



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Jasmine de Carvalho Bianchi

Viabilidade técnico-econômica da produção de farinha proteica de *Pleurotus ostreatus* e sua potencial aplicação em produtos alimentícios.

São José do Rio Preto

2025

Jasmine de Carvalho Bianchi

Viabilidade técnico-econômica da produção de farinha proteica de *Pleurotus ostreatus* e sua potencial aplicação em produtos alimentícios.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Área de Concentração: Alimentos e Nutrição

Orientador: Prof. Dr. João Cláudio Thoméo

São José do Rio Preto

2025

B577v

Bianchi, Jasmine de Carvalho

Viabilidade técnico-econômica da produção de farinha proteica de *Pleurotus ostreatus* e sua potencial aplicação em produtos alimentícios. / Jasmine de Carvalho Bianchi. -- São José do Rio Preto, 2025

83 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: João Cláudio Thoméo

1. Cogumelos. 2. Proteína. 3. Sustentabilidade. 4. Viabilidade econômica. I.
Título.

Jasmine de Carvalho Bianchi

Viabilidade técnico-econômica da produção de farinha proteica de *Pleurotus ostreatus* e sua potencial aplicação em produtos alimentícios.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestra em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Alimentos e Nutrição

Data da defesa: 08/05/2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Cláudio Thoméo
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Maria Luiza Silva Fazio
IMES - Catanduva

Prof^a. Dr^a. Michele Eliza Cortazzo Menis Henrique
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

São José do Rio Preto

8 de maio de 2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser a força que me sustentou e me fez perseverar em cada etapa desta jornada.

Ao meu marido, por me acolher e auxiliar em todos os momentos possíveis, por toda a dedicação e carinho, e por ter permanecido ao meu lado ao longo de toda a trajetória.

Aos meus pais, Luiz Carlos e Ana Maria, e à minha irmã Giovanna, pelo apoio contínuo e incentivo, que foram fundamentais ao longo desta jornada, sempre me oferecendo o suporte necessário para a realização do mestrado.

À minha querida avó Zilda (*in memoriam*), que partiu no início desta jornada, mas que, mesmo assim, se alegrou imensamente ao saber da minha aprovação. Como grande professora que foi, sempre valorizou o poder do conhecimento e me presenteou com o apelido carinhoso de “Engenheiragênia”, que levarei comigo com muito carinho.

Ao Prof. Dr. João Cláudio Thoméo, pela orientação atenciosa, pela confiança em meu trabalho e pelas enriquecedoras trocas de conhecimento que marcaram minha trajetória ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Fabrício Bruno Mendes, por sua contribuição na realização dos cálculos de viabilidade econômica, que foram fundamentais para a conclusão deste estudo.

Ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), de São José do Rio Preto, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos (PPGANEA) pela oportunidade de crescimento acadêmico e a todos os professores que, por meio de seus ensinamentos e vivências, contribuíram significativamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Dante, da empresa Cogumelos São Carlos, pela generosidade em colaborar com as amostras, pelo tempo disponibilizado e pelas informações importantes que enriqueceram este trabalho.

Aos amigos e colegas que fiz durante o mestrado, que estiveram ao meu lado na execução das análises, no apoio emocional, na parceria diária ou simplesmente torcendo por mim, meu sincero agradecimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),
pela concessão da bolsa de pesquisa, sob o processo nº 131294/2022-9, que
viabilizou a execução deste trabalho.

“Posso todas as coisas por meio de Cristo, que me dá forças.”

Filipenses 4:13

RESUMO

O mercado de proteínas para alimentação humana é extremamente competitivo, de modo que a busca de fontes alternativas de proteínas como suplemento alimentar é constante. Nesse cenário, destacam-se as proteínas obtidas de cogumelos do gênero *Pleurotus*, as quais tem aplicação em produtos para indivíduos que seguem uma dieta vegana e vegetariana. O cogumelo *Pleurotus ostreatus* é uma opção de interesse, pois apresenta rápido crescimento, pode ser cultivado em resíduos sólidos agroindustriais e tem alta resistência a pragas, tornando seu cultivo econômico e ambientalmente viável. Nesse contexto, foi desenvolvida uma farinha a partir do cogumelo shimeji, avaliando-se sua viabilidade técnico-econômica como suplemento alimentar para alimentação humana. Para isso, foram realizadas análises de caracterização da farinha, como a determinação do teor de proteína, umidade, cinzas e a composição de aminoácidos. A partir de um processo convencional de produção de *Pleurotus ostreatus* (shimeji), foi realizada a secagem dos cogumelos por meio de secagem em estufa com circulação de ar forçado e a temperatura controlada de 60 °C por 4 horas. O rendimento da farinha em relação ao cogumelo *in natura* foi de 29,04%. Os resultados apresentaram o teor proteico elevado (24,99% base seca) e baixa umidade (6,55%), o que caracteriza a farinha como uma fonte proteica rica em comparação a outras farinhas vegetais, como as de ervilha, soja e grão de bico. Foram identificados dez aminoácidos essenciais na farinha de *Pleurotus ostreatus*, entre eles leucina (0,70 g/100g), valina (0,61 g/100g), triptofano (g/100g), isoleucina (0,51 g/100g), lisina (0,58 g/100g), apresentando concentrações que indicam um bom potencial nutricional, comparável à farinha de ervilha. Na análise econômica, foi dimensionada uma biofábrica com capacidade de produção de 1.000 kg de farinha por mês, considerando um custo de matéria-prima de R\$ 12,00/kg. Os custos de capital (CAPEX) foram estimados em R\$ 1.355.536,19, enquanto as despesas operacionais (OPEX) totalizaram R\$ 3.348.759. O preço de venda da farinha foi calculado em R\$ 30,00/kg, valor competitivo em relação a outras farinhas proteicas no mercado. Os resultados indicam que a farinha de shimeji é viável sob diversos aspectos: nutricionalmente, por ser rica em aminoácidos e proteínas; ambientalmente, por ser um alimento sustentável, já que seu cultivo pode utilizar resíduos agroindustriais; e economicamente, pois os indicadores econômicos demonstraram

boa rentabilidade e viabilidade do projeto. Ademais, ela se apresenta como uma alternativa benéfica tanto para os fungicultores, ao proporcionar uma nova fonte de renda, quanto para os consumidores veganos e vegetarianos, que buscam produtos inovadores e de alto valor proteico.

Palavras-chave: Shimeji; proteína alternativa; cogumelo; viabilidade econômica; sustentabilidade.

ABSTRACT

The protein market for human consumption is extremely competitive, leading to a constant search for alternative protein sources as dietary supplements. In this context, proteins derived from mushrooms of the *Pleurotus* genus stand out, as they are used in products aimed at individuals following vegan and vegetarian diets. The mushroom *Pleurotus ostreatus* (shimeji) is of particular interest due to its rapid growth, ability to be cultivated on agro-industrial solid waste, and high resistance to pests, making its cultivation both economically and environmentally viable. In this context, a flour was developed from the shimeji mushroom, and its technical and economic feasibility as a dietary supplement for human consumption was evaluated. Characterization analyses of the flour were carried out, including determination of protein content, moisture, ash, and amino acid composition. Using a conventional production process for *Pleurotus ostreatus* (shimeji), the mushrooms were dried in a forced-air circulation oven at a controlled temperature of 60 °C for 4 hours. The flour yield in relation to fresh mushrooms was 29.04%. The results showed a high protein content (24.99% on a dry basis) and low moisture (6.55%), characterizing the flour as a rich protein source compared to other plant-based flours such as pea, soybean, and chickpea. Ten essential amino acids were identified in *Pleurotus ostreatus* flour, including leucine (0.70 g/100 g), valine (0.61 g/100 g), tryptophan (g/100 g), isoleucine (0.51 g/100 g), and lysine (0.58 g/100 g), showing values comparable to those found in pea flour. In the economic analysis, a biorefinery was designed with a production capacity of 1,000 kg of flour per month, considering a raw material cost of R\$ 12.00/kg. Capital expenditures (CAPEX) were estimated at R\$ 1,355,536.19, while operational expenses (OPEX) totaled R\$ 3,348,759. The selling price of the flour was calculated at R\$ 30.00/kg, a competitive value compared to other protein flours on the market. The results indicate that shimeji mushroom flour is viable in several aspects: nutritionally, due to its richness in amino acids and proteins; environmentally, as it is a sustainable food whose cultivation can make use of agro-industrial residues; and economically, since the economic indicators demonstrated good profitability and project feasibility. Furthermore, it presents itself as a beneficial alternative both for mushroom growers, by providing a new source of income, and for vegan and vegetarian consumers seeking innovative products with high protein value.

Keywords: Shimeji; alternative protein; mushroom; economic feasibility; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cogumelo shimeji branco.....	24
Figura 2 – Cogumelo shimeji branco com estipe.....	24
Figura 3 - Ciclo da vida do <i>Pleurotus spp</i>	25
Figura 4 - Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> em sacos com aberturas laterais.....	27
Figura 5 - Etapas do cultivo de cogumelos	27
Figura 6 - Fluxograma do processo da farinha.....	34
Figura 7 - Cogumelo shimeji triturado.	35
Figura 8 - Farinha do cogumelo shimeji.	35
Figura 9 - Ilustração do processo industrial da farinha de cogumelo	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Conteúdo de aminoácidos de várias fontes proteicas	20
Tabela 2 - Propriedades farmacêuticas do gênero <i>Pleurotus</i>	22
Tabela 3 - Caracterização da farinha e do cogumelo shimeji fresco	37
Tabela 4 - Teores de proteína (%) em cogumelos do gênero <i>Pleurotus</i> cultivados em diferentes substratos (base seca)	38
Tabela 5 - Composição dos aminoácidos da farinha de cogumelo shimeji (g/100g de amostra seca).....	42
Tabela 6 - Tipos de substratos utilizados para o cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
Tabela 7 - Concentração de aminoácidos essenciais na farinha de cogumelo shimeji (<i>Pleurotus ostreatus</i>) em comparação às recomendações da WHO/FAO/UNU (em mg/g de proteína)	45
Tabela 8 - Equipamentos necessários para o funcionamento da biofábrica	55
Tabela 9 - Relação de funcionários necessários e suas atividades	55
Tabela 10 - Custos dos equipamentos necessários para a fabricação de farinha de cogumelo.....	56
Tabela 11 - Investimento Inicial (CAPEX) e Custos Operacionais da Biofábrica (OPEX)	57
Tabela 12 - Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos da biofábrica de farinha de cogumelo shimeji.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CAPEX	Capital expenditure – Despesas de capital
FMI	Future Market Insights
GFI	The Good Food Institute
IBGE	Instituto Brasileiro de de Geografia e Estatística
kg	Quilograma
mg/g	Miligramma por grama
°C	Celsius
OPEX	Operational expenditure – Despesas operacionais
Payback	Tempo de retorno
T (°C)	Temperatura
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	MERCADO DE PROTEÍNAS PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	17
3.2	MERCADO DE PRODUTOS ALIMENTARES PROTEICOS.....	17
3.3	PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS	19
3.4	PRODUÇÃO E MERCADO MUNDIAL E NACIONAL DE COGUMELOS	21
3.5	COMPOSIÇÃO, PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DOS COGUMELOS E CARACTERÍSTICAS DO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> (SHIMEJI).....	22
3.6	CULTIVO DO COGUMELO SHIMEJI.....	26
3.7	IMPACTOS AMBIENTAIS DA AGROPECUÁRIA E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS	28
3.8	BIOPROCESSOS E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA.....	30
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	COGUMELO	32
4.2	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL DA FARINHA E DO COGUMELO SHIMEJI.....	32
4.3	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AMINOÁCIDOS DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI.	33
4.4	DESENVOLVIMENTO DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI.....	33
4.5	VIABILIDADE ECONÔMICA DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO COGUMELO FRESCO E DA FARINHA DE SHIMEJI	37
5.2	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DO COGUMELO SHIMEJI.....	40
5.3	INFLUÊNCIA DO MEIO DE CULTIVO NA QUALIDADE NUTRICIONAL DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI.....	43
5.4	POTENCIAL NUTRICIONAL DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI: VIABILIDADE DE APLICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO EM PREPARAÇÕES ALIMENTARES	45

5.5	APLICAÇÃO DA FARINHA DE <i>PLEUROTUS SPP.</i> COMO SUBSTITUTO DE SAL COMUM E PROTEÍNAS ANIMAIS	47
5.6	SUBSTITUIÇÃO DE FARINHAS VEGETAIS TRADICIONAIS PELA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI	49
5.7	PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI.....	53
5.8	ANÁLISE ECONÔMICA: INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS NA PRODUÇÃO DE FARINHA DE COGUMELO.....	55
5.9	INDICADORES ECONÔMICOS.....	58
6	CONCLUSÕES	62
7	TRABALHOS FUTUROS.....	63
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

As proteínas são substâncias formadas por aminoácidos e servem como principal componente estrutural dos músculos e outros tecidos do corpo. Elas são essenciais para o crescimento e manutenção do corpo humano devido às suas importantes funções fisiológicas, como no desempenho vital da ação de hormônios e enzimas (BHUTTA; SADIQ; AGA, 2013; HOFFMAN; FALVO, 2004). No entanto, as proteínas de origem animal possuem um alto custo associados à sua produção em comparação com a produção das proteínas vegetais, pois para produzir 1 kg de carne é necessário entre 5 a 40 vezes mais água do que a produção de 1 kg de cereal, resultando no aumento do custo de sua produção em até 10 vezes. Além disso, a produção das proteínas de origem animal está associada a altas emissões de gases de efeito estufa, gerando um impacto ambiental significativo (KUMAR *et al.*, 2017).

Diante disso, Willet *et al.* (2019) afirma que, para a população estimada em cerca de 10 bilhões de pessoas em 2050 tenha uma dieta saudável e sustentável, é necessário adotar um sistema alimentar baseado na redução do consumo de alimentos de origem animal, na preservação da biodiversidade e na implementação de práticas agrícolas sustentáveis. Nesse cenário, as proteínas vegetais têm sido amplamente utilizadas como alternativas às proteínas animais, principalmente devido ao seu baixo custo de produção, ampla disponibilidade, e presença de compostos bioativos e fitoquímicos (ALMEIDA SÁ; FRANCO MORENO; MATTAR CARCIOFI, 2020). Contudo, a maioria dessas proteínas apresenta deficiências nutricionais, como a falta de um ou mais aminoácidos essenciais (DAY; CAKEBREAD; LOVEDAY, 2022).

Nesse contexto, as proteínas alternativas, que podem ser produzidas a partir de fontes de baixo impacto ambiental, têm sido cada vez mais exploradas. Essas proteínas vêm de fontes não convencionais, como algas, fungos e insetos, que demandam menos recursos naturais, como água, terra e energia, e geram menores emissões de gases de efeito estufa. Por isso, apresentam grande potencial como opções mais sustentáveis em comparação às proteínas animais tradicionais e às proteínas vegetais de fontes convencionais (GROSSMANN; WEISS, 2021).

Os cogumelos do gênero *Pleurotus*, têm se destacado no Brasil devido à sua capacidade de crescer facilmente em florestas temperadas, subtropicais e tropicais (ALVES *et al.*, 2017). Os cogumelos do gênero *Pleurotus* representam mais de 25% da produção global de cogumelos e estão entre as espécies comestíveis mais

cultivadas industrialmente (PHAN; SABARATNAM, 2012; TÖRÖS; EL-RAMADY; PROKISCH, 2022). Uma das razões para o sucesso do *Pleurotus spp.* é sua capacidade de colonizar uma ampla variedade de resíduos lignocelulósicos provenientes de atividades agroindustriais, o que torna seu cultivo mais rápido e econômico em comparação ao de vegetais tradicionais. Essa característica permite que o cultivo do shimeji seja uma alternativa sustentável, promovendo o reaproveitamento de resíduos agrícolas e contribuindo para a redução do impacto ambiental (LAVELLI *et al.*, 2018; RAJARATHNAM; BANO, 1989). O ciclo de crescimento do *Pleurotus* é curto, e esses cogumelos são relativamente resistentes a doenças e pragas (BONATTI *et al.*, 2004). Além disso, os cogumelos contêm todos os aminoácidos essenciais para a saúde humana (STAMETS, 1993) e são excelentes fontes de proteínas, com um conteúdo que varia de 19% a 35% em base seca (CRISAN; SANDS, 1978). Dessa forma, as proteínas de origem fúngica oferecem altos valores nutricionais, devido ao seu rico perfil de aminoácidos essenciais, o que as torna uma alternativa nutritiva e vantajosa em comparação com outras fontes proteicas (BACH *et al.*, 2017). O uso de cogumelos comestíveis no desenvolvimento de alimentos proteicos representa uma alternativa promissora às fontes de proteína animal, oferecendo uma fonte de proteína barata e sustentável, menos intensiva em recursos naturais e com potencial para substituir opções tradicionais de maior custo e impacto ambiental, ao mesmo tempo em que contribui para a valorização desse ingrediente (GONZÁLEZ *et al.*, 2020; KUREK *et al.*, 2022). Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo detectar os aminoácidos e suas quantidades e o teor de proteína presentes na farinha do cogumelo shimeji, caracterizando-a e avaliando sua viabilidade técnico-econômica, além do dimensionamento do processo produtivo desse produto.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é o de produzir farinha de cogumelo *Pleurotus ostreatus* (shimeji) e avaliá-la como fonte proteica para uso como suplemento na alimentação humana.

