



PROPRIEDADES NUTRICIONAL E ANTIOXIDANTE DE COGUMELOS COMESTÍVEIS *Pleurotus ostreatus* CULTIVADOS EM SUBSTRATOS OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS.

Lívia Soares de França Silva ¹, Fillipe de Oliveira Pereira ²

RESUMO

Os cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus* são um dos cogumelos mais consumidos mundialmente, pois possuem baixo teor de lipídios e energia, mas são ricos em proteínas, carboidratos, vitaminas, fibras alimentares e minerais. Além disso, são dotados de metabólitos secundários que oferecem ação promotora da saúde, como antioxidantes, e conseguem degradar substratos lignocelulósicos presentes em resíduos agrícolas. Contudo, o substrato pode interferir nos atributos funcionais dos cogumelos. Nessa perspectiva, foi objetivo avaliar a influência dos resíduos agrícolas folha de bananeira e bagaço de cana-de-açúcar no potencial nutricional e antioxidante de *P. ostreatus*. O projeto utilizou folha de bananeira e bagaço de cana-de-açúcar combinados em 5 formulações diferentes, como substrato para o cogumelo. Os cogumelos foram cultivados durante 120 dias e após secagem passaram por análise da composição físico-química (umidade, atividade de água e cinzas) e nutricional (proteínas, carboidratos, lipídeos e energia). Após produção dos extratos com solução hidroalcoólica estimou-se a composição química (compostos fenólicos e flavonoides) e a atividade antioxidante. Os experimentos foram analisados por variância one-way ANOVA com pós-teste de Tukey para determinar as diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Em termos gerais, os substratos geraram cogumelos com quantidade satisfatória de componentes físico-químicos e nutricionais. Entretanto, houve uma relação direta entre a adição de folha de bananeira e a util redução do perfil nutricional. Ademais, na caracterização química a folha de bananeira interferiu apenas nos flavonoides, o que não impactou na elevada atividade antioxidante demonstrada. Portanto, a pequena diferença possibilita utilizar os substratos de maneira isolada ou combinada.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, Alimento funcional, Valor nutricional.

¹Aluna de Farmácia, Unidade Acadêmica de Saúde, UFCG, Cuité, PB, e-mail: soares.franca@estudante.ufcg.edu.br

²Doutor em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos, Professor de Magistério Superior, Unidade Acadêmica de Saúde, UFCG, Cuité, PB, e-mail: fillipe.oliveira@professor.ufcg.edu.br

NUTRITIONAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF EDIBLE MUSHROOMS
Pleurotus ostreatus **CULTIVATED IN SUBSTRATES OBTAINED FROM**
AGRICULTURAL WASTE.

ABSTRACT

Pleurotus ostreatus mushrooms are among the most widely consumed mushrooms worldwide, as they are low in lipids and energy, but rich in proteins, carbohydrates, vitamins, dietary fiber, and minerals. In addition, they contain secondary metabolites that promote health, such as antioxidants, and can degrade lignocellulosic substrates present in agricultural waste. However, the substrate can interfere with the functional attributes of the mushrooms. In this perspective, the objective was to evaluate the influence of agricultural waste banana leaves and sugarcane bagasse on the nutritional and antioxidant potential of *P. ostreatus*. The project used banana leaves and sugarcane bagasse combined in 5 different formulations as substrate for the mushroom. The mushrooms were cultivated for 120 days and, after drying, underwent analysis of their physical-chemical composition (moisture, water activity, and ash) and nutritional composition (proteins, carbohydrates, lipids, and energy). After extracts were produced with hydroalcoholic solution, the chemical composition (phenolic compounds and flavonoids) and antioxidant activity were estimated. The experiments were analyzed by one-way ANOVA with Tukey's post-test to determine significant differences ($p < 0.05$) between treatments. In general, the substrates produced mushrooms with a satisfactory amount of physicochemical and nutritional components. However, there was a direct relationship between the addition of banana leaves and the subtle reduction in the nutritional profile. Furthermore, in the chemical characterization, the banana leaves interfered only with the flavonoids, which did not impact the high antioxidant activity demonstrated. Therefore, the small difference allows the use of the substrates alone or in combination.

