; FURLAN, S. A.; WISBECK, E. Potencial nutritivo de cogumelos *Pleurotus ostreatus* cultivados em folhas de pupunheira. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, n. 1, 2015.

EGEA, M.B.; GUIDO, E.S.; BOLANHO, B.C.; PEREIRA, J.M.F.; MAGALHÃES, J.A.; DANESI, E.D.G. Incentivo à cadeia produtiva do palmito pupunha (*Bactris gasipaes* kunth) através do aproveitamento integral da matéria-prima. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v.6, n.2, p.781-795, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **EMBRAPA Floresta**: transferência de tecnologia florestal. Colombo, 2019.

ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. **Caxias do Sul: EducS**, v. 11, 2004.

ESTEVES, Y. O.; ALMEIDA, L. S. F.; PEIXOTO, M. M. C. L.; DE SOUZA, K. M. F. Contabilidade custo: depreciação de máquinas e equipamentos para terraplenagem. **Revista de trabalhos acadêmicos universo—São Gonçalo**, v.1, n.2, p.144-162, 2016.

FERNANDES, A.; BARROS, L.; MARTINS, A.; HERBERT, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. **Food Chemistry**, v. 169, p. 396-400, 2015.

FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L.; ABREU, R. Antioxidants in wild mushrooms. **Current Medicinal Chemistry**, v. 16, n. 12, p. 1543-1560, 2009.

FONTANA, A.; BIANCHI, S. R. Carbono e nitrogênio total: analisador elementar. **EMBRAPA Solos-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **Data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 05/05/2021.

FIGUEIRÓ, G. G.; GRACIOLLI, L. A. Influência da composição química do substrato no cultivo de *Pleurotus florida*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 924-930, 2011.

FREEMAN, M. Reconsidering the effects of monosodium glutamate: a literature review. **Journal of the American Academy of Nurse Practitioners**, v. 18, n. 10, p. 482-486, 2006.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 64, n. 2, p. 149-154, 2005.

GALDINO, N. O.; CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 540-544, 2008.

GAŞECKA, M.; MLECZEK, M.; SIWULSKI, M.; NIEDZIELSKI, P. Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with selenium and zinc. **European Food Research and Technology**, v.242, n.5, p.723-732, 2016.

GHAHREMANI-MAJD, H.; DASHTI, F. Chemical composition and antioxidant properties of cultivated button mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v. 56, n. 3, p. 376-382, 2015.

GIACOMETTI, T. Free and bound glutamate in natural products. **Glutamic acid: advances in biochemistry and physiology**, p. 25-34, 1979.

GOLAK-SIWULSKA, I.; KAŁUŻEWICZ, A.; SPIŻEWSKI, T.; SIWULSKI, M.; SOBIERALSKI, K. Bioactive compounds and medicinal properties of Oyster mushrooms (*Pleurotus* sp.). **Folia Horticulturae**, v.30, n.2, p.191-201, 2018.

GONÇALVES, C. C. D. M.; PAIVA, P. C. D. A.; DIAS, E. S.; SIQUEIRA, F. G. D.; HENRIQUE, F. Avaliação do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (fries) sing. sobre o resíduo de algodão da indústria têxtil para a produção de cogumelos e para alimentação animal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.220-225, 2010.

GONZÁLEZ, A.; NOBRE, C.; SIMÕES, L. S.; CRUZ, M.; LOREDO, A.; RODRÍGUEZ-JASSO; R. M., BELMARES, R. Evaluation of functional and nutritional potential of a protein concentrate from *Pleurotus ostreatus* mushroom. **Food Chemistry**, v.346, p.128884, 2021.

HALLIWELL, B. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence?. **The lancet**, v. 344, n. 8924, p. 721-724, 1994.

HALLIWELL, B. How to characterize a biological antioxidant. **Free Radical Research Communications**, v. 9, n. 1, p. 1-32, 1990.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford University Press, USA, p. 617-783, 2015.

HATAMI, T., EMAMI, S. A., MIRAGHAEI, S. S., MOJARRAB, M. Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Different Extracts and Fractions from the Aerial Parts of *Artemisia biennis* Willd. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 2, p. 551-559, 2014.

HELENO, S. A.; MARTINS, A.; QUEIROZ, M. J. R.; FERREIRA, I. C. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review. **Food Chemistry**, v.173, p.501-513, 2015.

HELM, C. V.; RAUPP, D. S.; DOS SANTOS, Á. F. Development of peach palm fibrous flour from the waste generated by the heart of palm agribusiness. **Acta Scientiarum. Technology**, v.36, n. 1, p. 171-177, 2014.