Para tanto, os objetivos específicos são:

- Processar e secar os cogumelos *Pleurotus ostreatus* para obtenção da farinha.
- Caracterizar a composição proximal da farinha obtida e do cogumelo *in natura*.
- Determinar as concentrações de aminoácidos presentes na farinha, avaliando seu valor nutricional.
- Dimensionar a unidade produtiva e o processo industrial de fabricação da farinha de cogumelo.
- Realizar uma análise econômica do processo de produção, avaliando viabilidade e custos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 MERCADO DE PROTEÍNAS PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA

A Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2017 e 2018, revelou que as proteínas de origem animal estão entre os alimentos mais consumidos no Brasil (IBGE, 2019). Segundo Shahbandeh (2023), os Estados Unidos foram o maior produtor mundial de carne bovina e de vitela em 2020, com uma produção de 12,4 milhões de toneladas, e o país mantém o maior consumo interno de carne bovina.

No Brasil, uma pesquisa realizada pelo The Good Food Institute (2022), intitulada “Consumidor Brasileiro e o Mercado Plant-Based”, revelou que cerca de 67% dos brasileiros reduziram o consumo de carne (bovina, suína, aves e peixes). O aumento do preço da carne foi o principal fator para 45% dessa redução, enquanto 36% optaram por diminuir o consumo por questões de saúde. Outros motivos, como preocupação com os animais, o meio ambiente e questões religiosas, também foram apontados, com mais da metade dos brasileiros (52%) justificando a redução da carne como uma escolha própria.

A demanda por proteínas alternativas tem crescido globalmente, indicando que as fontes tradicionais, como carne e leite, não serão suficientes para atender à necessidade mundial de proteína no futuro (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019). A pandemia do coronavírus (SARS-CoV-2) acelerou ainda mais essa tendência. Em diversos países, frigoríficos foram forçados a paralisar suas atividades devido à escassez de matéria-prima, enquanto o mercado de substitutos de carne à base de plantas experimentou um crescimento de 35% em suas vendas (NIERENBERG, 2020).

O The Good Food Institute (2020) aponta que o Brasil possui um grande potencial para se tornar líder global em proteínas alternativas, tanto como fornecedor de ingredientes vegetais para o mercado internacional quanto como polo de pesquisa nesse setor.

3.2 MERCADO DE PRODUTOS ALIMENTARES PROTEICOS

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD, 2020), os suplementos alimentares têm promovido

uma mudança nos hábitos alimentares dos consumidores brasileiros. Entre 2015 e 2021, houve um aumento de 10% no consumo desses produtos, e, em 2021, ao menos 59% dos lares brasileiros já contavam com pelo menos uma pessoa utilizando suplementos.

A Future Market Insights (2022) também realizou uma pesquisa com o intuito de apresentar as perspectivas do mercado global de proteínas funcionais para o período de 2024 a 2034. Verificou-se que os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde e buscam produtos que ofereçam benefícios nutricionais que vão além do simples atendimento das necessidades básicas. Essa tendência é impulsionada pelas proteínas funcionais, que oferecem vantagens específicas para a saúde, como a perda de peso, o crescimento muscular e o bem-estar geral.

O estudo indicou que o mercado de proteínas funcionais deve ultrapassar US\$ 10.518,4 milhões até 2034, partindo de US\$ 6.890 milhões em 2023. A pesquisa destacou ainda que os consumidores têm priorizado a saúde e o bem-estar, buscando produtos que favoreçam o crescimento muscular e o equilíbrio físico. O aumento do flexitarianismo, das dietas baseadas em vegetais, bem como o crescimento das indústrias de fitness e nutrição esportiva, têm sido fatores-chave na expansão desse mercado.

Esses novos estilos de vida têm impulsionado a criação de produtos ricos em proteínas voltados para a reparação e o desempenho muscular. Para os próximos anos, espera-se que o mercado continue sendo influenciado pela popularidade das dietas à base de vegetais e pelo foco crescente na sustentabilidade, em virtude das preocupações éticas e ambientais (FUTURE MARKET INSIGHTS, 2022).

Wunsch (2023a) realizou três pesquisas relacionadas aos públicos veganos e vegetarianos: na primeira relata a participação de vegetarianos em todo o mundo, evidenciando que a Índia tem a maior proporção de vegetarianos em comparação com outros países. O Reino Unido ocupa o segundo lugar e a Alemanha o terceiro com a maior porcentagem de vegetarianos. Ambos os países Reino Unido e a Alemanha também aumentaram a sua produção de substitutos de carne vegetarianos e veganos nos últimos anos. O autor ressalta que a substituição da carne e subprodutos animais é uma das muitas tendências de saúde e bem-estar adotadas pelos consumidores para levar um estilo de vida mais saudável. Globalmente, espera-se que esse mercado atinja um bilhão de dólares até 2026 e é provável que esta tendência continue a crescer.

Na segunda pesquisa, Wunsch (2023b) demonstrou que é esperado que o mercado global de alimentos veganos atinja um valor de mais de US\$ 22 bilhões em 2025. Em 2021, o tamanho do mercado estava próximo de US\$ 16 bilhões. Ele destaca, ainda, que esse mercado não serve apenas aos veganos, mas também para o número crescente de flexitarianos que reduzem o consumo de carne em graus variados e substituem parcialmente a sua alimentação por ofertas veganas.

E por último, Wunsch (2023c) destaca a proporção de veganos em todo o mundo em 2022. No Brasil, na China, no México e nos EUA, entre dois e seis por cento dos entrevistados seguiam dietas veganas.

3.3 PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS

O corpo humano necessita de proteínas para garantir o funcionamento adequado de seus sistemas e manter a saúde. Elas são essenciais, desempenhando papéis fundamentais como componentes estruturais e funcionais nos sistemas biológicos. As proteínas fornecem aminoácidos, que são essenciais para a formação de órgãos, músculos, hormônios e fluidos biológicos, como o sangue. Como o corpo não consegue armazenar proteínas, é importante consumi-las regularmente em quantidades adequadas para apoiar o crescimento e manter funções vitais. A deficiência proteica pode causar impactos significativos, especialmente durante o desenvolvimento, prejudicando órgãos como o cérebro, o coração e o sistema imunológico (BOYE; WIJESINHA-BETTONI; BURLINGAME, 2012).

Segundo Blanco e Bressani (1991), a qualidade da proteína está relacionada à sua capacidade de atender às necessidades nutricionais humanas, por meio do fornecimento de aminoácidos essenciais e de aminoácidos não essenciais, ambos necessários para a síntese adequada de proteínas no organismo.

Embora o conteúdo de aminoácidos essenciais seja o principal indicador da qualidade proteica, a verdadeira qualidade também depende da eficiência com que o organismo utiliza esses aminoácidos. Ou seja, não basta apenas a presença dos aminoácidos, mas também a capacidade do corpo de aproveitá-los adequadamente para funções vitais. Assim, a digestibilidade dos aminoácidos pode influenciar diretamente a qualidade das proteínas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A qualidade da proteína alimentar é uma questão nutricional muito importante, pois varia entre diferentes fontes proteicas e deve ser considerada ao determinar as

necessidades de proteína na dieta. O principal fator que determina sua qualidade da é o conteúdo e a disponibilidade dos aminoácidos essenciais (CAIRE-JUVERA; VAZQUEZ-ORTIZ; GRIJALVA-HARO, 2013).

Os aminoácidos, além de sua função essencial na síntese de proteínas, desempenham papéis importantes em diversos processos fisiológicos. Aminoácidos como arginina, cisteína, glutamina, leucina, prolina e triptofano estão envolvidos na regulação de vias metabólicas relacionadas à manutenção, crescimento, reprodução e imunidade. De forma geral, os aminoácidos influenciam o metabolismo celular, a expressão gênica, a função imunológica, a ação antioxidante, a sinalização celular, a detoxificação, o equilíbrio osmótico, a neurotransmissão e o desenvolvimento neurológico, sendo, portanto, fundamentais para o bom funcionamento do organismo (WU, 2009). São classificados como essenciais quando não podem ser sintetizados pelo corpo e, portanto, devem ser obtidos por meio da dieta, como é o caso da (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina). Já aqueles que o corpo pode produzir são chamados de “não essenciais”, como (ácido aspártico, asparagina, ácido glutâmico, alanina, serina). Alguns deles como a (cisteína, tirosina, glicina, arginina, glutamina, prolina e taurina) são chamados de, “condicionalmente indispensáveis”, pois se tornam essenciais na dieta somente sob condições patológicas ou fisiológicas específicas (WHO; FAO; UNU, 2007).

Na Tabela 1, é possível observar a composição de alguns alimentos que são ingeridos como fontes de aminoácidos.

Tabela 1- Conteúdo de aminoácidos de várias fontes proteicas

Aminoácidos essenciais	Soja¹	Milho¹	Leite¹	Ovo¹	Cogumelo shimeji ²
Treonina	2,3	1,8	3,5	2,0	2,3
Metionina	0,3	1,1	2,1	1,4	0,5
Fenilalanina	3,2	3,4	3,5	2,3	1,3
Histidina	1,5	1,1	1,9	0,9	1,1
Lisina	3,4	1,0	5,9	2,7	1,5
Valina	2,2	2,1	3,6	2,0	1,6
Isoleucina	1,9	1,7	2,9	1,6	1,3
Leucina	5,0	8,8	7,0	3,6	2,3
ΣEAA	19,8	21,0	30,4	16,5	11,9
Aminoácidos não essenciais					
Ácido aspártico	-	-	-	-	4,3
Serina	3,4	2,9	4,0	3,3	2,1
Glicina	2,7	1,6	1,5	1,4	1,65

Ácido Glutâmico	12,4	13,1	16,7	5,1	10,2
Prolina	3,3	5,2	7,3	1,8	0,43
Cistina	0,2	0,3	0,2	0,4	0,53
Alanina	2,8	4,8	2,6	2,6	3,8
Tirosina	2,2	2,7	3,8	1,8	1,1
Arginina	4,8	1,7	2,6	2,6	6,3
ΣNEAA	31,9	32,3	38,6	19,0	30,4

Os valores são apresentados em g por 100 g de matéria-prima. O triptofano, o ácido aspártico, a asparagina e a glutamina não foram medidos

ΣEAA soma de todos os aminoácidos essenciais, ΣNEAA soma de todos os aminoácidos não essenciais.

Fonte: Gorissen *et al.* (2018) ¹, Oyetayo e Ariyo (2013) ²

3.4 PRODUÇÃO E MERCADO MUNDIAL E NACIONAL DE COGUMELOS

Entre as 14.000 espécies de cogumelos, apenas 50% são consideradas como possuindo vários graus de comestibilidade, e mais de 3.000 espécies de 31 gêneros, são consideradas como cogumelos comestíveis de primeira qualidade. Apenas 200 espécies são cultivadas experimentalmente, 100 são cultivadas economicamente e cerca de 10 atingiram uma escala industrial de produção em muitos países. Além disso, cerca de 2.000 são cogumelos medicinais e benéficos para a saúde (MINATO *et al.*, 2001).

A Ásia-Pacífico é o maior mercado para o consumo de cogumelos frescos e a China é o maior produtor de cogumelos frescos do mundo, respondendo por quase 52% da produção mundial. Em 2021, os principais exportadores de cogumelos foram a Polônia, que exportou cogumelos frescos no valor de US\$ 469 mil, seguido pelo Canadá e Países Baixos. Os principais importadores de cogumelos frescos foram os Estados Unidos, que importaram cogumelos no valor de US\$ 348 mil, seguidos do Reino Unido e da Alemanha. (MORDOR INTELLIGENCE, 2022). Os cogumelos dos gêneros *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia*, *Agaricus* e *Flammulina* representam 85% da produção mundial de cogumelos comestíveis (PRESCOTT *et al.*, 2018).

No Brasil, dentre as espécies mais cultivadas, estão a *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), sendo produzido por 52,2% dos produtores, *Lentinula edodes* (shiitake) com 16,44% dos produtores e o *Pleurotus ostreatus* (shimeji ou hiratake) contabilizando 24,55% dos produtores (GOMES *et al.*, 2016).

Segundo Cabrera *et al.* (2020) no estado de São Paulo concentra-se a maior produção de cogumelos do Brasil, com destaque para as regiões próximas da capital, como Mogi das Cruzes (88,06% da produção nacional), Campinas (10,85%), e

Sorocaba (1,09%). A produção brasileira de cogumelos é representada em 80% por pequenos e médios agricultores familiares, que produzem cerca de 12 mil toneladas de cogumelos por ano.

3.5 COMPOSIÇÃO, PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DOS COGUMELOS E CARACTERÍSTICAS DO *PLEUROTUS OSTREATUS* (SHIMEJI)

Os cogumelos apresentam elevada porcentagem de umidade, variando de 6,75 a 18,9 kg de água por kg de base seca, representando 87% a 95% de umidade na base úmida (ARORA *et al.*, 2003).

De acordo com o estudo de Crisan e Sands (1978), os cogumelos são fontes completas de proteínas, contendo todos os aminoácidos essenciais para os seres humanos. Entre esses, é possível encontrar aminoácidos essenciais em quantidades significativas, como o ácido glutâmico (130–240 mg/g), o ácido aspártico (91–120 mg/g), a treonina (41–95 mg/g), a arginina (37–140 mg/g) e a valina (36–89 mg/g), que são especialmente abundantes nas proteínas dos cogumelos (CHEUNG, 2010). São uma rica fonte de vitaminas com altos níveis de riboflavina (vitamina B2), niacina, folatos e traços de vitamina C, B1, B12, D e E (VALVERDE; HERNÁNDEZ-PÉREZ.; PAREDES-LÓPEZ, 2015) e baixo teor de gordura (MATTILA *et al.*, 2001).

Diversas espécies de cogumelos comestíveis e medicinais, como *Ganoderma lucidum* (Reishi), *Lentinus edodes* (Shiitake), *Grifola frondosa* (Maitake), *Agaricus blazei* (Murril), *Pleurotus ostreatus* (cogumelo ostra) e *Hericium erinaceus* (juba-de-leão), apresentam propriedades terapêuticas reconhecidas (LAKHANPAL; RANA, 2005). No caso específico do gênero *Pleurotus*, estudos têm identificado diversas atividades biológicas relacionadas à presença de compostos bioativos, tais como ação anti-inflamatória, antioxidante, imunomoduladora e antitumoral. Essas propriedades farmacêuticas estão organizadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Propriedades farmacêuticas do gênero *Pleurotus*

Propriedades farmacêuticas	Compostos	Referências
----------------------------	-----------	-------------

Anti-inflamatório (agente dietético contra inflamação)	Aminoácidos isoleucina, leucina, tirosina e fenilalanina.	JEDINAK <i>et al.</i> (2011)
Efeitos preventivos sobre infecções recorrentes do trato respiratório	β -glucanos	PASNIK <i>et al.</i> (2017)
Atividade antimicrobiana	Compostos bioativos	SCALDELA <i>et al.</i> (2019)
Ação antioxidante	Compostos fenólicos	LI <i>et al.</i> (2005)
Efeito imunomodulador e anticâncer	Proteoglicanos	SARANGI <i>et al.</i> (2006)
Ação antioxidante e antitumoral	β -glucanos	FINIMUNDY <i>et al.</i> (2013)
Alívio do comprometimento cognitivo	Fração de polissacarídeos	ZHANG <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Elaborado pela autora.

O cogumelo comumente conhecido como shimeji pertence ao gênero *Pleurotus*, cujo nome tem origem no latim: *Pleurotus* refere-se ao crescimento lateralizado do caule em relação ao píleo, enquanto *ostreatus* descreve a forma do píleo, que se assemelha a uma ostra (DEEPALAKSHMI; MIRUNALINI, 2014). Pertence ao filo Basidiomycota, família Pleuroteaceae e teve sua origem na China (PISKA; SUŁKOWSKA-ZIAJA; MUSZYŃSKA, 2017). A espécie *Pleurotus ostreatus* trata-se de um cogumelo comestível comum, cultivado no mundo todo e possui duas variações, o shimeji branco e o shimeji preto (HEARST *et al.*, 2009), é mais fácil de cultivar, favorável à alimentação e cresce em diferentes tipos de resíduos orgânicos (KONG, 2004). Alguns desses resíduos podem ser serragem, papel, palhas de cereais, cascas, talos, folhas, folhas de bananeira e resíduos de algodão (OECD, 2005).

O shimeji, Figura 1, é composto por um corpo frutífero, caracterizado por píleo (chapéu), lâmina e estipe (Figura 2). O píleo é convexo, expandindo em forma de

concha com 05 a 15 cm de largura, sua coloração é variável e pode ser creme claro, branco acinzentado, cinzento ou azulado, mas em geral é branco (BAPTISTA-FERREIRA, 2013). A cor do chapéu está intimamente relacionada com a intensidade da luz e, se esta for baixa, então a cor será pálida (MILES; CHANG, 2004).

Figura 1 - Cogumelo shimeji branco



Fonte: Elaborado pela autora.