Keywords: Sustainable agriculture, Functional food, Nutritional value.

INTRODUÇÃO

O consumo de cogumelos comestíveis acompanha a história dietética da humanidade devido aos seus atributos sensoriais, nutricionais e promotores de saúde. São alimentos úteis para melhorar a qualidade da dieta, porque proporcionam benefícios fisiológicos e auxiliam a alcançar as necessidades nutricionais. Os cogumelos, além de serem coletados na natureza, podem ser cultivados em ampla variedade de resíduos agrícolas e urbanos sem necessidade de alta manutenção e investimento, o que beneficia a agricultura sustentável (JACOB *et al.*, 2023; ZÁRATE-SALAZAR *et al.*, 2020).

Isso destaca o papel fundamental dos cogumelos comestíveis para alimentação humana, especialmente para países que enfrentam situações de insegurança alimentar, escassez de recursos na agricultura, ou ambos. No Brasil, a insegurança alimentar ainda é um problema significativo, pois em 2022, 15,5% da população enfrentou quadros de insegurança alimentar grave no país (REDE PENSSAN, 2022).

Os cogumelos comestíveis *Pleurotus ostreatus* são um dos cogumelos mais consumidos mundialmente. Fornecem alto teor de proteínas, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e minerais, com baixo teor de lipídeos e calorias. Portanto, são uma alternativa para suprir as necessidades nutricionais dos seres humanos (DICKS; ELLINGER, 2020; OPOKU; ADI; FENTENG, 2022; ROYSE *et al.*, 2017).

Os cogumelos são alimentos funcionais que além de possuírem valor nutricional, promovem benefícios à saúde da população, pois seus metabólitos secundários possuem propriedades medicinais que causam efeitos benéficos à ingestão. Em geral, as principais classes de componentes químicos encontrados em *P. ostreatus* são compostos fenólicos, terpenoides, esteroides, ácidos graxos ω-3 e β-glucanos. Os antioxidantes, presentes em metabólicos secundários, como os compostos fenólicos, previnem ou inibem a reação oxidativa, derivada do acúmulo de radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio. Essa reação pode induzir doenças cardiovasculares, degenerativas, neurológicas, câncer e envelhecimento precoce (ALVEZ *et al.*, 1999; FANHANI, 2006; SILVA; JORGE, 2011; ŚLUSARCZYK; ADAMSKA; CZERWIK-MARCINKOWSKA, 2021).

Pleurotus ostreatus é de particular interesse, pois é capaz de colonizar e degradar uma grande variedade de substratos lignocelulósicos a partir de resíduos orgânicos, além de se adaptar a diversos ambientes e crescer mais rápido do que

outros cogumelos comestíveis. Dessa forma, a sua produção se torna sustentável, acessível e produtiva, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (2016), em particular ao 2 - Fome zero e agricultura sustentável e 12 - Consumo e produção responsáveis (ROYSE *et al.*, 2017).

Embora haja a possibilidade de usar diversos substratos para o cultivo de cogumelos, é importante ressaltar que a composição dos substratos de cultivo pode afetar o rendimento, a qualidade e os atributos funcionais dos cogumelos. Por isso, escolher bem os substratos é crucial para verificar as possíveis interferências em seu potencial nutricional e antioxidante (CARVALHO *et al.*, 2014; HOA *et al.*, 2015).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) o estado da Paraíba é o 9º maior produtor de cana-de-açúcar, produzindo 5.762.668 toneladas de cana-de-açúcar e 142.325 toneladas de banana no ano de 2022. Devido à elevada produção, também há formação de resíduos, que, quando descartados incorretamente podem causar graves impactos ambientais. Portanto, a utilização desses resíduos agrícolas como substrato para o crescimento de cogumelos, estabelece o aproveitamento dos subprodutos (ZÁRATE-SALAZAR *et al.*, 2020).