HODGE, W. H. Palm cabbage. **Principes**, v. 9, n. 1, p. 124-128, 1965.

HOLTZ, M. **Utilização de resíduos de algodão da indústria têxtil para a produção de corpos frutíferos de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 88p, 2008.

HOSSAIN, M. S.; ALAM, N.; AMIN, S. R.; BASUNIA, M. A.; RAHMAN, A. Essential fatty acid contents of *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma lucidum* and *Agaricus bisporus*. **Bangladesh J Mushroom**, v.1, p.1-7, 2007.

IGNAT, I.; VOLFF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

IQBAL, S.M.; RAUF, C.A.; SHEIKH, M.I. Yield performance os oyster mushroom on different substrates. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.7, p. 900-903, 2005.

ISHIKAWA, Y.; MORIMOTO, K.; HAMASAKI, T. Flavoglucin, a metabolite of *Eurotium chevalieri*, its antioxidation and synergism with tocopherol. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 12, p. 1864-1868, 1984.

JANG, M. S.; SANADA, A.; USHIO, H.; TANAKA, M.; OHSHIMA, T. Inhibitory effects of 'Enokitake' mushroom extracts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning. **LWT- Food Science and Technology**, v. 35, n. 8, p. 697-702, 2002.

JAWORSKA, G.; BERNAŚ, E.; MICKOWSKA, B. Effect of production process on the amino acid content of frozen and canned *Pleurotus ostreatus* mushrooms. **Food Chemistry**, v. 125, n. 3, p. 936-943, 2011.

JAYAKUMAR, T.; RAMESH, E.; GERALDINE, P. Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl₄-induced liver injury in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, n. 12, p. 1989-1996, 2006.

JAYAKUMAR, T.; THOMAS, P. A.; GERALDINE, P. *In-vitro* antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 2, p. 228-234, 2009.

JEENA, G. S.; PUNATHA, H.; PRAKASH, O.; CHANDRA, M.; KUSHWAHA, K. P. S. Study on *in vitro* antioxidant potential of some cultivated *Pleurotus* species (Oyster mushroom). **Indian Journal of Natural Products and Resources**, v. 5, n. 1, p. 56-61, 2014.

JIN, Z.; LI, Y.; REN, J.; QIN, N. Yield, nutritional content, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* on corncobs supplemented with herb residues. **Mycobiology**, v.46, n.1, p.24-32, 2018.

KALAČ, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 2, p. 209-218, 2013.

KAUSAR T. **Cultivation of mushrooms using crop residues as substrate**. Ph. D. Thesis. Department of Botany. University of Punjab. Lahore, Pakistan, 1988.

KHAN, M. A.; TANIA, M. Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: an overview. **Food Reviews International**, v. 28, n. 3, p. 313-329, 2012.

KHANBABAEE, K.; van REE, T. Tannins: Classification and Definition. **Natural Product**. Reports, Londres, v.18, n.6, p.641-649, 2001.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

KIM, D.; LEE, C. Y. Comprehensive study on Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 253–273, 2004.

KING, A. M. Y.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, n. 2, p. 213-218, 1999.

KOUTROTSIOS, G.; KALOGEROPOULOS, N.; STATHOPOULOS, P.; KALIORA, A. C.; ZERVAKIS, G. I. Bioactive compounds and antioxidant activity exhibit high intraspecific variability in *Pleurotus ostreatus* mushrooms and correlate well with cultivation performance parameters. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.33, n.5, p.98, 2017.

KRIZSÁN, K.; ALMÁSI, É.; MERÉNYI, Z.; SAHU, N.; VIRÁGH, M.; KÓSZÓ, T., ... NAGY, L. G. Transcriptomic atlas of mushroom development reveals conserved genes behind complex multicellularity in fungi. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 15, p. 7409-7418, 2019.

KÜES, U.; LIU, Y. Fruiting body production in basidiomycetes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 54, n. 2, p. 141-152, 2000.

KUMANAYA, D.R.G; RUGAI, T.D.A.S; BONINI, L.M. A cultura e a territorialidade do cultivo de cogumelos em Mogi das Cruzes. **Revista Eletrônica Anima Terra**, v.7, p.1-13, 2018.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar a actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p. 726-732, 2005.

LAU, O. W.; MOK, C. S. Indirect conductometric detection of amino acids after liquid chromatographic separation. Part II. Determination of monosodium glutamate in foods. **Analytica Chimica Acta**, v. 302, n. 1, p. 45-52, 1995.