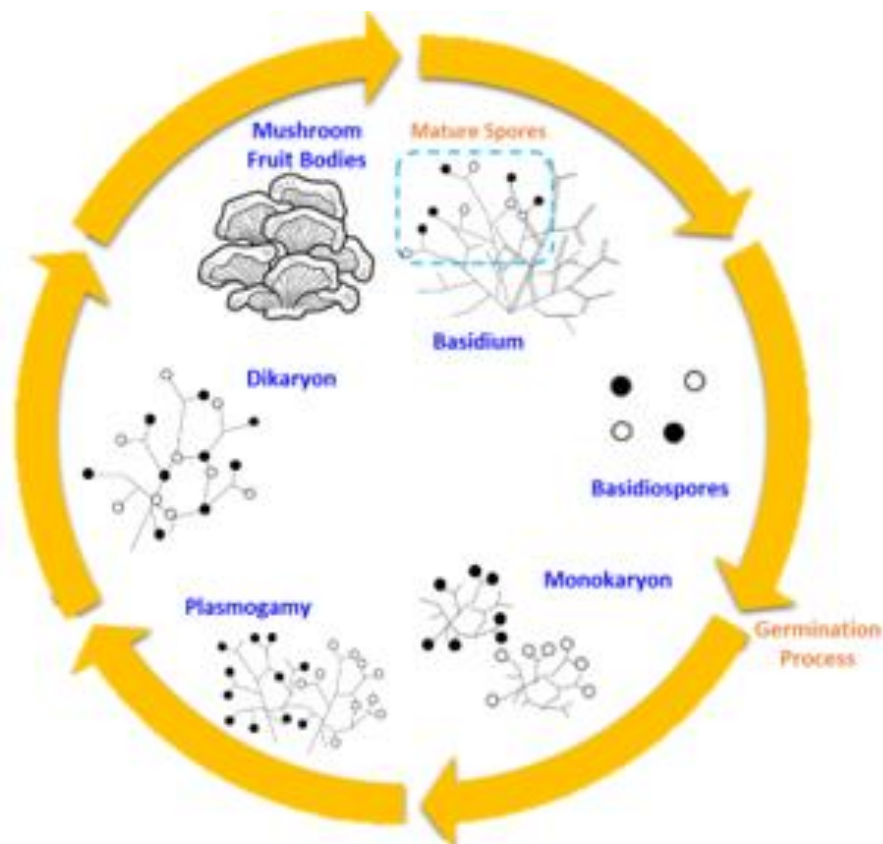
Figura 2 – Cogumelo shimeji branco com estipe



Fonte: Elaborado pela autora.

As lâminas localizadas na parte interna do chapéu, como mostra a Figura 2, são denominadas lâminas radiais, elas possuem as hifas, que são chamadas basídios, os basídios são responsáveis pela formação dos basidiósporos, eles são os esporos sexuais do cogumelo e por isso passam pelo processo de germinação. Quando o cogumelo entra na fase de reprodução, os esporos são ejetados no ar e levados pelo vento. Quando os basidiósporos caem no solo e amadurecem, eles germinam, formando hifas que dão origem aos micélios primários. Ao se encontrarem, hifas de tipos compatíveis se fundem, célula por célula (plasmogamia), dando origem aos micélios secundários (dicário), que serão responsáveis pela produção de novos cogumelos. Esse processo ocorre quando as condições ambientais, incluindo umidade, temperatura e intensidade de luz, são adequadas para seu crescimento (ADEBAYO; MARTINEZ-CARRERA, 2015; TRABULSI; TOLEDO, 1991). A Figura 3 exemplifica esse processo.

Figura 3 - Ciclo da vida do *Pleurotus spp*



Fonte: Wan Mahari et al. (2020)

3.6 CULTIVO DO COGUMELO SHIMEJI

O cultivo controlado dos cogumelos do gênero *Pleurotus*, conforme descrito por Urben (2017), é composto por várias etapas essenciais. Inicialmente, o substrato é preparado por meio da trituração e umedecimento do material. Em seguida, ele é esterilizado a 121°C por 1 hora e 30 minutos para eliminar microrganismos competidores. Após a esterilização, a inoculação é realizada, introduzindo a cultura pura (inóculo) da espécie de cogumelo desejada no substrato. Para garantir que o processo ocorra de maneira adequada, é necessário que a inoculação seja feita em uma superfície limpa e desinfetada com álcool 70%, evitando a contaminação. Após essa etapa, as embalagens contendo o substrato e o inóculo são fechadas e transferidas para um ambiente escuro, iniciando a fase de colonização (STEFFEN et al., 2020). Durante a fase de colonização, o micélio do fungo se espalha pelo substrato em total ausência de luz, processo que normalmente leva de 15 a 25 dias, dependendo do tipo de substrato. Nesse período, o micélio se desenvolve utilizando os nutrientes disponíveis, como carbono, nitrogênio, vitaminas e minerais presentes nos resíduos vegetais ou substratos orgânicos (URBEN, 2017). A capacidade de *Pleurotus* spp. de aproveitar fontes lignocelulósicas para seu crescimento se deve à sua produção abundante de enzimas, como celulasas, hemicelulasas e fenoloxidasas, que são fundamentais para a degradação do substrato (WAN MAHARI et al., 2020).

Após a completa colonização do substrato, tem início a fase de frutificação, que pode se estender por até 60 dias, dependendo da qualidade do substrato e das condições ambientais. Nessa etapa, ocorre a formação dos primórdios fúngicos, que evoluem para os corpos de frutificação — os cogumelos propriamente ditos. Para que o desenvolvimento seja eficaz, é fundamental o controle de fatores ambientais, como a temperatura, que deve ser mantida entre 18 °C e 25 °C, e a umidade relativa do ar, idealmente entre 90% e 95%. A iluminação, seja natural ou artificial (com intensidade entre 1000 e 1500 lux), também desempenha papel importante, sendo recomendados ciclos alternados de luz e escuridão. A forma como os cogumelos emergem pode variar de acordo com o tipo de embalagem utilizada pelo produtor, podendo ocorrer por um único orifício ou por diversas aberturas laterais na embalagem (Figura 4) (STEFFEN et al., 2020). A Figura 5 apresenta o esquema do processo de cultivo descrito.

Figura 4 - Cultivo de *Pleurotus ostreatus* em sacos com aberturas laterais



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 - Etapas do cultivo de cogumelos



Fonte: Ramos *et al.* (2011)

3.7 IMPACTOS AMBIENTAIS DA AGROPECUÁRIA E SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

A agropecuária é uma atividade que tem como meios principais a criação de animais e o cultivo de plantas, seja para fins de alimentação humana, animal ou produção de matérias primas industriais. Essa atividade tem ocasionado vários impactos ambientais, e um dos contribuintes para agravar esse cenário, é a pecuária, que vem gerando cerca de 18% das emissões de gases de efeito estufa e cerca de 80% do uso de terras agrícolas (STEHFEST *et al.*, 2009). De acordo com o estudo feito por Vries e Boer (2010), comparando os impactos ambientais dos produtos pecuários, tem-se que para a produção de 1 kg de carne bovina são necessários de 144 a 258 m² de uso de terra, sendo assim, a pecuária é a maior responsável pela maior quantidade de terra utilizada e de energia, além de apresentar o maior potencial de aquecimento global. As emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de carne bovina e leite representam, respectivamente, 35% e 30% das emissões do setor pecuário (equivalente a 4,6 gigatoneladas de CO₂-eq) (OPIO *et al.*, 2013). Esse cenário engloba o uso de agrotóxicos na agricultura, mesmo que com o objetivo de controlar ervas daninhas, fungos e insetos, acabam promovendo uma contaminação ampla do ambiente de produção e do ambiente de trabalho. Embora o foco seja eliminar pragas específicas, esses produtos químicos atingem indiscriminadamente a lavoura, afetando tanto as plantas quanto os organismos que convivem nesse ecossistema. Além disso, a exposição constante dos trabalhadores a esses produtos químicos traz riscos sérios para a saúde deles e para a população em geral, pois resíduos desses agrotóxicos podem acabar presentes nos alimentos consumidos. (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Essa situação tem levado a sociedade a repensar suas práticas ambientais, pois os impactos observados são resultados diretos das ações humanas. Com o estoque de terras para produção limitado, a necessidade de reduzir a expansão das atividades agropecuárias sobre áreas naturais se torna cada vez mais urgente. Isso se deve aos graves efeitos que as mudanças no uso do solo causam no equilíbrio climático, na disponibilidade de água, na conservação da biodiversidade e na qualidade ambiental de forma geral. (FOLEY *et al.*, 2005).

Em vista disso, é importante pensar no desenvolvimento sustentável e nos agrossistemas alternativos, pois eles buscam atingir a sustentabilidade por meio da conservação dos recursos renováveis, adaptando à agricultura ao ambiente, com a

manutenção de um nível alto e sustentável de produtividade (ALTIERI, 1989). E o desenvolvimento sustentável, por sua vez, visa a qualidade em vez de quantidade, promovendo a diminuição do uso de matérias-primas, ou seja, os recursos naturais utilizados para fabricar bens, como madeira, água, petróleo ou minérios e de produtos, que são os bens finais resultantes desses processos produtivos, e estimula o aumento da reutilização e da reciclagem (SCHOMMER, 2009).

Gliessman (2001) ressalta que a produção agrícola sustentável precisa ser capaz de colher biomassa de um sistema de forma contínua sem comprometer a capacidade desse sistema de se renovar ou ser renovado.

Segundo EHLERS (1999), a agricultura sustentável está relacionada ao manejo e à conservação da base de recursos naturais, bem como à orientação tecnológica e institucional, de modo a garantir a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas das gerações presentes e futuras. Esse modelo de desenvolvimento sustentável resulta na conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, além de não degradar o meio ambiente, sendo tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável. A sustentabilidade ecológica, por sua vez, está vinculada ao uso eficaz dos recursos disponíveis nos diversos ecossistemas, com mínima deterioração ambiental (SACHS, 1989).

O autor Urben (2017) destaca que a indústria de fungos poderá se tornar uma das principais atividades nas áreas rurais devido as altas taxas de utilização de recursos biológicos, ciclo curto de produção, rápido retorno do investimento, uso de pouca terra, mas com alta eficiência produtiva e benefício para o desenvolvimento de outras atividades agrícolas, como fertilização orgânica de diversas culturas e alimentação de animais.

Chang e Wasser (2017) apontam que o cultivo de cogumelos pode ser o precursor da chamada "revolução agrícola branca", nos países em desenvolvimento e em todo o mundo. Isso ocorre porque o cultivo de cogumelos pode melhorar a qualidade do solo de diversas formas, como o controle da erosão, a melhoria da estrutura dos agregados do solo, o aumento da matéria orgânica, a nutrição do solo e até a biorremediação de solos contaminados (ELSAKHAWY *et al.*, 2022). Esse potencial surge do fato de que os cogumelos são capazes de biossintetizar seus próprios alimentos a partir de resíduos agrícolas de diferentes culturas, convertendo subprodutos e resíduos em recursos valiosos (CHANG; WASSER, 2017).

Assim, os cogumelos têm o potencial de atuar como agentes de promoção de um crescimento econômico mais equitativo, oferecendo benefícios significativos para o bem-estar humano em níveis locais, nacionais e regionais. Eles apresentam um grande potencial para gerar um impacto socioeconômico positivo, tanto na geração de emprego, quanto na melhoria da qualidade de vida das comunidades (MILES; CHANG, 2004).

3.8 BIOPROCESSOS E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA.

Os Bioprocessos desempenham um papel fundamental nas indústrias modernas, principalmente no contexto da sustentabilidade e da inovação tecnológica. São operações realizadas por agentes biológicos, como microrganismos, enzimas ou células vegetais e animais para realizar transformações químicas e biológicas. Esses processos são essenciais para o tratamento de matérias-primas ou resíduos, transformando-os em produtos com valor agregado, ao mesmo tempo que reduzem o impacto ambiental das atividades industriais. (PEREIRA JR; BON; FERRARA, 2008). Os resíduos agroindustriais, como bagaço e cascas, são frequentemente descartados em aterros devido a custos de transporte e restrições sanitárias. No entanto, esses materiais podem ser aproveitados como matérias-primas em Bioprocessos, oferecendo uma solução ambiental e econômica ao reduzir a necessidade de disposição e gerar produtos de alto valor agregado. Esses resíduos são utilizados como fonte de carbono para micro-organismos e também são aplicados na produção de biocombustíveis (etanol e biodiesel), e em áreas alimentícias como no cultivo de cogumelos comestíveis, aditivos alimentares, enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos contribuindo para uma cadeia produtiva sustentável. (WOICIECHOWSKI *et al.*, 2013)

O cultivo de cogumelos, derivado de um Bioprocessos que utiliza resíduos lignocelulósicos como substrato, apresenta uma alternativa econômica e rentável, especialmente para pequenas empresas familiares em áreas rurais com excesso de resíduos agrícolas e florestais, gerando emprego e complementando a renda (CELIK; PEKER, 2009). Além disso, utiliza resíduos de outras atividades, tornando o processo sustentável. O mercado de cogumelos está em expansão, impulsionado pela demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis, com oportunidades tanto no mercado interno quanto externo, incluindo exportações. Incentivos governamentais,

mudanças nas políticas agrícolas e avanços tecnológicos podem beneficiar o setor, aumentando a eficiência da produção e ampliando o acesso aos mercados internacionais (CELIK; PEKER, 2009).

A utilização do cogumelo como farinha oferece aos produtores uma nova perspectiva sustentável e de alto valor agregado. E para viabilizar essa produção e direcionar os produtores é necessário a utilização da análise técnico-econômica. Essa análise avalia a viabilidade de um projeto, considerando aspectos técnicos e econômicos. Ela é feita pela divisão dos custos em duas categorias: despesas de capital (CAPEX) que incluem ativos fixos e despesas operacionais (OPEX) que abrangem preços de matéria-prima, serviços públicos, salários de operadores e despesas semelhantes do dia a dia (LYNCH, 2021). Através da estimativa dos custos, é possível realizar a análise de sensibilidade do processo e gerar os indicadores econômicos como, preço de venda, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) e payback (MENDES, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COGUMELO

As amostras de cogumelo shimeji de cor branca foram obtidas de um produtor comercial de pequeno porte, localizado na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo. Para o cultivo, foi utilizado um substrato composto por 55% de bagaço de cana-de-açúcar e 45% de palha de cereais, que foi acondicionado em sacos plásticos perfurados, próprios para o desenvolvimento do micélio e a frutificação dos cogumelos. O período de incubação no substrato variou de 15 a 20 dias, após esse período surgiram os corpos de frutificação. Como as amostras estavam *in natura*, foram transportadas em caixa térmica até o Instituto IBILCE – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – Câmpus de São José do Rio Preto, da Universidade Estadual Paulista (Unesp).

4.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL DA FARINHA E DO COGUMELO SHIMEJI

Os teores de proteína, umidade e cinzas do cogumelo e da farinha foram determinados de acordo com as normas da AOAC (1997) e todas as determinações foram realizadas em triplicata. A determinação de umidade foi realizada, por gravimetria, por meio de estufa de secagem com circulação de ar forçado a 105°C, até peso constante. A determinação de cinzas foi realizada por gravimetria por incineração em mufla a 550°C, até as cinzas estarem brancas ou acinzentadas e sem pontos de oclusão. A determinação de proteínas foi realizada pelo método Kjeldahl e para a conversão do teor de nitrogênio em proteína foi utilizado o fator de 4,38 para basidiomiceto (MANZI *et al.*, 1999). A determinação do teor de lipídeos foi realizada conforme o método de Bligh e Dyer (1959), utilizando-se 3 g de amostra, tanto do cogumelo *in natura* quanto da farinha de cogumelo. Para a amostra da farinha, foram utilizados 20 mL de metanol, 10 mL de clorofórmio e 8 mL de água destilada, na proporção de (2:1:0,8). Já para o cogumelo *in natura*, com teor de umidade superior a 10%, foi aplicada a proporção modificada de (1:2:0,8), sendo 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água, respectivamente, ajustada com base no alto teor de umidade da amostra.