A cana-de-açúcar é amplamente utilizada como substrato na produção de *Pleurotus ostreatus* no Brasil, sendo uma escolha popular devido à sua disponibilidade e eficácia no cultivo (FERNANDES; MACIEL; COUTO, 2016). No entanto, a problemática dos resíduos de insumos agrícolas da Paraíba permite selecionar a folha de bananeira como uma alternativa de substrato para a otimização do cultivo de cogumelos. Portanto, é necessário avaliar o potencial nutricional e antioxidante dos cogumelos comestíveis *Pleurotus ostreatus* cultivados em diferentes substratos de folha de bananeira e cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

Produção e obtenção dos cogumelos

A produção e obtenção dos cogumelos *P. ostreatus* ocorreu em colaboração com o Grupo de Pesquisa e Produção de Cogumelos Comestíveis da UFPB (Campus II - Areia-PB). Assim, para cultivo dos cogumelos foram preparados substratos a partir de folhas de bananeira (*Musa spp.*) e bagaços de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) obtidos de produtores locais da cidade de Areia - PB. Os substratos foram fracionados nas proporções da tabela 1. Em seguida, foram esterilizados em autoclave à temperatura de 121°C e 103,4 kPa por um tempo de 60 min (SARDAR *et al.*, 2017).

Tabela 1. Composição dos substratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Legenda: FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar

| Substratos | Folhas de bananeiras | Bagaço de cana-de-açúcar |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 100%FB | 100% | 0% |
| 75%FB + 25%BC | 75% | 25% |
| 50%FB+ 50%BC | 50% | 50% |
| 25%FB + 75%BC | 25% | 75% |
| 100%BC (controle) | 0% | 100% |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Os substratos foram inoculados com o micélio de *P. ostreatus* em câmara de fluxo laminar (4g de micélio/Kg de substrato esterilizado). Em seguida, permaneceram na sala de colonização, sob ausência de luz, à temperatura ($24 \pm 2^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($85 \pm 1\%$) por 15 dias. Em seguida, os substratos foram transferidos para área de indução/frutificação. O tempo total de colheita foi de 120 dias, com temperatura ($28 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa ($92 \pm 2\%$) e luminosidade (8,5volts). Logo depois da colheita, os cogumelos foram secos em estufa de fluxo à temperatura de 45°C por 3 dias e moídos por um moinho de facas com malha 10 (ZÁRATE-SALAZAR *et al.*, 2020).

Análise físico-química e composição nutricional

As análises físico-químicas e a composição nutricional dos cogumelos secos foram realizadas em triplicata de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists – AOAC* (2016). O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa (Med clave - Modelo 4) estabilizada a 105°C por 24 horas. O teor de cinzas foi quantificado por carbonização e incineração em forno mufla (Jung – Modelo 0612) estabilizado a 550°C por 8 horas. A atividade de água foi determinada por meio da leitura direta da amostra em equipamento medidor de atividade de água (Aqua lab - Modelo Dew point 4). O teor de proteína foi quantificado pelo método de Kjedahl, adotando fator de conversão de 4,38 para nitrogênio total, devido à alta quantidade de nitrogênio não proteícos nos cogumelos (KALAY, 2013). O conteúdo lipídico total foi medido através da extração a frio com clorofórmio e metanol e posterior quantificação gravimétrica de acordo com o método de Folch, Lees e Stanley (1957). Os carboidratos totais foram calculados por diferença, segundo a equação 1 e o valor energético foi calculado de acordo com a equação 2:

Equação 1. %Carboidrato = 100 – (%Umidade + %Cinzas + %Proteína + %Gordura)

Equação 2. Energia (kcal) = 4x (g proteínas + g de carboidratos) + 9x (g de gorduras).