LAVELLI, V.; PROSERPIO, C.; GALLOTTI, F.; LAUREATI, M.; PAGLIARINI, E. Circular reuse of bio-resources: the role of *Pleurotus* spp. in the development of functional foods. **Food and Function**, v.9, n.3, p.1353-1372, 2018.

LEAL, P. F. **Obtenção de extratos vegetais com propriedades funcionais via tecnologia supercrítica: uso de CO₂ e CO₂ + H₂O**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p. 190, 2005.

LEE, M. J.; KYUNG, K. H.; CHANG, H. G. Effect of mushroom (*Lentinus Tuber-Regium*) powder on the bread making properties of wheat flour. **Korean Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 32-37, 2004.

LIMA, I.A. Entre os crisântemos e as araucárias: a união dos gakusseis de Curitiba e a construção de uma identidade nipobrasileira no Paraná (1949-1953). Monografia Curso de Licenciatura e Bacharelado em História, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes. UFPR, 2015.

LIN, P. H.; HUANG, S. Y.; MAU, J. L.; LIOU, B. K.; FANG, T. J. A novel alcoholic beverage developed from shiitake stipe extract and cane sugar with various *Saccharomyces* strains. **LWT-Food Science and Technology**, v. 43, n. 6, p. 971-976, 2010.

LINDEMANN, B.; OGIWARA, Y.; NINOMIYA, Y. The discovery of umami. **Chemical Senses**, v. 27, n. 9, p. 843-844, 2002.

MAHARI, W. A. W.; PENG, W.; NAM, W. L.; YANG, H.; LEE, X. Y.; LEE, Y. K.; ... LAM, S. S. A review on valorisation of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, p. 123-156, 2020.

MALTA, G.; DELPECH, P. A. N. D.; SAVOIE, J. M. Selection of strains of *Lentinula edodes* and *Lentinula boryana* adapted for efficient mycelial growth on wheat straw. **Revista Iberoamericana de Micologia**, v. 18, n. 3, p. 118-122, 2001.

MAMIRO, D. P.; MAMIRO, P. S.; MWATAWALA, M. W. Oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) cultivation technique using re-usable substrate containers and comparison of mineral contents with common leafy vegetables. **Journal of Applied Biosciences**, v.80, p.7071-7080, 2014.

MANSOUR-BENAMAR, M.; SAVOIE, J. M.; CHAVANT, L. Valorisation of solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushrooms. **Comptes Rendus Biologies**, v. 336, n. 8, p. 407-415, 2013.

MANZI, P.; PIZZOFERRATO, L. Beta-glucans in edible mushrooms. **Food Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 315-318, 2000.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários-CUSTAGRI. **Informações Econômicas-Governo do Estado de São Paulo Instituto de Economia Agrícola**, v.28, p.7-28, 1998.

MATTILA, P.; SALO-VÄÄNÄNEN, P.; KÖNKÖ, K.; ARO, H.; JALAVA, T. Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6419-6422, 2002.

MAU, J. L.; LIN, H. C.; SONG, S. F. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. **Food Research International**, v. 35, n. 6, p. 519-526, 2002.

MAZZA NETO, L. G. Novo salário-mínimo regional entra em vigor no Paraná. Governo do estado do Paraná, Disponível em: <https://www.justica.pr.gov.br/Noticia/Novo-salario-minimo-regional-entra-em-vigor-no-Parana>, acesso em: 20-06-2021.

MENDEZ, L. A.; CASTRO, C. S.; CASSO, R. B.; LEAL, C. C. Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 5, p. 447-450, 2005.

MILOVANOVIĆ, I.; BRČESKI, I.; STAJIĆ, M.; et al. Potential of *Pleurotus ostreatus* mycelium for selenium absorption. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

MIRCEA, C.; CIOANCA, O.; IANCU, C.; TATARINGA, G.; HANCIANU, M. *In vitro* antioxidant activity of some extracts obtained from *Agaricus bisporus* brown, *Pleurotus ostreatus* and *Fomes fomentarius*. **Farmacia**, v.63, n.6, p.927-933, 2015.

MOON, B.; LO, Y. M. Conventional and novel applications of edible mushrooms in today's food industry. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 5, p. 2146-2153, 2014.

NASCIMENTO, J. C.; LAGE, L. F. O.; CAMARGOS, C. R. D.; AMARAL, J. C.; COSTA, L. M.; SOUSA, A. D.; OLIVEIRA, F. Q. Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH e doseamento de flavonóides totais em extratos de folhas da *Bauhinia variegata* L. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.92, n.4, 327-332, 2011.

NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. F.; RODIGHERI, H. R.; CORRÊA JÚNIOR, C.; BELLETTINI, S.; TRESSMANN, D. J. Cultivo da pupunheira para palmito nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. **EMBRAPA Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

NOVAES, C. G.; YAMAKI, R. T.; DE PAULA, V. F.; DO NASCIMENTO JÚNIOR, B. B.; BARRETO, J. A.; VALASQUES, G. S.; BEZERRA, M. A. Otimização de métodos analíticos usando metodologia de superfícies de resposta-Parte I: variáveis de processo. **Revista Virtual Química**, v.9, n.3, p.1284-1215, 2017.

OBODAI, M.; CLELAND-OKINE, J.; VOWOTOR, K. A. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 3, p. 146-149, 2003.

OKAMURA-MATSUI, T.; TOMODA, T.; FUKUDA, S.; OHSUGI, M. Discovery of alcohol dehydrogenase from mushrooms and application to alcoholic beverages. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 23, n. 2-6, p. 133-144, 2003.

OSHIRO, L. I.; PINTO, D. M. G.; GONÇALVES, A. A.; SYDNEY, A. C. N.; SYDNEY, E. B. Potencial de utilização de micélio fúngico para produção de biomateriais a partir de biomassas brasileiras. **IV Congresso Internacional de Biomassa**, Curitiba, PR, 2019.

PARDESHI, B. M.; PARDESHI, P. M. The edible medicinal mushrooms as supportive natural nutrients: Study of nonvolatile mineral contents of some edible medicinal mushrooms from India; eastern remedies for modern western maladies.

In: **Proceedings of the 5(th) International Medicinal Mushroom Conference**. 2009.

PATIL, S. S.; AHMED, S. A.; TELANG, S. M.; BAIG, M. M. V. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. **Innovative Romanian Food Biotechnology**, n.7, 2010.

PHILIPPOUSSIS, A. N. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates. In: **Biotechnology for agro-industrial residues utilisation**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 163-196.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

RABELO, C. G.; SOUZA, L. H.; OLIVEIRA, F. G. Análise dos custos de produção de silagem de milho: estudo de caso. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.9. n.2, p.8-15, 2017.

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

RAMAN, J.; JANG, K. Y.; OH, Y. L.; OH, M.; IM, J. H.; LAKSHMANAN, H.; SABARATNAM, V. Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* Spp.: An Overview. **Mycobiology**, p.1-14, 2020.

RAMPINELLI, J.R. **Produção de *Pleurotus djamor* e avaliação do seu potencial nutricional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 94p, 2009.

RAMZAN, M.; SADIA, H.; KAUSAR, S.; SHAHZAD, Q.; KHAN, N. A. Comparative study of yield and growth performance of oyster mushroom on two different substrates (carrot leaves and cotton waste). **The international journal of biological research**, v.3, n.1, p.65,84, 2020.

RATHORE, H.; PRASAD, S.; KAPRI, M.; TIWARI, A.; SHARMA, S. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications. **Journal of Functional Foods**, v. 56, p. 182-193, 2019.

RATHORE, H.; PRASAD, S.; SHARMA, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. **PharmaNutrition**, v. 5, n. 2, p. 35-46, 2017.

REIS, M. F.; DUCCA, F.; FERDINANDI, D. M.; ZONETTI, P. C.; ROSADO, F. R. Análise de substratos alternativos para o cultivo de *Pleurotus ostreatoroseus* e *Pleurotus florida*. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.3, n.2, p. 79-91, 2010.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, g. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

ROSA, L. H. Cultivo do “Cogumelo do sol”. **Dossiê técnico: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC**, 2006.

SALES-CAMPOS, C., ARAUJO, L. M., MINHONI, M. T. D. A., ANDRADE, M. C. N. D. Physicochemical analysis and centesimal composition of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown in residues from the Amazon. **Food Science and Technology**, v.31, n.2, p.456-461, 2011.

SANDRI, I. G.; BASTIANI, S.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T. Chocolate branco adicionado de cogumelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n. 3, p. 203-209, 2012.

SCHAUMBURG, H. H.; BYCK, R.; GERSTL, R.; MASHMAN, J. H. Monosodium L-glutamate: its pharmacology and role in the Chinese restaurant syndrome. **Science**, v. 163, n. 3869, p. 826-828, 1969.

SCHMIDT, D.; GAZIOLA, S. A.; BOARETTO, L. F.; AZEVEDO, R. A. Proteomic analysis of mature barley grains from C-hordein antisense lines. **Phytochemistry**, v.125, p.14-26, 2016.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 1, p. 21-40, 2001.

SHAH, H.; KHALIL, IQTIDAR A.; JABEEN, S. Nutritional composition and protein quality of *Pleurotus* mushroom. **Sarhad Journal of Agriculture (Pakistan)**, v.13, 1997.