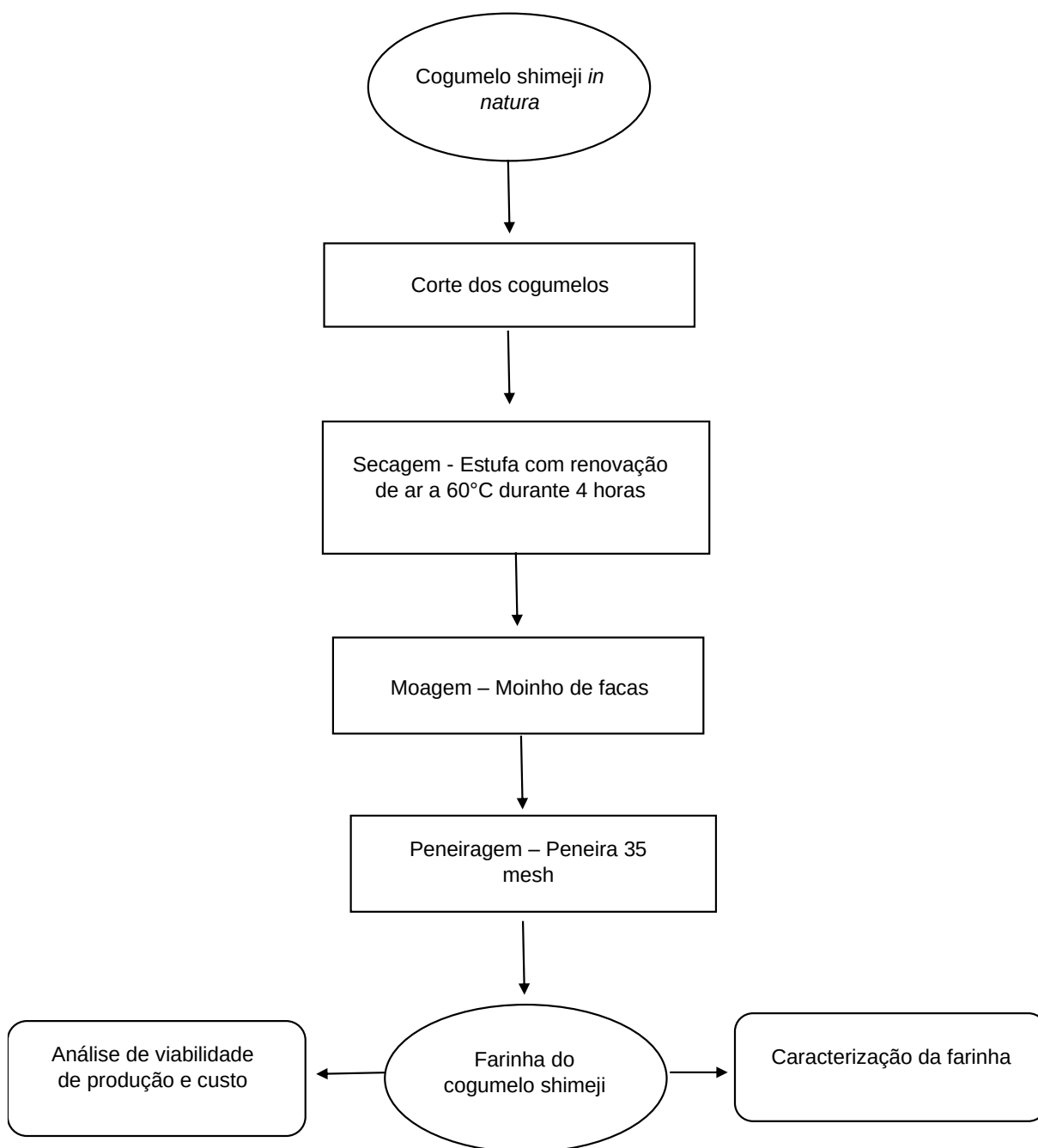
4.3 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AMINOÁCIDOS DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI.

As análises de aminoácidos foram realizadas pelo laboratório C.B.O. Ltda, de Valinhos – SP. A concentração foi determinada de acordo com os métodos descritos por Hagen, Frost, Augustin (1989), White, Hart, Fry (1986) e Lucas Sotelo (1980). As análises de aminoácidos foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando um sistema Alliance 2695 da marca Waters, equipado com detector UV modelo 2489, operando a 254 nm. A separação foi realizada em coluna de fase reversa Infinity Poroshell 120 RC-C18. A fase móvel foi composta por dois eluentes: o Eluente A (0,46% de acetato de sódio trihidratado e 6% de acetonitrila) e o Eluente B (0,20% de acetato de sódio trihidratado e 60% de acetonitrila). O método baseou-se na hidrólise ácida da amostra com HCl 6 N por 24 horas, seguida de derivatização pré-coluna com fenilisotiocianato (PITC), e posterior separação e quantificação dos aminoácidos. A quantificação foi realizada com uso de padrões externos e internos (Sigma-Aldrich), sendo o padrão externo composto por 18 aminoácidos e o padrão interno pelo ácido α -aminobutírico 99%. A identificação dos aminoácidos foi feita por comparação dos tempos de retenção com os padrões.

4.4 DESENVOLVIMENTO DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI

O fluxograma apresentado na Figura 6 descreve o processo de produção da farinha. Os cogumelos foram inicialmente triturados (Figura 7) em pedaços menores em um moinho de facas e posteriormente, dispostos em bandejas. A secagem foi realizada em uma estufa de secagem com circulação de ar forçado a 60 °C por 4 horas. Após a secagem, os cogumelos secos foram moídos em um moinho de facas e em seguida, peneirados através de uma peneira com malha de 35 mesh (0,5 mm), obtendo assim a farinha do cogumelo (Figura 8).

Figura 6 - Fluxograma do processo da farinha



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 - Cogumelo shimeji triturado



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8 - Farinha do cogumelo shimeji



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DA FARINHA DO COGUMELO SHIMEJI

A viabilidade econômica da farinha de cogumelo shimeji foi avaliada por meio do projeto de uma biofábrica de pequeno porte, considerando o volume diário de produção, os equipamentos, materiais, tempo de operação e a mão de obra necessária. Os custos foram organizados entre CAPEX (investimentos iniciais, como equipamentos e instalações) e OPEX (custos operacionais contínuos, como insumos, energia e salários). Com base nessa estrutura, aplicou-se a metodologia de Mendes (2015) para o cálculo de indicadores econômicos: o Valor Presente Líquido (VPL), que estima o retorno descontado ao longo do tempo; a Taxa Interna de Retorno (TIR), que mede a rentabilidade do investimento; o Payback, que indica o tempo necessário para recuperar o capital investido; e o preço mínimo de venda, que corresponde ao valor mínimo por quilo de farinha necessário para cobrir os custos e garantir a viabilidade. Por fim, foi realizada uma análise de sensibilidade com base na variação do preço de venda por quilo da farinha, avaliando-se seus impactos sobre os principais indicadores econômicos do projeto: VPL, TIR e Payback.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO COGUMELO FRESCO E DA FARINHA DE SHIMEJI

Em relação à caracterização da farinha e do cogumelo fresco, os parâmetros avaliados foram umidade, cinzas, lipídeos e proteína. Os resultados dos valores médios, expressos em base seca, juntamente com seus respectivos desvios-padrão, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização da farinha e do cogumelo shimeji fresco

Amostra de cogumelo	Umidade (%)	Cinzas (%) (b.s)	Lipídeos (%) (b.s)	Proteína (%) (b.s)
Fresco	90,06 ± 0,4	8,05 ± 0,1	7,44 ± 0,1	35,71 ± 0,5
Seco (Farinha)	6,55 ± 0,5	6,75 ± 0,0	2,76 ± 0,1	24,99 ± 2,4

Legenda: bs - base seca.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores de desvio-padrão observados para os componentes avaliados, tanto na farinha quanto no cogumelo shimeji fresco, foram baixos, indicando boa reprodutibilidade dos dados. Os coeficientes de variação (CV%) permaneceram abaixo de 10% para todos os parâmetros, caracterizando precisão ótima, conforme classificação de Ferreira (1991). Tais resultados, reforçam a confiabilidade dos procedimentos analíticos adotados, uma vez que, segundo Oliveira (2017), baixos desvios-padrão indicam uniformidade e consistência nas medições.

O teor de umidade médio para o shimeji fresco encontrado neste trabalho foi de 90,06%, valor próximo ao observado por Bano, Srinivasan e Srivastava (1963) para o *Pleurotus flabellatus*, que apresentaram 90,95% de umidade. Segundo Valverde, Hernández-Pérez e Paredes-López (2015), cogumelos frescos geralmente apresentam um teor de umidade elevado, variando entre 80% e 95%. De acordo com Bano e Rajarathnam (1988), esse teor pode variar em função de fatores como o período pós-colheita, a temperatura, a umidade relativa do ar durante o crescimento, o tempo e a forma de armazenamento.

Para o cogumelo seco (farinha), o teor de umidade obtido neste estudo foi de (6,6%), valor inferior ao reportado por Tolera e Abera (2017), que encontraram (7,99%) em *Pleurotus ostreatus* submetido a secagem em estufa a 60 °C. Biao *et al.* (2019) relataram 8,5% de umidade na farinha de *Pleurotus eryngii*, que foi liofilizada a 40 °C por 8 horas com pressão de câmara de 100 Pa. O teor de umidade da farinha de cogumelo shimeji está em conformidade com a RDC nº 263 (BRASIL, 2005), que estabelece limite máximo de 15% de umidade para farinhas. Teores de umidade mais baixos são desejáveis, pois contribuem para a inibição do crescimento microbiano e aumento da vida útil do produto.

A Tabela 4 apresenta os teores de proteína relatados na literatura para cogumelos do gênero *Pleurotus*, cultivados em diferentes substratos. No presente estudo, o teor de (35,71%) de proteína no cogumelo (base seca) é semelhante ao valor máximo observado por Rios-Hurtado, Torres-Torres e Medina-Rivas (2003), que cultivaram *Pleurotus sajor-caju* em quatro diferentes substratos, serragem de madeira, casca de milho, folhas de bananeira e casca de arroz e obtiveram teores de proteína variando entre 14,69% e 38,13%. De modo semelhante, Manzi *et al.* (1999) reportaram uma ampla variação no teor de proteína, entre 19,93% e 34,73%, para diferentes espécies de cogumelos (*P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii* e *L. edodes*), cultivadas em um mesmo composto à base de palha de trigo acrescida de 15% de beterraba sacarina.

Os dados da Tabela 4, evidenciam uma ampla faixa de variação nos teores de proteína observados entre esses estudos, essa variabilidade pode ser atribuída a uma combinação de fatores, como a espécie ou linhagem do cogumelo, as condições ambientais de cultivo (incluindo temperatura, umidade e luminosidade), o estágio de desenvolvimento no momento da colheita, o intervalo entre colheita e análise, o método analítico empregado, e, sobretudo, a composição do substrato utilizado o qual é um fator amplamente reconhecido como determinante na composição nutricional dos cogumelos (SINGH, 2017).

Tabela 4 - Teores de proteína (%) em cogumelos do gênero *Pleurotus* cultivados em diferentes substratos (base seca)

Autor(es)	Espécie	Teor de proteína (%)	Substrato utilizado
-----------	---------	----------------------	---------------------

Este trabalho	<i>P. ostreatus</i> (shimeji)	35,71	Bagaço de cana-de-açúcar e palha de cereais
Rios-Hurtado Torres-Torres e Medina-Rivas. (2003)	<i>P. sajor-caju</i>	14,69 – 38,13	Serragem de madeira, casca de milho, folhas de bananeira e casca de arroz.
Manzi <i>et al.</i> (1999)	<i>Pleurotus spp.</i>	19,93 – 34,73	Palha de trigo, adicionada com 15% de beterraba sacarina.

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Akyüz e Kirbag (2010), os *Pleurotus ostreatus* são considerados uma boa fonte de proteína e os teores de proteína podem variar de acordo com a estrutura genética das espécies e diferenças físicas e químicas no meio de cultivo. Quanto ao teor de proteína da farinha 24,99% (base seca) obtido nesse trabalho, demonstrou ser superior ao relatado por Biao *et al.* (2019) para a farinha do cogumelo *Pleurotus eryngii* 19,1% e igual ao encontrado por Tolera e Abera (2017) para farinha de *P. ostreatus*, de 24,99%. Esses resultados demonstram o potencial de utilização da farinha de cogumelo como fonte proteica em formulações alimentares, pois farinhas proteicas podem ser incorporadas a produtos alimentícios com a finalidade de aumentar seu valor nutricional e conferir atributos funcionais específicos desejados (BOYE; ZARE; PLETCH, 2010).

Já para os lipídeos do cogumelo fresco, foi encontrado um teor de (7,4%), acima do teor obtido no estudo de Furlani e Godoy (2007), de (4,7%). Porém, teor similar foi observado por Carrasco-González *et al.* (2017) no seu estudo sobre a composição nutricional e propriedades nutraceuticas do gênero *Pleurotus*, quando relatou (7,6%) de lipídeos para *P. ostreatus* fresco. Em relação à farinha obtida neste estudo, o teor de lipídeos foi de 2,76%, superior aos valores encontrados por Biao *et al.* (2019) para a farinha de *P. eryngii* (1,3%) e por Fernandes *et al.* (2015) para *P. ostreatus* (1,68%). Vasconcelos (2021), ao desenvolver e caracterizar farinha de *P. eryngii* para aplicação em barras de cereal, relatou um teor de lipídeos de (1,97%). Já Tolera e Abera (2017) obtiveram valor semelhante ao deste estudo para a farinha de *P. ostreatus*, com (2,12%) de lipídeos. As cinzas apresentaram o valor de (6,75%) para a farinha, valor menor ao encontrado por Tolera e Abera (2017) que foi de (11,06%) de cinzas. Fonseca *et al.*, (2017) relataram (9,52%) de cinzas para o *P.*

ostreatus seco comercial moído. Já para as cinzas do cogumelo fresco que foi de (8%) está dentro do intervalo relatado por Carrasco-González *et al.* (2017) que foi de (4,1% a 15,9%)

É possível perceber que houve diferença nos componentes do cogumelo fresco e na farinha do cogumelo, isso ocorre devido ao processo de secagem, pois ele reduz a água livre nos alimentos resultando na concentração dos nutrientes (OYINLOYE; YOON, 2020; CELESTINO, 2010). A remoção da água é de extrema importância pois dessa forma previne que os microrganismos responsáveis pela decomposição do alimento cresçam e se reproduzam (AFOLABI, 2014; OYINLOYE; YOON, 2020). No entanto, como esse processo se dá de forma convencional que se utiliza de altas temperaturas é possível que ocorra a degradação e a oxidação de alguns nutrientes resultando em perdas que são inevitáveis durante o processo de secagem (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006; HAMEED *et al.*, 2023). Além disso, o corte do cogumelo em pedaços menores aumenta a superfície de exposição, o que pode ativar a enzima polifenoloxidase e resultar em um leve escurecimento na cor da farinha como o que foi observado nesse trabalho (Figura 7) (CELESTINO, 2010). Por isso, para que a secagem seja eficaz e estenda a vida útil do cogumelo, geralmente são aplicadas temperaturas de 55 a 60°C até que o teor de umidade fique abaixo de 10–12% contribuindo para a conservação e prolongamento da vida útil do cogumelo sem comprometer a sua qualidade ou valor nutricional (YAPAR; HELVACI; PEKER, 1990). Com isso, devido à coloração mais escura obtida na farinha nesse estudo, suas aplicações podem ser influenciadas ou até limitadas em formulações alimentícias que requerem tonalidades mais claras. Contudo, essa característica pode ser aproveitada em produtos nos quais a cor escura seja aceitável ou até desejável, ampliando, assim, as possibilidades de uso da farinha. Considera-se ainda que a adoção de um teor de umidade final ligeiramente mais elevado, podendo chegar até 10% (YAPAR; HELVACI; PEKER, 1990), desde que seguro para armazenamento, poderia representar uma alternativa para reduzir o tempo total de secagem. Essa estratégia auxiliaria na obtenção de uma coloração mais clara da farinha, além de preservar suas características sensoriais.

5.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DO COGUMELO SHIMEJI

Os resultados para a composição dos aminoácidos estão expressos na Tabela 5. Conforme descrito, o ácido glutâmico (1,70 g/100 g) apresentou o maior valor entre os aminoácidos não essenciais, seguido do ácido aspártico (1,25 g/100 g). A elevada presença desses aminoácidos pode estar associada a sua função como precursores na biossíntese de outros aminoácidos, pois eles contribuem de forma significativa para o sabor umami, característico de alimentos como os cogumelos (AKINDAHUNSI; OYETAYO, 2006; TSENG; MAU, 1999). O ácido glutâmico, que é um agente anticancerígeno, é o aminoácido livre total mais alto nos cogumelos (SATO; AOYAGI; SUGAHARA, 1985). O triptofano contribui com (0,23 g/100 g) e está entre um dos que apresentaram menores valores, considerado o aminoácido mais limitante na maioria das fontes proteicas, sendo responsável por 1-1,5% do total de aminoácidos encontrados em alimentos vegetais e proteínas animais (PETERS, 1991). Apesar disso, sua presença, juntamente com a fenilalanina e a tirosina, é relevante, pois esses são aminoácidos aromáticos essenciais que exercem funções importantes no organismo, atuando como precursores de neurotransmissores (BACH *et al.*, 2017).

No trabalho desenvolvido por Neves (2014) para a produção de proteases coagulantes por espécies de *Pleurotus* cultivadas em resíduos vegetais da Amazônia, o *Pleurotus florida* apresentou valores superiores aos encontrados neste estudo para triptofano (0,41 g/100 g), valina (1,52 g/100 g), isoleucina (1,19 g/100 g) e leucina (1,85 g/100 g). No entanto, Mdachi *et al.* (2004), ao estudarem o *Pleurotus sajor-caju*, encontraram um valor inferior para leucina (0,46 g/100 g), embora o valor para triptofano (0,41 g/100 g) tenha sido superior ao observado neste estudo. Já Bach *et al.* (2017), ao investigarem cogumelos comestíveis como fonte potencial de aminoácidos essenciais, reportaram valores próximos para o *P. ostreatus* branco, como triptofano (0,24 g/100 g) e metionina (0,37 g/100 g), além de concentrações superiores para isoleucina (0,85 g/100 g), leucina (1,41 g/100 g) e valina (1,36 g/100 g). Para o *P. ostreatus* preto, os autores relataram concentrações ainda mais elevadas, como triptofano (0,32 g/100 g), metionina (0,62 g/100 g), isoleucina (1,27 g/100 g), leucina (2,09 g/100 g) e valina (1,85 g/100 g).

Segundo El Kattan *et al.* (1991), o crescimento e os valores nutricionais dos cogumelos *Pleurotus* dependem principalmente do tipo de substrato e das condições de cultivo, o que pode gerar variações no conteúdo de aminoácidos. No entanto, os resultados deste estudo indicam que a amostra de farinha do cogumelo shimeji apresentou todos os aminoácidos essenciais para o funcionamento do organismo

humano, que devem ser obtidos exclusivamente por meio da alimentação, pois não são sintetizados pelo corpo (GALANTE; DE ARAUJO, 2014). O fato de conter todos os aminoácidos essenciais torna a farinha de cogumelo shimeji uma substituta viável às fontes convencionais de proteína animal, especialmente em dietas vegetarianas, veganas ou com restrição ao consumo de carne, nas quais a ingestão desses nutrientes pode ser mais limitada, uma vez que são predominantemente encontrados em alimentos de origem animal (BACH *et al.*, 2017).