Preparação dos extratos de cogumelos

Os extratos de *P. ostreatus* foram produzidos a partir de amostras de 2g dos cogumelos secos extraídos por maceração com 50mL de solução etanol/água (70:30 v/v) à temperatura ambiente e ao abrigo de luz durante o período de 5 dias. Em seguida, os extratos foram submetidos a filtração simples com papel de filtro qualitativo e a filtração com filtro de seringa modelo Nylon 0,45µm, logo após foram armazenados sob refrigeração e sob abrigo de luz (SHARIF *et al.*, 2017).

Caracterização química dos extratos de cogumelos

A caracterização química dos extratos foi baseada no teor de fenólicos e flavonoides totais. O teor de compostos fenólicos totais dos extratos foi determinado usando o reagente de Folin-Ciocalteu com ácido gálico como composto fenólico padrão (SLINKARD; SINGLETON, 1977). Para o ensaio, foram colocados em eppendorf, 100 µL de extratos de cogumelos ou ácido galico, 40 µL do reagente de Folin-Ciocalteu e 1740 µL de água destilada homogeneizando com agitação durante 1 min. Em seguida, adicionou-se 120 µL de uma solução de carbonato de sódio a 15%, manteve em repouso e protegido de luz durante 2 horas e após isso, a absorbância foi detectada a 760 nm. O conteúdo total de fenólicos foi expresso como µg de equivalentes de ácido gálico por mL do extrato (µg EAG/mL), utilizando uma equação obtida a partir da curva de calibração do padrão ácido gálico (10 a 50 µg/mL).

O conteúdo total de flavonoides foi determinado usando a quercetina como flavonoide padrão, de acordo com o método de Tambe e Bhambar (2014). Para o ensaio, foram misturados em eppendorf, 100 µL de extratos de cogumelos ou quercetina com 500 µL de solução de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 5% em metanol e o volume foi completado para 2000 µL com água destilada. Após 10 minutos, a absorbância de cada amostra foi medida em espectrofotômetro a 425 nm. O teor de flavonoides totais foi expresso como µg de equivalentes de quercetina por mL do extrato (µg EQ/mL), utilizando a equação obtida a partir da curva de calibração do padrão ácido gálico (5 a 25 µg/mL).

Atividade antioxidante ABTS⁺

O ensaio da atividade sequestradora do cátion radical 2,2'-azino-bis (3-etylbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico (ABTS^{•+}) foi realizado de acordo com a metodologia de Re *et al.* (2007). O cátion radical ABTS^{•+} foi preparado pela reação de uma solução aquosa de 7 mM de ABTS (2,5 mL) com persulfato de potássio a 140 mM (44 µL). A mistura foi deixada em repouso, ao abrigo da luz e em temperatura ambiente, durante um período de 16 horas. Antes do ensaio, o reagente ABTS foi diluído com etanol para se obter uma absorbância de 0,70 ± 0,05 a 734 nm. Durante o ensaio, foram adicionados em eppendorfs alíquotas apropriadas dos extratos, 1800 µL da solução do radical ABTS^{•+} e o volume completado para 2 mL com etanol para obter concentrações finais que variaram de 0,2 µL/mL a 5 µL/mL. Em seguida, os eppendorfs foram mantidos na ausência de luz por um período de 6 minutos antes da leitura da absorbância a 734nm em espectrofotômetro, usou-se o etanol como branco. Como controle positivo, utilizou-se o Trolox (0,5 µM a 4 µM). A porcentagem de atividade sequestradora (% AS) foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$\text{Equação 3. } \% \text{ AS} = (100 \times (A \text{ controle} - A \text{ amostra})) / (A \text{ controle})$$

No qual, Acontrole corresponde a absorbância do controle, contendo apenas a solução etanólica do ABTS^{•+} e Aamostra é a absorbância do radical na presença do extrato ou do padrão trolox. Os resultados também foram expressos como µM de equivalentes de trolox por mL do extrato (µM TE/mL).