SHAHIDI, F. **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. The American Oil Chemists Society, 1997.

SHANNON, M.; GREEN, B.; WILLARS, G.; WILSON, J.; MATTHEWS, N.; LAMB, J.; CONNOLLY, L. The endocrine disrupting potential of monosodium glutamate (MSG) on secretion of the glucagon-like peptide-1 (GLP-1) gut hormone and GLP-1 receptor interaction. **Toxicology Letters**, v. 265, p. 97-105, 2017.

SHARMA, S.; MADAN, M. Microbial protein from leguminous and non-leguminous substrates. **Acta Biotechnologica**, v. 13, n. 2, p. 131-139, 1993.

SHARMA, S.; YADAV, R. K. P.; POKHREL, C. P. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. **Journal on New Biological Reports**, v. 2, n. 1, p. 03-08, 2013.

SILVA, E. G.; DIAS, E. S.; SIQUEIRA, F. G.; SCHWAN, R. F. Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 72-75, 2007.

SILVEIRA, M. L. **Comparação entre o desempenho de inóculo sólido e inóculo líquido para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 90p, 2003.

SIQUEIRA, O. A. P. A., ZANON, A. R., MARTINS, O. G., ANDRADE, M. C. N. New substrates for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* using exhausted compost. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n.26, p. 2295-2301, 2016.

SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R., LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p.152-179, 1999.

SKINNER, M.; HUNTER, D. **Bioactives in Fruit: Health Benefits and Functional Foods**. New Delhi: John Wiley & Sons, 2013.

SKURRAY, G. R.; PUCAR, N. L-glutamic acid content of fresh and processed foods. **Food Chemistry**, v. 27, n. 3, p. 177-180, 1988.

STURION, G. L. **Utilização da folha da bananeira como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis (*Pleurotus* spp.)**. 1994. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

THAIPONG. K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669-675, 2006.

TRINDADE, R. A. **Influência de antioxidantes naturais sobre o perfil lipídico de hambúrgueres bovinos submetidos à irradiação por Co^{60} e aceleradores de elétrons**. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 112, 2007.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**, v. 2015, 2015.

VETTER, J. Chemical composition of fresh and conserved *Agaricus bisporus* mushroom. **European Food Research and Technology**, v. 217, n. 1, p. 10-12, 2003.

WANG, D.; SAKODA, A.; SUZUKI, M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. **Bioresource Technology**, v. 78, n. 3, p. 293-300, 2001.

WANG, Z.; LI, S.; GE, S.; LIN, S. Review of distribution, extraction methods, and health benefits of bound phenolics in food plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.68, n.11, p.3330-3343, 2020.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, 5-7 October 2006, Paris, France. 2007.

YAMAGUCHI, S.; NINOMIYA, K. Umami and food palatability. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 4, p. 921S-926S, 2000.

YAMAGUCHI, S.; YOSHIKAWA, T.; IKEDA, S.; NINOMIYA, T. Measurement of the relative taste intensity of some l- α -amino acids and 5'-nucleotides. **Journal of Food Science**, v. 36, n. 6, p. 846-849, 1971.

YASAEI, P. M.; YANG, G. C.; WARNER, C. R.; DANIELS, D. H.; KU, Y. Singlet oxygen oxidation of lipids resulting from photochemical sensitizers in the presence of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 73, n. 9, p. 1177-1181, 1996.

YILMAZ, A.; YILDIZ, S.; ÇELİK, A.; ÇEVİK, U. Determination of heavy metal and radioactivity in *Agaricus campestris* mushroom collected from kahramanmaraş and erzurum provinces. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v.4, n.3, p.208-215, 2016.

YIM, H. S.; CHYE, F. Y.; TAN, C. T.; NG, Y. C.; HO, C. W. Antioxidant activities and total phenolic content of aqueous extract of *Pleurotus ostreatus* (cultivated oyster mushroom). **Malaysian Journal of Nutrition**, v.16, n.2, p.281-291, 2010.

ZENNI, R. D. S.; HELM, C. V.; TAVARES, L. B. B. Cascas do processamento de palmito para uso na alimentação humana: uma abordagem socioambiental. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 276-299, 2018.

ZERVAKIS, G.; PHILIPPOUSSIS, A.; IOANNIDOU, S.; DIAMANTOPOULOU, P. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. **Folia Microbiologica**, v. 46, n. 3, p. 231, 2001.

ZHANG, Y.; VENKITASAMY, C., PAN, Z., WANG, W. Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms – A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 78-92, 2013.