Tabela 5 - Composição dos aminoácidos da farinha de cogumelo shimeji (g/100g de amostra seca)

Aminoácidos	*g/100g
Ácido Aspártico	1,25
Ácido Glutâmico	1,70
Serina	0,57
Glicina	0,59
Histidina*	0,24
Taurina	<0,01(LQ)
Arginina*	0,58
Treonina*	0,52
Alanina	0,95
Prolina	0,5
Tirosina	0,32
Valina*	0,61
Metionina*	0,21
Cistina	0,09
Isoleucina*	0,51
Leucina*	0,70
Fenilalanina*	0,51
Lisina*	0,58
Hidroxiprolina	<0,01(LQ)
Triptofano*	0,23

*Aminoácidos essenciais.
Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 INFLUÊNCIA DO MEIO DE CULTIVO NA QUALIDADE NUTRICIONAL DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI

O meio de cultivo exerce influência direta sobre a composição nutricional da farinha de cogumelo, sendo, portanto, um fator importante para o aproveitamento funcional da farinha em formulações alimentícias. A aplicação da farinha de cogumelo está diretamente associada ao substrato utilizado, pois ele afeta significativamente o crescimento e desenvolvimento do shimeji, bem como sua qualidade e características nutricionais. Como demonstra o estudo realizado por Condé, Oliveira e Oliveira (2017) que avaliaram a absorção de ferro em cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus* cultivados em bagaço de cana-de-açúcar e posteriormente transformados em farinha. Nesse experimento, o ferro (FeSO_4) foi adicionado ao substrato em seis dosagens (0; 0,5; 1; 2; 5 e 10 mg/kg), observou-se um aumento nos teores de ferro, cálcio e proteína nos cogumelos. Embora o teor proteico tenha aumentado em função das doses de ferro aplicadas, a dose de 1,0 mg/kg foi a que apresentou os melhores resultados médios para os teores desses nutrientes, indicando que doses maiores não proporcionaram incrementos adicionais significativos.

Silva *et al.* (2007) avaliaram o teor de proteína dos corpos de frutificação do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* cultivado em substratos à base de capim coast-cross (*Cynodon dactylon*), bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo, suplementados com diferentes concentrações de nitrogênio (0,65%, 0,85%, 1,30%, 1,75% e 2,20%). Os substratos foram preparados com uma mistura padronizada de capim coast-cross e bagaço de cana-de-açúcar em partes iguais, acrescida de 10% de farelo de trigo. A variável experimental foi a suplementação com ureia, em diferentes concentrações, visando atingir os níveis desejados de nitrogênio. O substrato com 1,30% de nitrogênio apresentou os melhores resultados, promovendo a produção de cogumelos com maior teor de proteína (de 17,1% para 28,0%), cinzas (de 4,53% para 6,40%) e fibra bruta (de 3,84% para 4,70%), além de menor porcentagem de lipídeos (de 2,50% para 1,91%), quando comparado aos substratos com menores níveis de nitrogênio. Por outro lado, os substratos com 1,75% e 2,20% de nitrogênio impediram a colonização do micélio de *P. sajor-caju*, indicando que concentrações elevadas de nitrogênio podem ser inibitórias ao desenvolvimento do fungo.

Wang, Sakoda e Suzuki (2001) demonstraram, por exemplo, que ao utilizar resíduo de cervejaria como substrato para o cultivo de *Pleurotus ostreatus*,

suplementado com farelo de trigo, arroz, aveia, milho e resíduo de soja, resultando em uma variação no índice proteico de 41,5% e 53,3% de proteína no cogumelo.

Nesse contexto, outros autores, como Curvetto *et al.* (2002), suplementaram o cultivo de *P. ostreatus* com farinha de casca de semente de girassol, ajustando a relação carbono/nitrogênio por meio da adição de Mn^{2+} e NH_4^+ como fontes minerais. Essa estratégia resultou em um aumento significativo na produtividade, com valores até 100% superiores aos observados no controle. A produtividade cumulativa variou de 1,2 a 3,0 kg de cogumelos por 100 kg de substrato por dia, dependendo da linhagem utilizada. Esses resultados indicam que a suplementação mineral adequada não apenas acelera o crescimento do micélio, como também aumenta a eficiência biológica e o rendimento final dos cogumelos. Portanto, a escolha adequada do substrato, influencia tanto a composição nutricional dos cogumelos quanto a eficiência biológica do cultivo, conforme ilustrado na Tabela 6. A eficiência biológica representa a relação entre a massa de cogumelos frescos produzidos e a quantidade de substrato úmido utilizado. Esse indicador é essencial para avaliar o rendimento produtivo, pois revela a capacidade do substrato em ser convertido em biomassa fúngica com valor comercial. Uma alta eficiência biológica está diretamente associada a maior produtividade, menor desperdício de matéria-prima e melhor aproveitamento de resíduos agroindustriais, favorecendo a redução de custos e promovendo um sistema de cultivo mais econômico e ambientalmente sustentável (STEFFEN *et al.*, 2020).

Tabela 6 - Tipos de substratos utilizados para o cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Espécie	Substrato	Eficiência Biológica %	Referência
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	Palha de arroz, palha de trigo e grama.	109,3 - 61,3 - 49,90	Singh (2000)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Grãos de cerveja + palha de trigo.	66.2	Iwase, Umezawa e Masuda (2000)

<i>P. ostreatus</i>	Serragem de eucalipto (50%), grãos de arroz sem valor comercial (20%), casca de arroz (20%) e vermicomposto (10%).	27,84	Steffen <i>et al.</i> (2020)
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	Resíduo do beneficiamento têxtil do algodão.	55,76	Castro <i>et al.</i> (2007)

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 POTENCIAL NUTRICIONAL DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI: VIABILIDADE DE APLICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO EM PREPARAÇÕES ALIMENTARES

A FAO (Food and Agriculture Organization) e a OMS (Organização Mundial da Saúde) recomendam valores específicos para a ingestão diária de aminoácidos essenciais, conforme apresentado na Tabela 7. Embora, a farinha de cogumelo shimeji não atenda integralmente a todas essas recomendações, suas concentrações se aproximam consideravelmente aos valores de referência. É importante ressaltar, que a dieta humana é composta por uma variedade de alimentos, que em conjunto garantem o suprimento adequado de nutrientes.

Tabela 7 - Concentração de aminoácidos essenciais na farinha de cogumelo shimeji (*Pleurotus ostreatus*) em comparação às recomendações da WHO/FAO/UNU (em mg/g de proteína)

Grupos	Criança (6 meses a 3 anos)	Criança mais velha, adolescente, adulto	Farinha do cogumelo
Histidina	20	16	10
Isoleucina	32	30	20,4
Leucina	66	61	28,01
Lisina	57	48	23
SAA ¹	27	23	12
AAA ²	52	41	33

Treonina	31	25	21
Triptofano	8,5	6,6	9,2
Valina	6,6	40	24,41

¹ SAA Aminoácidos de Enxofre: (cisteína + metionina). ² AAA Aminoácidos Aromáticos: (fenilalanina + tirosina)

* WHO/FAO/UNU. World Health Organization and the Food and Agriculture Organization (2007).

Fonte: Elaborado pela autora.

Em razão disso, estudos utilizando a farinha de cogumelo *P. ostreatus* estão sendo realizados na literatura como alternativa para o desenvolvimento de alimentos enriquecidos, substituição de ingredientes ou de proteína animal em alimentos.

No presente trabalho, os termos “farinha” e “pó” de cogumelo, são utilizados como sinônimos, referindo-se ao produto obtido após a secagem e moagem dos cogumelos.

As farinhas de cogumelo podem ser utilizadas como ingredientes funcionais no desenvolvimento de alimentos, por contribuírem para a melhoria da qualidade proteica, além de aumentarem o teor de fibras e minerais, oferecendo ainda propriedades funcionais adicionais (GONZÁLEZ *et al.*, 2020). Podem ser incorporadas também como ingredientes e condimentos em produtos alimentícios processados, como pães, bolos, biscoitos e derivados lácteos (MOON; LO, 2013).

Com isso, a farinha de cogumelos, especialmente das espécies do gênero *Pleurotus*, pode ser utilizada como ingrediente em alimentos que tradicionalmente utilizam farinhas vegetais, como pães, biscoitos, muffins, tortilhas, massas, macarrão e mingaus, contribuindo para o aumento do teor de proteínas e fibras (ADEBAYO-OYETORO *et al.*, 2010). Parvin *et al.* (2018) demonstraram que o desenvolvimento de um macarrão enriquecido com 5% de pó de cogumelo *P. ostreatus* resultou em aumento significativo nos teores de proteína, fibra, cálcio e potássio, em a comparação uma amostra comercial. De forma semelhante, Sandri, Bastiani e Piemolini-Barreto (2012) observaram que a adição de 1 a 5% de pó de *Agaricus blazei* em chocolate branco promoveu o enriquecimento com fibras, proteínas e compostos antioxidantes, sem comprometer significativamente as propriedades sensoriais do produto. No estudo conduzido por Lu *et al.* (2018), a incorporação de pó de cogumelos shiitake seco e cogumelo porcini fatiado em massas alimentícias frescas, nas proporções de 5%, 10% e 15%, demonstrou promover um expressivo enriquecimento nutricional do produto. Em comparação à massa controle, elaborada exclusivamente com sêmola de trigo duro, observou-se um aumento nos teores de proteína (de 6,23 para até 7,83

g/100 g), de fibra alimentar solúvel (de 1,07 para 2,63 g/100 g) e de fibra insolúvel (de 2,10 para 5,49 g/100 g), bem como, a adição do pó reduziu a resposta glicêmica potencial e promoveu um aumento na capacidade antioxidante da massa.

Além disso, Ng *et al.* (2017) realizou um estudo com o pó de *Pleurotus sajor-caju* adicionado em biscoitos, nas concentrações de 0% (controle), 4%, 8% e 12%, a adição de 8% de pó de cogumelo, aumentou o teor de fibras no biscoito de 3,37% para 8,62% e diminuiu o índice glicêmico in vivo por causa da estrutura dos grânulos de amido que foi alterada, com a adição da fibra, resultando em uma menor taxa de digestão. A adição de 8% de farinha não comprometeu a aparência, a crocância, o sabor e a aceitação geral dos biscoitos, podendo ser considerada adequada para manter a qualidade sensorial do produto.

5.5 APLICAÇÃO DA FARINHA DE *PLEUROTUS SPP.* COMO SUBSTITUTO DE SAL COMUM E PROTEÍNAS ANIMAIS

Uma das substituições possíveis, é a troca do sal comum (NaCl) pelo o glutamato monossódico, sal sódico do ácido glutâmico, o aminoácido mais abundante encontrado nesse estudo para a farinha do cogumelo shimeji. Esse aminoácido faz parte dos compostos umami, assim como o ácido aspártico e 5'-nucleotídeos, característicos dos cogumelos, os quais tem potencial de realçar os sabores dos alimentos (SUN *et al.*, 2020). Devido a esses compostos umami, os cogumelos se tornam capazes de atenuar as reduções de sódio na questão do sabor geral do alimento (ZHANG *et al.*, 2013).

De acordo com Halim *et al.* (2020) a quantidade de sódio no glutamato monossódico (12,28 g/100 g) é aproximadamente um terço do sódio no sal (39,34 g/100 g), o que o torna uma alternativa promissora ao sal em estratégias de redução de sódio. Ademais, o glutamato monossódico é classificado pela Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos como uma substância “Geralmente Reconhecida como Segura” e tendo como nível de utilização de 0,1% a 0,8% por peso total do alimento final como aditivo alimentar. No Brasil, a resolução RDC nº 725, que dispõe sobre os aditivos alimentares, considera o glutamato monossódico como seguro e estabelece que a quantidade deve ser "*quantum satis*", que significa "quanto baste" (BRASIL, 2022)

No estudo conduzido por Cerón-Guevara *et al.* (2019) foram desenvolvidas quatro formulações de patês cárneos com o objetivo de substituir 50% da gordura e do sal, por meio da adição de farinhas dos cogumelos *Agaricus bisporus* (Ab) e *Pleurotus ostreatus* (Po), previamente hidratadas com água. As farinhas foram incorporadas nas proporções de 7,5% (Ab50 e Po50), hidratadas em relação 50/50 (p/p), e 10% (Ab70 e Po70), hidratadas em 70/30 (p/p), a fim de manter o peso total da substituição equivalente ao da formulação controle. Essa substituição resultou em significativa redução dos teores de gordura e sódio nos produtos finais. O teor de gordura, inicialmente de 24,48 g/100 g na amostra controle, foi reduzido para valores entre 13,04 e 14,18 g/100 g, representando uma redução de até 46,7%. Da mesma forma, o teor de sódio diminuiu de 992,36 mg/100 g para valores entre 555,55 e 642,16 mg/100 g, o que equivale a uma redução de até 44% de sódio no produto final.

Botella-martínez *et al.* (2023) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos da utilização de farinhas obtidas de *P. ostreatus*, *A. bisporus*, *A. brunnescent* como substitutos do sal nas propriedades químicas, físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina, com 75% de substituição de cloreto de sódio por farinha desses cogumelos. Como resultado, obtiveram redução do teor de sódio entre 55% e 61%. Sensorialmente, todos os parâmetros analisados não foram afetados pela substituição do cloreto de sódio pelas diferentes farinhas de cogumelos.

Além da substituição do sal e de o teor de sódio, as farinhas também são viáveis para a substituição das proteínas animais. Neste contexto, o estudo realizado por Wan Ishak e Solihah (2012) teve como objetivo avaliar a adição de diferentes concentrações de pó *P. sajor-caju* nas características físico-químicas e sensoriais dos hambúrgueres. Os resultados mostram que a adição de 25% do pó de cogumelo resultou na diminuição de gordura do hambúrguer de 13,38 para 12,07 g por 100 g. A adição de 50% (9,95 g/100g) de pó, teve a maior concentração de fibra total em comparação com os 25% (7,00 g/100g) e o controle (3,90/100g). O hambúrguer com substituição de 25% da carne por pó de *Pleurotus sajor-caju* apresentou o maior rendimento de cozimento (76,62%) em comparação ao hambúrguer controle (sem adição de farinha) e o com adição de 50% de farinha. E as formulações com 25% e 50% de substituição pelo pó de cogumelo não apresentaram diferenças significativas nos atributos sensoriais, aroma, cor, elasticidade, suculência, sabor e aceitabilidade geral em relação as amostras controle. As adições foram benéficas no quesito

nutricional, além de terem sido bem aceitas pelos consumidores e ainda proporcionar uma redução de custos da formulação desses hambúrgueres.

5.6 SUBSTITUIÇÃO DE FARINHAS VEGETAIS TRADICIONAIS PELA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI

Atualmente, produtos disponíveis no mercado que utilizam farinhas vegetais tradicionais, na formulação de alimentos, podem ser substituídos pela farinha de cogumelo shimeji especialmente quando o objetivo é aumentar a ingestão de proteínas e melhorar o perfil de aminoácidos da dieta. Estudos como o de Krumina-Zemture, Beitane e Gramatina (2016) analisaram a composição de aminoácidos da farinha de ervilha, identificando os seguintes valores para alguns aminoácidos essenciais (g/100 g de farinha): isoleucina (0,41), valina (0,42) e triptofano (0,23). Em comparação, a farinha de cogumelo shimeji apresenta isoleucina (0,51), valina (0,61), triptofano (0,23) e leucina (0,70), evidenciando concentrações mais elevadas desses aminoácidos essenciais com exceção do triptofano, que apresenta valor equivalente. O estudo de Canniatti-Brazaca (2006) demonstrou que a farinha de ervilha contém 24% de proteína. Da mesma forma, segundo Mokni Ghribi *et al.* (2015), a farinha de grão-de-bico apresenta teores proteicos de 24,51% no tipo Kabuli e 20,29% no tipo Desi. Os valores apresentados nesses estudos são similares ao da farinha de cogumelo shimeji, que contém 24,99% de proteína. Por outro lado, quando comparada à farinha de soja, que apresenta teor proteico de 37%, conforme o estudo de Javed *et al.* (2024), a farinha de cogumelo shimeji possui um conteúdo inferior. Apesar disso, os dados indicam que a farinha de cogumelo shimeji pode ser considerada uma fonte proteica equivalente às farinhas de ervilha e grão-de-bico, amplamente utilizadas como alternativas vegetais de proteína.

Ainda, segundo o estudo de Cruz-Solorio *et al.* (2018) as farinhas de *P. ostreatus* apresentam uma boa propriedade de gelificação e são adequadas para a formulação de produtos alimentícios que exigem propriedades espumantes e emulsificantes ou formação de gel. As farinhas ainda possuem alta capacidade de absorção de água, o que indica que as farinhas de *P. ostreatus* podem ser utilizadas como ingredientes em produtos de panificação e cárneos (MAO; HUA, 2012). Ademais, as proteínas dos cogumelos têm alta estabilidade térmica e de pH (ERJAVEC *et al.*, 2012).