Atividade antioxidante DPPH

A atividade antirradicalar foi determinada pelo método de doação de hidrogênio para o radical DPPH[•] que se reduz formando DPPH-H (hidrazina), de acordo com a metodologia de Rufino *et al.* (2010). Foi realizado o preparo da solução de DPPH (1,18mg de DPPH em 50mL de etanol). Alíquotas apropriadas das amostras foram transferidas para eppendorfs com 1800 µL da solução de DPPH[•] (23,6 µg/mL) e o volume foi completado para 2 mL com EtOH para obter concentrações finais que variaram de 0,2 µL/mL a 5 µL/mL. Após 30 minutos de incubação ao abrigo da luz, realizou-se a leitura da absorbância a 515nm em espectrofotômetro. Utilizou-se o etanol como branco e como controle positivo foi empregado o ácido ascórbico (0,5 µM a 4 µM). A percentagem de atividade sequestradora (% AS) foi calculada pela equação anterior. No qual, Acontrole corresponde a absorbância do controle, contendo apenas

a solução etanólica do DPPH e Aamostra é a absorbância do radical na presença do extrato ou do padrão ácido ascórbico. Os resultados também foram expressos como μM de equivalentes de ácido ascórbico por mL do extrato ($\mu\text{M TAA/mL}$).

Análise Estatística

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos como média \pm DP (desvio padrão). A distribuição normal dos dados foi avaliada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a homogeneidade da variância foi avaliada pelo teste de Bartlett. Foi realizado análise de variância ANOVA unidirecional para determinar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos e, quando significativas, aplicou-se o teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas no software R, versão 4.1.0, na interface RStudio.

DESENVOLVIMENTO

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição físico-química de *P. ostreatus* foi demonstrada através dos parâmetros de umidade, atividade de água e cinzas, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Composição físico-química de cogumelos *Pleurotus ostreatus* cultivados em diferentes composições de substrato.

| Substratos | Umidade (%) | Atividade de água (%) | Cinzas (%) |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 100% FB | 13,62 \pm 0,03 ^a | 0,63 \pm 0 ^a | 3,725 \pm 0,055 ^b |
| 75%FB+25%BC | 13,8 \pm 0,14 ^a | 0,64 \pm 0 ^a | 3,995 \pm 0,005 ^a |
| 50%FB+50%BC | 13,53 \pm 0,18 ^a | 0,61 \pm 0 ^a | 3,98 \pm 0 ^a |
| 25%FB+75%BC | 13,11 \pm 0,15 ^b | 0,6 \pm 0 ^a | 4,285 \pm 0,075 ^b |
| Controle (100%BC) | 12,12 \pm 0,05 ^b | 0,54 \pm 0 ^b | 5,0025 \pm 0,1775 ^b |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Legenda: Letras diferentes dentro de uma coluna indicam diferenças significativas entre substratos ($p < 0,05$). FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar.

O teor de umidade apresentou-se baixo, com os valores das amostras entre $12,125\% \pm 0,05$ a $13,8\% \pm 0,14$. Houve diferença significativa de todas as amostras

com a amostra controle (100%BC) ($p<0,05$). Além disso, as amostras 100% FB, 75%FB + 25% BC e 50%FB+50%BC apresentaram semelhança estatística ($p>0,05$).

Corroborando a isso, a atividade de água também se demonstrou baixa. Os valores da atividade de água variaram entre $0,54\% \pm 0$ a $0,64\% \pm 0$, com diferença significativa da amostra 100%BC das demais amostras. Entretanto, todas as amostras que possuíam folha de bananeira no substrato apresentaram semelhança estatística.

Os valores de cinzas mostraram-se baixos, com variação entre $3,725\% \pm 0,055$ a $5,0025\% \pm 0,1775$. Houve diferença significativa de todas as amostras com a amostra 100%BC. Contudo, as amostras 75%FB + 25% BC e 50%FB+50%BC obtiveram valores estatisticamente semelhantes.