Nesse contexto, outra propriedade relevante a ser considerada é a digestibilidade da proteína, a qual está associada à fração de proteína absorvida pelo organismo após o processo digestivo. Assim, quanto maior a taxa de digestibilidade, mais eficientemente a proteína pode ser utilizada (BHUTTA; SADIQ; AGA, 2013). Lavelli et al. (2018) relataram que a digestibilidade das proteínas dos cogumelos varia de 60% a 70%. Schimbator *et al.* (2020) relataram 68,2% para *Pleurotus*. Longvah e Deosthale (1998) determinaram, em seu estudo com o cogumelo shiitake, uma digestibilidade de 76%, valor próximo ao relatado para a ervilha, que apresenta 73,5% de digestibilidade (CANNIATTI-BRAZACA, 2006).

Com base nisso, Moura *et al.* (2022), em seu estudo sobre fontes alternativas de proteínas de origem algal, fúngica e de insetos, destacam que, embora as proteínas vegetais já constituam uma categoria consolidada de alternativas às proteínas convencionais, ainda há espaço para a inclusão de outras fontes menos exploradas. A partir dessa perspectiva ao se considerar não apenas os aspectos nutricionais, mas também os impactos ambientais, observa-se que a produção de proteínas vegetais acarreta diversas problemáticas, uma vez que o aumento da produção desses alimentos, nos últimos anos, está associado à intensificação do uso de genótipos melhorados, fertilizantes, pesticidas e grandes volumes de água (KOPITKE *et al.*, 2019). A produção intensiva de grãos implica na poluição do solo, poluição da água, desmatamento, fertilização excessiva e o uso de pesticidas e outros produtos químicos tóxicos (MÜNZEL *et al.*, 2023). O resíduo desses produtos está no ar, na água, no solo e nos alimentos, resultando em possíveis riscos à saúde dos consumidores devido a essa exposição (KIM; KABIR; JAHAN, 2017). Além das questões ambientais, a soja é reconhecida como uma das fontes alimentares alergênicas mais comum e por isso exige rotulagem específica de alérgenos alimentares (VERMA *et al.*, 2013). Em virtude disso, um estudo recente realizado por Abu Risha *et al.* (2024) mostra que as leguminosas, como ervilha, grão-de-bico, lentilha e tremoço, que vêm sendo consumidas devido a crescente tendência de dietas veganas como substitutas de proteínas de origem animal, são potencialmente novas fontes importantes de alérgenos, causando reações alérgicas que variam de leves a graves.

Por outro lado, o cogumelo *P. ostreatus* cresce em substratos orgânicos como os resíduos agrícolas, então não necessitam de terra para serem cultivados, o que ajuda a evitar os problemas relacionados à agricultura, além de amenizar as questões

com o descarte incorreto de resíduos de indústrias agrícolas, florestais e de processamento de alimentos que é uma das fontes poluentes existentes quando não são geridos corretamente. A utilização desses resíduos pode beneficiar os agricultores, aumentando sua renda e promovendo práticas mais sustentáveis. (GONZÁLEZ *et al.*, 2020, PANDEY *et al.*, 2018). O estudo de Sadiq *et al.* (2018) demonstrou que, após o cultivo dos cogumelos, o substrato usado no cultivo do *Pleurotus ostreatus* pode ser reaproveitado para remover poluentes, como o pesticida hexaclorociclohexano, do solo contaminado. O micélio presente no substrato ajuda a degradar essas substâncias tóxicas. Outra questão importante, é a comparação aspectos de cultivo do cogumelo em relação a outras fontes proteicas, como as leguminosas. A produção dos cogumelos do gênero *Pleurotus* ocorrem em ambientes fechados e controlados no qual, fatores como umidade relativa, temperatura, concentração de CO₂, luminosidade e irrigação são rigorosamente ajustados para otimizar o crescimento dos cogumelos. Geralmente são mantidos a uma temperatura de 28°C e possui um ciclo de cultivo de 20 a 60 dias, permitindo até 12 ciclos anuais em uma mesma área. Os primeiros cogumelos podem ser colhidos em cerca de 30 dias (SÁNCHEZ; ROYSE, 2017). Urban (2017) descreve que uma das técnicas existentes, utilizadas para o cultivo de cogumelo, é chamada de JunCao, caracteriza-se pelo baixo custo de investimento, pois aproveita gramíneas e resíduos agrícolas como substrato de cultivo. Essa técnica permite a produção em uma área relativamente pequena, de 54 m², e, em um ciclo de 60 dias, é possível obter uma produção de aproximadamente 625 kg de cogumelos. Além disso, *P. ostreatus* é altamente flexível quanto ao uso de diferentes tipos de resíduos agrícolas como substrato, o que amplia suas possibilidades de cultivo (SÁNCHEZ; ROYSE, 2017).

A produção controlada de cogumelos apresenta vantagens significativas em termos de eficiência proteica, gerando até 100 vezes mais proteína por unidade de área e tempo em comparação à agricultura convencional ou pecuária. Outro benefício importante é que esse tipo de cultivo não exerce pressão sobre o uso de terras agrícolas, tornando-se uma opção mais sustentável. O controle rigoroso das condições ambientais também otimiza a produção e reduz os custos operacionais (PANDEY *et al.*, 2018; BELLETTINI *et al.*, 2019). Essas vantagens podem ser comprovadas quando comparamos diretamente o cultivo do cogumelo *Pleurotus* com culturas vegetais tradicionais, como a soja e a ervilha. Segundo Marzullo (2007), o cultivo da soja ocorre a céu aberto, com um ciclo que varia entre 125 e 150 dias,

dependendo das condições climáticas e do manejo agrícola. A produtividade média é de 2.880 kg por hectare ao ano, o que equivale a 3.472 m² de área para produzir 1 tonelada (1000 kg) de soja, a qual possui em média 40% de proteína em 100 g de sua composição (PÍPOLO *et al.*, 2015). Tendo como base essas informações, a produção de soja gera 400 kg de proteína por ciclo, resultando em uma produtividade entre 922 e 768 mg/m²/dia, conforme o tempo de cultivo. Quando comparados ao teor médio de proteína obtido neste trabalho para cogumelo *Pleurotus ostreatus* (35,71% em base seca) e aos dados apresentados por Urben (2017), que indicam um ciclo de 60 dias, uma área de 54 m² e uma produção de 625 kg por ciclo, obtém-se uma produtividade de aproximadamente 74.035 mg/m²/dia de proteína. Isso significa que o cogumelo é cerca de 80 a 96 vezes mais eficiente que a soja na produção de proteína por metro quadrado por dia, evidenciando seu potencial como uma fonte proteica altamente eficiente, com grande relevância para estratégias sustentáveis de produção alimentar.

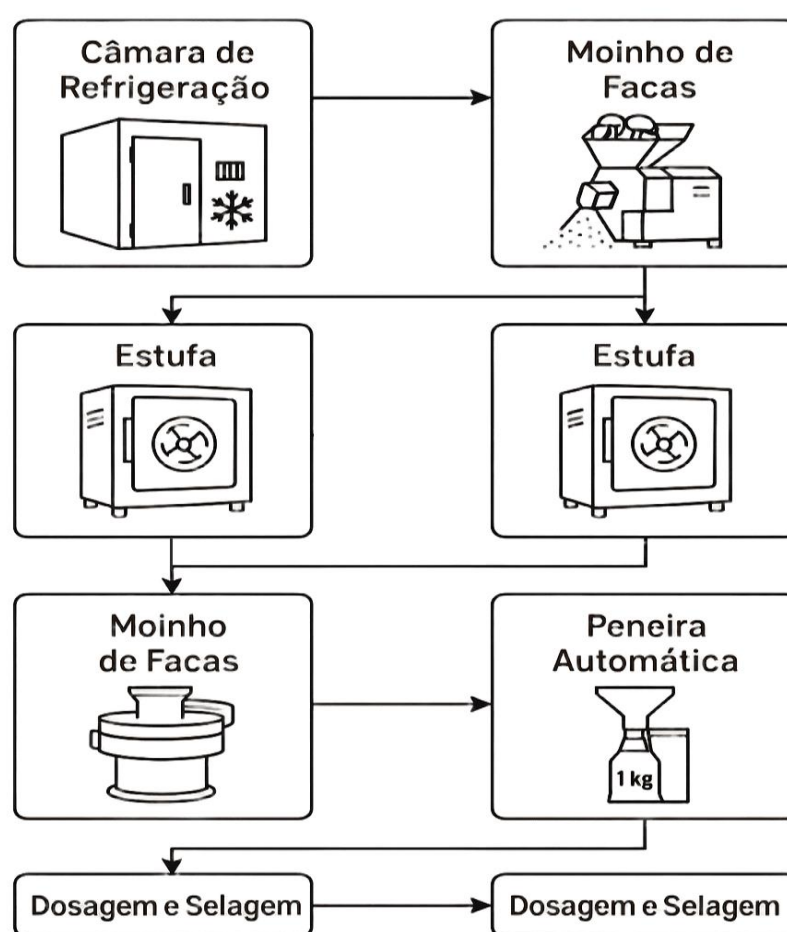
Outro exemplo relevante é o da ervilha, também utilizada na formulação de produtos proteicos vegetais. Segundo Giordano (1997), o cultivo da ervilha exige temperaturas entre 13°C e 18°C, altitudes superiores a 500 metros em regiões tropicais e apresenta um ciclo de 110 a 120 dias, com necessidade significativa de irrigação e uso intensivo de insumos agrícolas. A produtividade varia de 140 a 200 kg por hectare por ciclo, resultando, com base em um teor médio de proteína de 23% em uma produção de 32,2 a 46 kg de proteína por hectare. Isso representa uma produtividade de aproximadamente 26 a 38 mg/m²/dia de proteína, evidenciando que o cogumelo *Pleurotus* pode ser de 1948 a 2847 vezes mais eficiente do que a ervilha em termos de produção proteica por unidade de área e tempo. E ainda, o cogumelo *Pleurotus* é extremamente eficiente na produção de proteína, necessitando de apenas 242 m² para gerar 1 kg de proteína. Em comparação, a soja precisa de cerca de 8.680 m², e a ervilha entre 199 mil e 338 mil m² para produzir a mesma quantidade. Esses dados mostram que o cogumelo é uma alternativa muito mais produtiva e sustentável, ocupando até 1.400 vezes menos área do que culturas tradicionais.

Com isso, o cultivo de cogumelos *Pleurotus Ostreatus* apresenta vantagens significativas, como ciclo curto, baixa exigência de insumos, menor impacto ambiental e alta adaptabilidade a ambientes controlados. Essas características, aliadas à eficiência na produção de proteína por unidade de área e tempo, tornam os cogumelos uma alternativa altamente promissora em relação a culturas convencionais.

5.7 PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI

A Figura 9 ilustra o processo industrial da produção de farinha de cogumelo. É importante destacar que este processo não inclui o cultivo do cogumelo, mas sim sua transformação em farinha.

Figura 9 - Ilustração do processo industrial da farinha de cogumelo



Fonte: Elaborado pela autora.

Para garantir a eficiência operacional e a qualidade do produto final, são necessários equipamentos e materiais específicos que atendam às etapas de recebimento, armazenamento, processamento e embalagem, conforme descrito na Tabela 8.

Para o armazenamento inicial, utiliza-se uma câmara de refrigeração, que permite acondicionar os cogumelos em temperatura adequada até sua utilização, inclusive nos finais de semana. Em seguida, os cogumelos são submetidos a um pré-

processamento com moinho de facas, que realiza o corte do cogumelo antes da secagem. A etapa de secagem é realizada em duas estufas, o que garante maior capacidade produtiva e continuidade no processo. Essa etapa é essencial para a redução da umidade dos cogumelos, assegurando que estejam em condições ideais para o processamento da farinha. Após a secagem, será necessário a reutilização do moinho de facas para a redução do tamanho das partículas, seguida da utilização de uma peneira automática para garantir a uniformidade da farinha. Finalmente, o produto é dosado e selado em porções de 1 kg.

Sendo considerada um dos principais componentes no cálculo do custo de produção de shimeji, a matéria-prima é essencial para determinar a viabilidade econômica da atividade, por isso, segundo informação verbal fornecida por Gian Mazzei, da empresa Cogumelos Mazzei, localizada em Jarinu (SP), o custo médio da do cogumelo shimeji é de aproximadamente R\$12,00 por kg de cogumelo shimeji. A produção mensal de 1.000 kg de farinha foi escolhida como estimativa para dimensionar a biofábrica operando em um turno de 8 horas diárias. Essa quantidade foi definida considerando limitações operacionais, viabilidade econômica e a necessidade de um planejamento inicial para validar o processo antes de uma possível expansão. Além disso, a partir dos ensaios de secagem obteve-se o rendimento do cogumelo de 29,04% de cogumelo seco o que permitiu calcular as quantidades de entrada e saída de cogumelos da secagem para a fabricação de farinha e alcançar a meta mensal de 1.000 kg de farinha produzida. Assim, para alcançar esta produção mensal de farinha seria necessário alimentar as duas estufas com 78,43 kg/dia de cogumelos frescos em ciclos de 4 horas, de modo que cada estufa processaria 39,15 kg por dia. Isso resultaria em 45,5 kg/dia de cogumelos secos, assim sendo necessários 3.445,4 kg/mês de cogumelos frescos para alcançar 1.000kg/mês de farinha. Os valores apresentados têm como base 264 dias de trabalho por ano, desconsiderando finais de semana e ajustados conforme o horário comercial.

Considerando a estimativa de uma produção mensal de 1.000 kg de farinha, a biofábrica deverá operar em um turno de 8 horas diárias. Para atender a essa demanda, a equipe necessária, conforme detalhado na Tabela 9, será composta por quatro funcionários: um supervisor de produção, um auxiliar e dois operadores de máquina. O supervisor de produção deverá possuir formação superior, uma vez que suas funções exigem conhecimentos técnicos.

Tabela 8 - Equipamentos necessários para o funcionamento da biofábrica

Equipamento	Quantidade
Câmara de refrigeração	1
Estufa de secagem com circulação de ar forçado	2
Moinho de facas 50 kg/h	1
Peneira Vibratória Model 450	1
Dosadora Semiautomática RG-FM5000	1
Seladora automática contínua RG-900H	1
Bandejas perfuradas de alumínio	12

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9 - Relação de funcionários necessários e suas atividades

Funcionários	Atividade	Quantidade
Supervisor de Produção	Coordenar o processo de fabricação, garantir a qualidade e gerenciar a equipe.	1
Operador de Máquina	Operar os equipamentos para desidratação, moagem e embalagem da farinha.	1
Auxiliar de Produção	Realizar a triagem dos cogumelos, alimentar máquinas e armazenar a farinha acabada.	2

Fonte: Elaborado pela autora.

5.8 ANÁLISE ECONÔMICA: INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS NA PRODUÇÃO DE FARINHA DE COGUMELO

A análise econômica para a produção de farinha de cogumelo abrange tanto os custos de capital inicial, quanto os custos operacionais recorrentes. A Tabela 10, detalha os custos associados aos equipamentos indispensáveis para o processo produtivo, enquanto a Tabela 11, apresenta o investimento inicial necessário para a construção, aquisição de equipamentos e infraestrutura da biofábrica. No caso do CAPEX, este inclui custos diretos, como: os equipamentos utilizados, a infraestrutura específica do projeto, a instalação de máquinas, as obras civis relacionadas diretamente ao projeto; e indiretos: a construção civil, a automação, a montagem, as interligações e a engenharia. Já o OPEX, considera custos essenciais para a operação diária, a matéria-prima, a energia, a mão de obra direta, e a manutenção como custos diretos, e os indiretos como impostos e encargos.

Tabela 10 - Custos dos equipamentos necessários para a fabricação de farinha de cogumelo

Equipamentos	Total (R\$)
Câmara de refrigeração *	396.495
Estufa de secagem com circulação de ar forçado **	220.000
Moinho de facas 50 kg/h	139.700
Peneira vibratória model 450	27.554
Dosadora semiautomática RG-FM5000	14.900
Seladora automática contínua RG-900H	3.301
Bandejas perfuradas de alumínio	284
Total	802.234

(*) Câmara de refrigeração de aproximadamente 80 m²

(**) Estufa de secagem de aproximadamente 2.000 L

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 11 - Investimento Inicial (CAPEX) e Custos Operacionais da Biofábrica (OPEX)

Descrição	Itens	Cálculo	Valor (R\$)
CAPEX	Equipamentos	-	802.092,42
	Automação	10% dos equipamentos	80.209,24
	Montagem e Interligações	15% dos equipamentos	120.313,86
	Obra Civil	5% dos equipamentos	40.104,62
	Engenharia	15% dos equipamentos	120.313,86
	Contingência	20% dos itens acima (exceto equipamentos)	160.418,48
	Capital de Giro	20% da contingência	32.083,7
	Total CAPEX	-	1.355.536,19
OPEX	Matéria-prima	Obtenção da matéria-prima + produção da farinha	2.948.814
	Energia elétrica	Estimativa baseada no consumo em kWh dos equipamentos	40.000,00
	Mão de obra	Salários anuais de 4 funcionários com 13º incluso	76.700,00
	Manutenção	8% do valor dos equipamentos	64.167,39
	Impostos e encargos	7% sobre o total do OPEX	219.077,67
	Total OPEX	-	3.348.759,00

Fonte: Elaborado pela autora.

O valor total do CAPEX, estimado em R\$ 1.355.536,19, resulta da soma dos custos relacionados aos equipamentos (R\$ 802.092,42) e dos encargos proporcionais calculados sobre esse montante, como automação (10%), montagem e interligações (15%), obra civil (5%) e engenharia (15%). Além disso, inclui-se uma contingência de 20% aplicada sobre todos esses custos, exceto os equipamentos, para cobrir

eventuais imprevistos, e o capital de giro, equivalente a 20% do valor da contingência. Já o total do OPEX, de R\$ 3.348.759,00 por ano, é composto pelos custos diretos e indiretos necessários para a operação contínua do projeto, incluindo a matéria-prima para produção da farinha (R\$ 2.948.814,00), o consumo de energia elétrica (R\$ 40.000,00), que considera os custos estimados em kWh, os salários da equipe operacional (R\$ 76.700,00), já com o décimo terceiro salário incluso, manutenção dos equipamentos (8% do valor dos equipamentos, totalizando R\$ 64.167,39) e impostos e encargos (7% do total do OPEX, R\$ 219.077,67).

O valor estimado para o CAPEX da biofábrica de farinha de cogumelo shimeji foi inferior ao encontrado por Garcia (2019) na produção de Champignon de Paris, utilizando o talo do cogumelo na formulação de ração para cães, que apresentou um CAPEX de R\$ 3,1 milhões e um OPEX de R\$ 1 milhão valor menor ao encontrado nesse estudo. Garcia (2024) realizou outro Bioprocessos no qual envolveu o cultivo do fungo *Lentinula edodes* e o reaproveitamento do substrato para alimentação de bovinos, sendo obtidos os valores para CAPEX de R\$ 3.427.851,50 e OPEX de R\$ 690.940,50. Essas diferenças podem ser explicadas por algumas variáveis, como o tipo de cogumelo, a escala do projeto, os processos de produção e as tecnologias empregadas. Nesse caso, o CAPEX da biofábrica de farinha de cogumelo shimeji foi menor que o da biofábrica de cultivo do fungo *Lentinula edodes*, pois a mesma foi projetada para operar até a geração do resíduo, o que eleva os custos, uma vez que requer uma estrutura mais complexa para o manuseio e o reaproveitamento dos resíduos gerados. Isso demonstra que a farinha de cogumelo shimeji apresenta um investimento inicial menor de infraestrutura, equipamentos, instalações e outros investimentos de longo prazo, mas o OPEX da biofábrica de farinha foi maior, o que indica que, apesar do menor custo inicial, os custos operacionais a longo prazo são mais elevados, provavelmente, isso se deve ao custo da matéria-prima e de produção, uma vez que os resíduos usados na formulação do substrato são obtidos diretamente das fábricas onde são gerados, reduzindo os custos com insumos. Em relação à mão de obra, a produção de farinha requer apenas quatro funcionários, sendo necessário apenas um profissional graduado. Já a biofábrica exige vinte funcionários, dos quais pelo menos quatro devem possuir graduação.

5.9 INDICADORES ECONÔMICOS

A viabilidade econômica da farinha foi analisada por meio de três indicadores financeiros, resultados da análise de sensibilidade, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o tempo de retorno do investimento, como apresenta a Tabela 12. A análise estimou o valor mínimo de venda da farinha em R\$ 30/kg para que o investimento seja viável. A escolha do preço mínimo de venda em R\$ 30/kg baseou-se na análise de sensibilidade dos indicadores econômicos (Tabela 12), que mostrou que esse valor equilibra viabilidade financeira e competitividade no mercado. Embora o preço de R\$ 24/kg seja viável, ele apresenta indicadores financeiros inferiores, com TIR de 159% e payback de 4 anos, indicando retorno mais lento do investimento. Ao optar por R\$ 30/kg, a rentabilidade aumenta significativamente, com TIR de 215,8% e payback reduzido para 2,4 anos, melhorando o desempenho econômico sem comprometer a competitividade. Apesar do preço de R\$ 36/kg apresentar resultados financeiros ainda melhores (TIR de 264,8% e payback de 2,2 anos), o valor de R\$ 30/kg foi preferido por representar um equilíbrio entre rentabilidade expressiva e maior aceitação pelo consumidor, reduzindo riscos comerciais e favorecendo a sustentabilidade e o crescimento contínuo do projeto.

Quando comparada com outras fontes proteicas, como a farinha de ervilha, observa-se que, no mercado brasileiro, o preço médio do kg de farinha de ervilha é cerca de R\$ 37,67, enquanto a farinha de cogumelo tem um valor mínimo de venda em torno de R\$ 30,00, tornando-se uma opção competitiva no mercado.

Tabela 12 - Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos da biofábrica de farinha de cogumelo shimeji

Preço de venda por kg	VPL (BRL)	TIR (%)	Payback (anos)
R\$ 36	R\$ 29.246.110	264,8	2,2
R\$ 30	R\$ 21.948.196	215,8	2,4
R\$ 24	R\$ 14.650.282	159	4

Legenda: VPL (Valor presente líquido); TIR (Taxa interna de retorno).

Fonte: Elaborado pela autora.

Mesmo no cenário atual os estudos sobre o processo produtivo de farinha de cogumelo ainda são limitados, especialmente no que se refere à avaliação econômica

e à viabilidade do projeto, por isso a discussão será realizada com base em avaliações econômicas de outros Bioprocessos.

Os indicadores (VPL, TIR e payback) demonstram um excelente retorno financeiro. De acordo com Baasel (1990), a TIR para indústrias costuma variar entre 15% e 30%, o que reforça a atratividade do investimento. Já o VPL é utilizado para comparar alternativas de investimento, sendo preferível aquela com o maior valor presente líquido, pois indica maior geração de valor ao longo do tempo. Além disso, Mendes (2015) enfatiza que um payback mais curto torna o investimento mais atrativo. Ao comparar com a análise econômica de Garcia (2024), que obteve um VPL de R\$ 288.906, uma TIR de 15% e um payback de 6,3 anos, observa-se que o VPL e a TIR foram menores, enquanto o payback foi maior que o encontrado nesse estudo, isso indica que essa biofábrica demora 2,63 vezes mais para recuperar o investimento em comparação com a desse estudo. Já na análise econômica de produção dos esporos de *M. Anisopliae* de Vicente (2021) empregado para o controle biológico de pragas agrícolas, apresentou um VPL de R\$ 14.002.518, TIR de 261,98% e payback de 1,22 anos, valores similares aos encontrados nesse estudo sendo que o VPL e payback por ele apresentado foi menor, enquanto a TIR foi maior. Segundo Mendes (2015) a taxa interna de retorno (TIR) mede a rentabilidade do investimento no tempo, em geral anualmente, então quando a TIR é extremamente alta como nesse estudo, isso indica que se um investimento gera retornos extremamente elevados em relação ao valor inicialmente investido, a TIR pode ultrapassar 100%. Isso significa que o capital investido é recuperado muito rapidamente e os ganhos subsequentes são expressivos. Entretanto, a TIR não leva em conta o tamanho do projeto ao comparar diferentes projetos, por isso, é necessário também analisar o valor presente líquido (VPL) e o total do investido. No caso da biofábrica de esporos Vicente (2021), ela é mais eficiente devido aos custos operacionais (OPEX) menor (R\$ 789.960) ao encontrado nesse estudo e um *payback* de 1,22 anos mais rápido, enquanto a biofábrica de farinha de cogumelo gera mais capital a longo prazo por causa do VPL mais alto e um excelente retorno sobre o investimento.

Levando em conta esses aspectos, a biofábrica de farinha de cogumelo, quando analisada por seus indicadores econômicos, se torna viável economicamente e, portanto, os resultados financeiros do projeto reforçam sua viabilidade. O VPL de R\$ 21.948.196 demonstra que o projeto gera um valor adicional significativo em relação ao custo inicial, indicando que o retorno financeiro é substancial. A TIR de

215,80%, extremamente alta, reflete que o retorno sobre o investimento será muito rápido e expressivo, o que se alinha com o baixo custo de produção e quantidade reduzida de maquinário. Por fim, o payback de 2,4 anos indica que o capital investido será recuperado de forma rápida, aumentando ainda mais a atratividade do projeto.

6 CONCLUSÕES

O principal objetivo proposto neste estudo foi atingido, pois a pesquisa demonstrou que a farinha de cogumelo Shimeji oferece boas características nutricionais, com um alto teor proteico de 24,99%, e boas concentrações de aminoácidos leucina, isoleucina e valina. Isso demonstra um bom potencial no uso da farinha como substituto alimentar proteico, podendo ser recomendada na alimentação como complementação alimentar no que se refere ao teor de proteína.

Além disso, a farinha de cogumelo apresenta vantagens ambientais significativas, pois a matéria prima, o cogumelo, possui um ciclo de crescimento rápido, utiliza resíduos agroindustriais para seu crescimento, o que reduz o custo da matéria-prima, e não necessita grandes áreas para o cultivo, ao contrário de outras fontes proteicas. Também apresenta vantagens econômicas, como comprovado pelos indicadores financeiros que demonstraram sua viabilidade, com um VPL de R\$ 21.948.196, TIR de 215,80% e payback de 2,4 anos.

Portanto, o estudo evidenciou a farinha de cogumelo como uma opção promissora e competitiva no mercado devido as suas vantagens econômicas, alinhada com as necessidades dos consumidores que buscam soluções mais saudáveis e responsáveis. Além de apresentar um grande potencial de substituição de outras proteínas no futuro, visando alcançar um sistema de produção mais limpo e sustentável.

7 TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos nesta dissertação, alguns trabalhos futuros podem contribuir para o aprofundamento e continuidade da pesquisa:

- Formular um produto alimentício com farinha de cogumelo e realizar análises comparativas de aceitabilidade sensorial, custo de produção e conteúdo proteico em relação a outras fontes utilizadas na indústria alimentícia.
- Isolar a proteína do cogumelo shimeji e desenvolver um suplemento proteico a base de proteína de cogumelo.
- Avaliar a vida de prateleira da farinha de cogumelo, verificando possíveis alterações em sua qualidade ao longo do tempo.
- Realizar testes microbiológicos no cogumelo *in natura*, antes e após a colheita, e também na farinha, com o objetivo de garantir a segurança do processo em todas as etapas.
- Realizar análises de cor na farinha de cogumelo, a fim de acompanhar possíveis alterações durante o processamento e armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ABIAD – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres. **Hábitos de consumo de suplementos alimentares no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- ABU RISHA, M. *et al.* Legume allergens pea, chickpea, lentil, lupine and beyond. **Current Allergy and Asthma Reports**, v. 24, p. 527–548, 2024.
- ADEBAYO, E.; MARTINEZ-CARRERA, D. Oyster mushrooms (*Pleurotus*) are useful for utilizing lignocellulosic biomass. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, p. 52-67, 2015.
- ADEBAYO-OYETORO, A. *et al.* Quality characteristics of cookies produced from composite flours of wheat and mushrooms. **Journal of Science and Multidisciplinary Research**, v. 2, p. 25–31, 2010.
- AFOLABI, I. Moisture migration and bulk nutrients interaction in a drying food system: a review. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 692-714, 2014.
- AKINDAHUNSI, A. A.; OYETAYO, F. L. Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus tuber-regium* (Fries) Singer. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 39, p. 548–553, 2006.
- AKYÜZ, M.; KIRBAG, S. Nutritive value of wild edible and cultured mushrooms. **Turkish Journal of Biology**, v. 34, p. 97–102, 2010.
- ALMEIDA SÁ, A. G.; FRANCO MORENO, Y. M.; MATTAR CARCIOFI, B. A. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 170–184, 2020.
- ALTIERI, M. A. Agroecology: a new research and development paradigm for world agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 27, p. 27-46, 1989.
- ALVES, E. P. *et al.* Produção e caracterização de biossurfactantes metabolizados por *Pleurotus sajor-caju* a partir de óleo de soja. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.22, n.3, 2017.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International: Official Method 925.10. 16.** ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

ARORA, S. *et al.* Drying kinetics of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus florida* mushrooms. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Michigan, v. 46, p. 721-724, 2003.

BAASEL, W. D. **Preliminary chemical engineering plant design.** 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 572 p.

BACH, F. *et al.* 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.

BANO, Z.; RAJARATHNAM, S. *Pleurotus mushrooms*. Part II. Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation, and role as human food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 27, n. 2, p. 87-158, 1988.

BANO, Z.; SRINIVASAN, K.S.; SRIVASTAVA, H.C. amino acid composition of the protein from a mushroom (*Pleurotus flabellatus*). **Applied Microbiology**, v. 11, p. 184-187, 1963.

BAPTISTA-FERREIRA, J. **Guia de conector de cogumelos: para cogumelos silvestres comestíveis com interesse comercial em Portugal.** Portugal: DGADR, 2013. 150 p.

BELLETTINI, M.B. *et al.* Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633–646, 2019.

BHUTTA, Z. A.; SADIQ, K; AGA, T. Protein digestion and bioavailability. **Encyclopedia of Human Nutrition.** 4. ed. v. 4. Amsterdam: Elsevier Inc., p. 116–122, 2013.

BIAO, Y. *et al.* Impact of mushroom (*Pleurotus eryngii*) flour upon quality attributes of wheat dough and functional cookies-baked products. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 1, p. 361–370, 2019.

BLANCO, A.; BRESSANI, R. Biodisponibilidad de aminoácidos in el frijol (*Plhaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, v. 41, n. 1, p. 38-51, 1991.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BONATTI, M. *et al.* Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, Oxford, v. 88, n. 3, p. 425-428, Dec. 2004.

BOTELLA-MARTÍNEZ, C. *et al.* Assessment of chemical, physico-chemical and sensory properties of low-sodium beef burgers formulated with flours from different mushroom types. **Foods**, v. 12, p. 3591, 2023.

BOYE, J.; WIJESINHA-BETTONI, R.; BURLINGAME, B. Protein quality evaluation twenty 70 years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. **British Journal of Nutrition**, v. 108, supl. 2, p. S183–S211, 2012.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food Research International**. v. 43. p. 414- 431, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/legislacao/legislacao-antiga/rdc-263-2005.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 725, de 6 de julho de 2022. Dispõe sobre aditivos alimentares aromatizantes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 126, 6 jul. 2022. Disponível em: https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&num_ato=00000725&sgl_tipo=RDC&sgl_orgao=RDC/DC/ANVISA/MS&vlr_ano=2022&seq_ato=000&cod_modulo=310&cod_menu=8542. Acesso em: 11 jan. 2025.

CABRERA, L. C. *et al.* Characterization of edible mushroom production: a case study in the region of Londrina, Paraná. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e612974416, 2020.

CAIRE-JUVERA, G.; VAZQUEZ-ORTIZ, F.A.; GRIJALVA-HARO, M.I. Amino acid composition, score and in vitro protein digestibility of foods commonly consumed in Northwest Mexico. **Nutricion Hospitalaria**, v. 28, p. 365–371, 2013.

CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Valor nutricional de produtos de ervilha em comparação com a ervilha fresca. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 766–771, out. 2006.

CARNEIRO, F.F., et al (Org.). Dossiê ABRASCO: **um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. 624 p.

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.

CASTRO, A. L. A. DE. et al. Avaliação da produção de *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer utilizando resíduo do beneficiamento têxtil do algodão como substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1286–1290, set. 2007.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CELIK, Y.; PEKER, K. Benefit/cost analysis of mushroom production for diversification of income in developing countries. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 15, p. 228–237, 2009.

CERÓN-GUEVARA, M. I. et al. Partial replacement of fat and salt in liver pâté by addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 12, p. 6171–6181, 2021.

CHANG, S. T.; WASSER, S. P. **The cultivation and environmental impact of mushrooms**. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, 29 mar. 2017. Disponível em: <https://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-231>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CHEUNG, P.C.K. The nutritional and health benefits of mushrooms. **Nutrition Bulletin**, v. 35, n. 4, p. 292-299, 2010.

CONDÉ, V.F.; OLIVEIRA, J.E.Z.; OLIVEIRA, D.M.F. Incidência e severidade de hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora Brassicae* W.) Em repolho (bra Farinha de cogumelo *pleurotus ostreatus* (hiratake) enriquecido em ferrossica oleracea l. Var. Capitata) em solo tratado com biofertilizante tipo bokashi. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 1, pág. 01–06, 2016.

CRISAN, E. V.; SANDS, A. Nutritional value. In: CHANG, S. T.; HAYES, W. A. (ed.). *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. New York: **Academic Press**, 1978. p. 137–168.

CRUZ-SOLORIO, A. *et al.* Functional properties of flours and protein concentrates of 3 strains of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 10, p. 3892–3901, out. 2018.

CURVETTO, N. *et al.* Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with $N-NH_4^+$ and/or Mn (II). **Bioresource Technology**, v. 84, p. 171–176, 2002.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Tradução: BRANDELLI, A. *et al.* Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DAY, L.; CAKEBREAD, J. A.; LOVEDAY, S. M. Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge: Elsevier Ltd, v. 119, p. 428–442, jan. 2022.

DEEPALAKSHMI, K; MIRUNALINI, S. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. **Journal of Biochemical Technology**, v. 5, n. 2, p. 718–726, 2014.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. São Paulo: Livraria e Editora Agropecuária, 1999. 157 p.

EL KATTAN, M. H. *et al.* Studies on cultivation techniques and chemical composition of oyster mushrooms. **Mushroom Journal for the Tropics**, v. 11, p. 59–66, 1991.

ELSAKHAWY, T. *et al.* **Green synthesis of nanoparticles by mushrooms: a crucial dimension for sustainable soil management**. *Sustainability*, v. 14, p. 4328, 2022.