A composição nutricional de *P. ostreatus* foi demonstrada através dos parâmetros de proteínas, carboidratos, lipídeos e energia, de acordo com a tabela 3.

Tabela 3. Composição nutricional de cogumelos *Pleurotus ostreatus* cultivados em diferentes composições de substrato.

| Substratos | Proteínas (%) | Carboidratos (%) | Lipídeos (%) | Energia (Kcal/100g) |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 100% FB | $14,87 \pm 0,02^a$ | $66,75 \pm 0,08^b$ | $1,03 \pm 0,01^b$ | $335,77 \pm 0,29^a$ |
| 75%FB+25%BC | $15,61 \pm 0,03^a$ | $65,48 \pm 0,13^b$ | $1,11 \pm 0,01^b$ | $334,36 \pm 0,48^a$ |
| 50%FB+50%BC | $16,36 \pm 0,42^a$ | $62,75 \pm 4,69^a$ | $1 \pm 0,05^b$ | $325,45 \pm 16,89^a$ |
| 25%FB+75%BC | $19,29 \pm 0,14^a$ | $62,17 \pm 0,17^a$ | $1,15 \pm 0,07^a$ | $336,14 \pm 0,53^a$ |
| Controle (100%BC) | $26,25 \pm 4,57^b$ | $55,34 \pm 4,92^a$ | $1,29 \pm 0,12^a$ | $337,94 \pm 0,33^a$ |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Legenda: Letras diferentes dentro de uma coluna indicam diferenças significativas entre substratos ($p<0,05$). FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar.

O percentual de proteínas encontrado nas amostras de *P. ostreatus* revelaram-se altos, com os valores entre $14,87\% \pm 0,02$ a $26,25\% \pm 4,57$. A amostra 100%BC, apresentou diferença significativa com todas as amostras, pois as amostras compostas por substrato de folha de bananeira obtiveram semelhança estatística. A quantidade de carboidratos presentes nas amostras foi alta, apresentando valores entre $55,34\% \pm 4,92$ a $66,75\% \pm 0,08$. Houve semelhança estatística entre 100%BC e as composições 25%FB+75%BC e 50%FB+50%BC. Ademais, apesar de diferença

significativa com o controle, as composições 75%FB+25%BC e 100%FB apresentaram semelhança entre si. Os lipídeos presentes nas amostras se mostraram em pouca quantidade, com o percentual variando entre $1\% \pm 0,05$ a $1,29\% \pm 0,12$. Não houve diferença estatística entre a amostra 100%BC e 25%FB+75%BC. Entretanto, essas amostras apresentaram diferença estatística com 50%FB+50%BC, 75%FB+25%BC e 100%FB, que eram semelhantes. A energia variou entre $325,45 \pm 16,89$ a $337,94 \pm 0,33$ kcal/100g, não apresentando diferença estatística com o controle.

A caracterização química do *P. ostreatus* foi determinada com base na estimativa de equivalentes de ácido gálico e queracetina. Os valores totais de compostos fenólicos e flavonoides dos extratos encontrados nas diferentes concentrações de substrato foram indicados na tabela 4.

Tabela 4. Caracterização química de cogumelos *Pleurotus ostreatus* cultivados em diferentes composições de substrato.

| Substratos | Total de compostos fenólicos ($\mu\text{gEAG/mL}$) | Total de flavonoides ($\mu\text{gEQ/mL}$) |
|-------------------|--|---|
| 100%FB | $863,47 \pm 1,36^{\text{a}}$ | $64,94 \pm 0,61^{\text{a}}$ |
| 75%FB+25%BG | $805,61 \pm 3,95^{\text{a}}$ | $70,87 \pm 0,81^{\text{b}}$ |
| 50%FB+50%BC | $838,18 \pm 9,48^{\text{a}}$ | $65,01 \pm 0,87^{\text{a}}$ |
| 25%FB+75%BC | $813,47 \pm 6,48^{\text{a}}$ | $76,98 \pm 0,81^{\text{b}}$ |
| Controle (100%BC) | $872,33 \pm 101,36^{\text{a}}$ | $88,89 \pm 1,76^{\text{b}}$ |

Fonte: Autoria própria, 2024.