ERJAVEC, J. *et al.* Proteins of higher fungi – from forest to application. **Trends in Biotechnology**, v. 30, n. 5, p. 259–273, 2012.

FERNANDES, Â. *et al.* Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. **Food Chemistry**, v. 172, p. 263-268, 2015.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: Edufal, 1991. 437 p.

FINIMUNDY, T. C. *et al.* Aqueous extracts of *Lentinula edodes* and *Pleurotus sajor-caju* exhibit high antioxidant capability and promising in vitro antitumor activity. **Nutrition Research**, v. 33, n. 1, p. 76-84, 2013.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 22 jul. 2005.

FONSECA, L. *et al.* Caracterização química do resíduo pós-cultivo de cogumelos destoxicantes em torta de algodão. 2017.

Food and Drug Administration (FDA). **Database of Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Reviews**. 2006. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras..>

FURLANI, R.P.Z.; GODOY, H.T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 154-157. 2007.

FUTURE MARKET INSIGHTS (FMI). **Functional Protein Market Outlook 2024 to 2034**. 2022. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/functional-proteins-market>. Acesso em: 11 jan. 2024.

GALANTE, F.; DE ARAÚJO, M. V. F. **Fundamentos de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Editora Rideel, 2014.

GARCIA, R. L. **Cultivo do fungo *Lentinula edodes* com reaproveitamento do substrato cultivado para alimentação de bovinos**. 2024. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), São José do Rio Preto – SP, 2024.

GARCIA, R. L. **Produção de alimentação para cães com incorporação de resíduos do cogumelo *Agaricus bisporus***. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), São José do Rio Preto – SP, 2019.

GIORDANO, L. de B. Cultivo da ervilha (*Pisum sativum* L.). Brasília: **EMBRAPA-CNPQ**, 1997. 3. ed. 19 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. São Paulo: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

GOMES, D. *et al.* Censo paulista de produção de cogumelos comestíveis e medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 13, n. 1, 2016.

GONZÁLEZ, A. *et al.* Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 7400–7414, 23 set. 2020.

GORISSEN, S. H. M. *et al.* Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. **Amino Acids**, v. 50, n. 12, p. 1685–1695, dez. 2018. DOI: 10.1007/s00726-018-2640-5.

GROSSMANN, L.; WEISS, J. Alternative protein sources as technofunctional food ingredients. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 12, p. 93–117, 25 mar. 2021.

HAGEN, S.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, p. 912–916, nov./dez. 1989.

HALIM, J. *et al.* The salt flip: Sensory mitigation of salt (and sodium) reduction with monosodium glutamate (MSG) in “better-for-you” foods. **Journal of Food Science**, v. 85, p. 2902–2914, 2020.

HAMEED, A. *et al.* Effect of different drying and cooking treatments on phytochemicals and antioxidant activity in broccoli: an experimental in vitro study. **Food Science and Technology**, v. 43, e10162, 2023.

HEARST, R. *et al.* An examination of antibacterial and antifungal properties of constituents of Shiitake (*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, v. 15, n. 1, p. 5-7, feb. 2009.

HOFFMAN, J. R.; FALVO, M. J. Protein – which is best? **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 3, n. 3, p. 118-130, 1 set. 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: primeiros resultados**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html>. Acesso em: 20 out. 2024.

IWASE, K.; UMEZAWA, Y.; MASUDA, K. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* with beer spent grains and utilization of carbonized waste substrate as a soil ameliorant. *Mushroom Science*, v. 15, p. 819–826, 2000.

JAVED, M. R. *et al.* Effect of microwave heat processing on nutritional, antioxidant, antinutrient, and sensory indices of soy flour enriched functional noodles. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, p. 101426, 2024.

JEDINAK, A. *et al.* Anti-inflammatory activity of edible oyster mushroom is mediated through the inhibition of NF- κ B and AP-1 signaling. **Nutritional Journal**, v. 10, p. 52, 2011.

KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 525-535, 2017.

KONG, W. S. Description of commercially important *Pleurotus* species. In: **Mushroom Growers' Handbook 1: Oyster Mushroom Cultivation**. Seoul: MushWorld, 2004. p. 54-61.

KOPITTKKE, P. M. *et al.* Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment International**, v. 132, p. 105078, 2019.

KRUMINA-ZEMTURE, G.; BEITANE, I.; GRAMATINA, I. Amino acid and dietary fiber content of pea and buckwheat flours. **Research for Rural Development**, v. 1, p. 84-90, 2016.

KUMAR, P. *et al.* Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 57, n. 5, p. 923–932, 2017.

KUREK, M. A. *et al.* Novel protein sources for applications in meat-alternative products – insight and challenges. **Foods**, v. 11, n. 7, p. 957, 25 mar. 2022.

LAKHANPAL, T. N.; RANA, M. Medicinal and nutraceutical genetic resources of mushrooms. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, v. 3, p. 288-303, 2005.

LAVELLI, V. *et al.* Circular reuse of bio-resources: the role of *Pleurotus* spp. in the development of functional foods. **Food & Function**, v. 9, n. 3, p. 1353–1372, 2018.

LI, L. *et al.* Correlation of antioxidant activity with content of phenolics in extracts from the culinary-medicinal abalone mushroom *Pleurotus abalones* Han, Chen et Cheng (Agaricomycetidae). **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 7, n. 1-2, p. 237-242, 2005.

LONGVAH, T.; DEOSTHALE, Y. G. Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India. **Food Chemistry**, v. 63, n. 3, p. 331-334, 1998.

LU, X. *et al.* Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycemic response of pasta. **Food Chemistry**, v. 264, p. 199- 209, 2018.

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of alkalies, temperature and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and of food. **Analytical Biochemistry**, v. 109, n. 1, p. 192–197, 1980.

LYNCH, M. D. The bioprocess ATE calculator: An online technoeconomic analysis tool to evaluate the commercial competitiveness of potential bioprocess. **Metabolic Engineering**, v. 65, p. 42-51, 2021.

MANZI, P. *et al.* Nutrients in edible mushrooms: an interspecies comparative study. **Food Chemistry**, Oxford, v. 65, n. 4, p. 477-482, jun. 1999.

MAO, X.; HUA, Y. Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglans regia* L.). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 2, p. 1561-1581, 2012.

MARZULLO, R. C. M. **Análise de ecoeficiência de óleos vegetais oriundos da soja e da palma, visando a produção do biodiesel**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MATTILA, P. *et al.* Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2343-2348, 2001.

MDACHI, S. J. M. *et al.* Amino acid composition of some Tanzanian wild mushrooms. **Food Chemistry**, v. 86, p. 179-182, 2004.

MENDES, F. B. **Avaliação técnico-econômica da produção de enzimas celulolíticas por fermentação em estado sólido**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2015.

MILES, P. G.; CHANG, S.T. **Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

MINATO, K. I. *et al.* Changes in immunomodulating activities and contents of antitumor polysaccharides during the growth of two medicinal mushrooms, *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. and *Grifola frondosa* (Dicks.: Fr.) S. F. Gray. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 3, p. 1–7, 2001.

MOKNI GHRIBI, A. M. *et al.* Nutritional and compositional study of Desi and Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours from Tunisian cultivars. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences* – **Open Journal**, v. 1, n. 2, p. 38–47, 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, p. 2146–2153, 2013.

MORDOR INTELLIGENCE. **Fresh mushroom market size and share analysis – Growth trends and forecasts (2023 – 2028)**. 2022. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/fresh-mushrooms-market>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MOURA, M. A. F. E. *et al.* Alternative protein sources of plant, algal, fungal and insect origins for dietary diversification in search of nutrition and health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2022, p. 1-18.

MÜNZEL, T. *et al.* Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? **Cardiovascular Research**, v. 119, n. 2, p. 440-449, 31 mar. 2023.

NEVES, K. C. S. **Produção de proteases coagulantes por espécies de *Pleurotus* em resíduos vegetais da Amazônia**. 2014. 97 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

NG, S. H. *et al.* Incorporation of dietary fibre-rich oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) powder improves postprandial glycaemic response by interfering with starch granule structure and starch digestibility of biscuit. **Food Chemistry**, v. 227, p. 358–368, 2017.

NIERENBERG, A. Plant-based “meats” catch on in the pandemic. **The New York Times**, 22 maio 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/05/22/dining/plant-basedmeatscoronavirus.html?searchResultPosition=2>. Acesso em: 25 nov. 2024

OECD. **Consensus document on the biology of *Pleurotus spp.*** (Oyster Mushroom). Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, n. 34. Paris: OECD Publishing, 2005. Disponível em: <http://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/46815828.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

OLIVEIRA, F. E. M. de. **Estatística e probabilidade: exercícios resolvidos e propostos**. 3. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2017.

OPIO, C. *et al.* Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – a global life cycle assessment. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2024.

OYETAYO, O. V.; ARIYO, O. Micro and macronutrient properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fries) cultivated on different wood substrates. **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 6, p. 223–226, 2013.

OYINLOYE, T. M.; YOON, W. B. Effect of freeze-drying on quality and grinding process of food produce: a review. **Processes**, v. 8, p. 354, 2020.

PANDEY, V. V. *et al.* Mushroom cultivation: Substantial key to food security. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 10, n. 4, p. 1115-1123, 2018.

PARVIN, R. *et al.* Quality improvement of noodles with mushroom fortified and its comparison with local branded noodles. **NFS Journal**, v. 20, 2020.

PASNIK, J. *et al.* Preventive effect of pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections: open-label prospective study. **Current Pediatric Research**, v. 21, 2017.

PEREIRA, JR. N.; BON, E. P. S.; FERRARA, M. A. **Tecnologia de bioprocessos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Escola de Química/UFRJ, 2008. 62 p.

PETERS J. C. **Tryptophan nutrition and metabolism: an overview**. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 294, p. 345–58, 1991.

PHAN, C. W.; SABARATNAM, V. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 96, n. 4, p. 863-873, nov. 2012.

PÍPOLO, A. E. *et al.* Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Londrina: **Embrapa Soja**, 2015. 14 p. (**Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 86**). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130450/1/comunicadotecnico-86OL.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

PISKA, K.; SUŁKOWSKA-ZIAJA, K.; MUSZYŃSKA, B. Edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) – its dietary significance and biological activity. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, Lublin, v.16, n.1, p.151–161, 2017.

PRESCOTT, T. *et al.* Useful fungi. In: WILLIS, K. J. (org.). **State of the world's fungi**. Richmond: Royal Botanic Gardens, 2018. p. 23–34.

RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms. Part III. Biotransformations of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 31–113, 1989.

RAMOS, C. *et al.* Produção de três espécies de cogumelos *Pleurotus* e avaliação da qualidade em atmosfera modificada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, n. 2, p. 199-207, 2011.

RIOS-HURTADO, A.; TORRES-TORRES, G.; MEDINA-RIVAS, M.A. Caracterización bromatológica de la seta (*Pleurotus sajor-caju*) producida em cuatro sustratos orgánicos. **Alimentaria**. 2003.

SACHS, I. **Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas. Los casos de India y Brasil.** Pensamiento Iberoamericano, Madrid, v. 46, p. 235–256, 1989.

SADIQ, S. *et al.* Bioremediation of hexachlorocyclohexane (HCH) in soil using spent mushroom compost of *Pleurotus ostreatus*. **Bioremediation Journal**, v. 22, n. 3-4, p. 126-135, 2018.

SÁNCHEZ, J.E.; ROYSE, D.J. (ed.). **La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus spp.*** 1. ed. México: ECOSUR, 2017.

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.

SATO, E.; AOYAGI, Y.; SUGAHARA, T. Contents of free amino acids in mushrooms. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v. 32, n. 7, p. 509-521, 1985.

SCALDELAI, M. C. Ação de cogumelos in natura sobre o desenvolvimento bacteriano. **Revista Interciência** - IMES Catanduva, v. 1, n. 3, 2019.

SCHIMBATOR, M. *et al.* Digestibility of proteins from different sources. **The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology**, v. 44, n. 2, p. 43-50, 2020.

SCHOMMER, P.C. **Responsabilidade socioambiental.** MBA Executivo em Gestão e Negócios do Desenvolvimento Regional Sustentável. Brasília: Universidade Corporativa Banco do Brasil; Universidade Corporativa CAIXA, 2009. (Apostila).

SHAHBANDEH, M. **Value of the whey protein market worldwide from 2022 to 2032**. Statista, 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/728005/global-whey-protein-market-size/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SILVA, E. G. *et al.* Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 72–75, 2007.

SINGH, M. P. Biodegradation of lignocellulosic wastes through cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. **Mushroom Science**, v. 15, p. 517–521, 2000.

SINGH, R. A review on different benefits of mushroom. **IOSR Journal of Pharmacy and Biological Science**, v. 12, n. 1, p. 107–111, 2017.

STAMETS, P. **Growing gourmet and medicinal mushrooms**. Berkeley: Ten Speed Press, 1993. p. 211–350.

STEFFEN, G. P. K. *et al.* **Aspectos técnicos sobre a produção de cogumelos comestíveis em substratos orgânicos**. In: BARBOSA JÚNIOR, S. A. (Org.). As vicissitudes da pesquisa e da teoria nas ciências agrárias 5. Ponta Grossa – PR: Editora Atena, p. 44-61, 2020.

STEHFEST, E. *et al.* Climate benefits of changing diet. **Climatic Change**, v. 95, n. 1–2, p. 83–102, 2009.

SUN, L. B. *et al.* Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 176–187, 2020.

THE GOOD FOOD INSTITUTE BRASIL (GFI). Consumidor brasileiro e o mercado plant-based. 2022. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-plant-based.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

THE GOOD FOOD INSTITUTE BRASIL (GFI). Indústria de proteínas alternativas. 2020. Disponível em: https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2020/06/GFI_2020_IndProtAlternativas.pdf.

TOLERA, K. D.; ABERA, S. Nutritional quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. **Food Science & Nutrition**, v. 5, p. 989–996, 2017.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Study of osmotic dehydration of tomato in ternary solutions through response surface methodology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3. 2006.

TÖRÖS, G. H. R.; EL-RAMADY, H.; PROKISCH, J. Cogumelo comestível de *Pleurotus* spp.: um estudo de caso com cogumelo ostra (*Pleurotus ostreatus* L.). **Environment, Biodiversity and Soil Security**, v. 6, p. 51–59, 2022.

TRABULSI, L. R.; TOLEDO, M. R. F. de, ed. Microbiologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1991. 386 p.

TSENG, Y.; MAU, J. Contents of sugars, free amino acids and free 5'-nucleotides in mushrooms, *Agaricus bisporus*, during post-harvest storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 1519–1523, 1999.

URBEN, A. F. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 274 p.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**, v. 2015, p. 376387, 2015.

VASCONCELOS, N. C. M. **Elaboração, caracterização e aplicação da farinha de cogumelo *Pleurotus eryngii* na formulação de barra de cereal**. 2021. Tese (Doutorado em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

VERMA, A. K. *et al.* A comprehensive review of legume allergy. **Clinical Reviews in Allergy and Immunology**, v. 45, n. 1, p. 30-46, 2013.

VICENTE, I. V. **Produção de esporos de *Metarhizium anisopliae* IBCB 425 em resíduos agroindustriais por cultivo em estado sólido**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2021.

VRIES, M.; BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, n. 1-3, p. 1-11, 2010.

WAN ISHAK, W. R.; SOLIHAN, M. A. Effect on the addition of *Pleurotus sajor-caju* (PSC) on physical and sensorial properties of beef patty. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 3, p. 993-999, 2012.

WAN MAHARI, W. A. *et al.* A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, p. 123156, 2020.

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

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 170–177, out./dez. 1986.

WHO; FAO; UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. **World Health Organ Tech Rep Ser.**, 2007, (935): 1-265, back cover.

WILLETT, W. *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447–492, 2019.

WOICIECHOWSKI, A. L. *et al.* **Emprego de resíduos agroindustriais em bioprocessos alimentares**. In: BICAS, J. L.; MARÓSTICA, M. R.; PASTORE, G. M. (Eds.). *Biotecnologia de alimentos*. Atheneu Editora, 2013. Cap. 6, p. 143-171.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Meat: The Future Series – Alternative Proteins**. 2019. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Alternative_Proteins.pdf. Acesso em: 1 dez. 2024.

WU, G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**, v. 37, p. 1–17, 2009.

WUNSCH, Nils-Gerrit. Proportion of vegans worldwide in 2022, by selected country 2023. **Statista**, 2023c. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1280066/global-country-ranking-vegan-share/>. Acesso em: 5 jan. 2024.

WUNSCH, Nils-Gerrit. Share of vegetarians in selected countries worldwide in 2023. **Statista**, 2023a. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1280079/global-country-ranking-vegetarian-share/>. Acesso em: 5 jan. 2024.

WUNSCH, Nils-Gerrit. Value of the global vegan food market from 2020 to 2021 with forecast for 2025 (in billions of US dollars). **Statista**, 2023b. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1280275/value-of-the-global-vegan-food-market/>. Acesso em: 5 jan. 2024.

YAPAR, S.; HELVACI, S. Ş.; PEKER, S. Drying behavior of mushroom slices. **Drying Technology**, v. 8, n. 1, p. 77-99, 1990.

ZHANG, N. *et al.* Comparative studies on chemical parameters and antioxidant properties of stipes and caps of shiitake mushroom as affected by different drying methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 12, p. 3107-3113, set. 2013.

ZHANG, Y. *et al.* Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* alleviate cognitive impairment in a rat model of Alzheimer's disease. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92, p. 935-941, 2016.