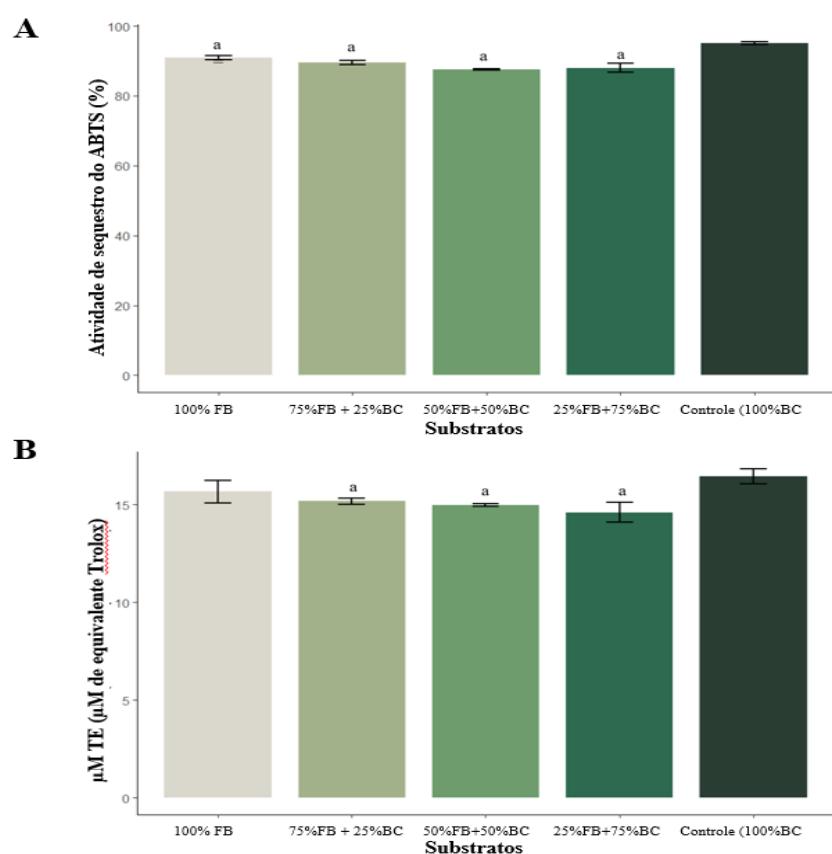
Legenda: Letras diferentes dentro de uma coluna indicam diferenças significativas entre substratos ($p<0,05$). FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar; EAG: equivalente de ácido gálico; EQ: equivalente de queracetina.

Todos os extratos apresentaram alta quantidade de compostos fenólicos e flavonoides. Os valores totais de compostos fenólicos variaram entre $805,61 \pm 3,95$ a $872,33 \pm 101,36 \mu\text{g EAG/mL}$. Desse modo, não houve diferença significativa entre os diferentes extratos ($p>0,05$). Os valores totais de flavonoides variaram entre $64,94 \pm 0,61$ a $88,89 \pm 1,76 \mu\text{gEQ/mL}$, havendo diferenças significativas dos extratos com o extrato 100%BC. Entretanto, os extratos 100%FB e 50%FB+50%BC não apresentaram diferença significativa.

A determinação da capacidade antioxidante do *P. ostreatus* foi feita por análise *in vitro*, através dos métodos ABTS e DPPH. A figura 1 representa os valores de ABTS e do equivalente Trolox encontrados nas diferentes concentrações de substrato.

Figura 1. Efeito de diferentes formulações de substrato na atividade antioxidante de cogumelos *Pleurotus ostreatus* pelo ensaio ABTS

Legenda: a: diferença significativa em relação ao controle (100%BC). FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar.



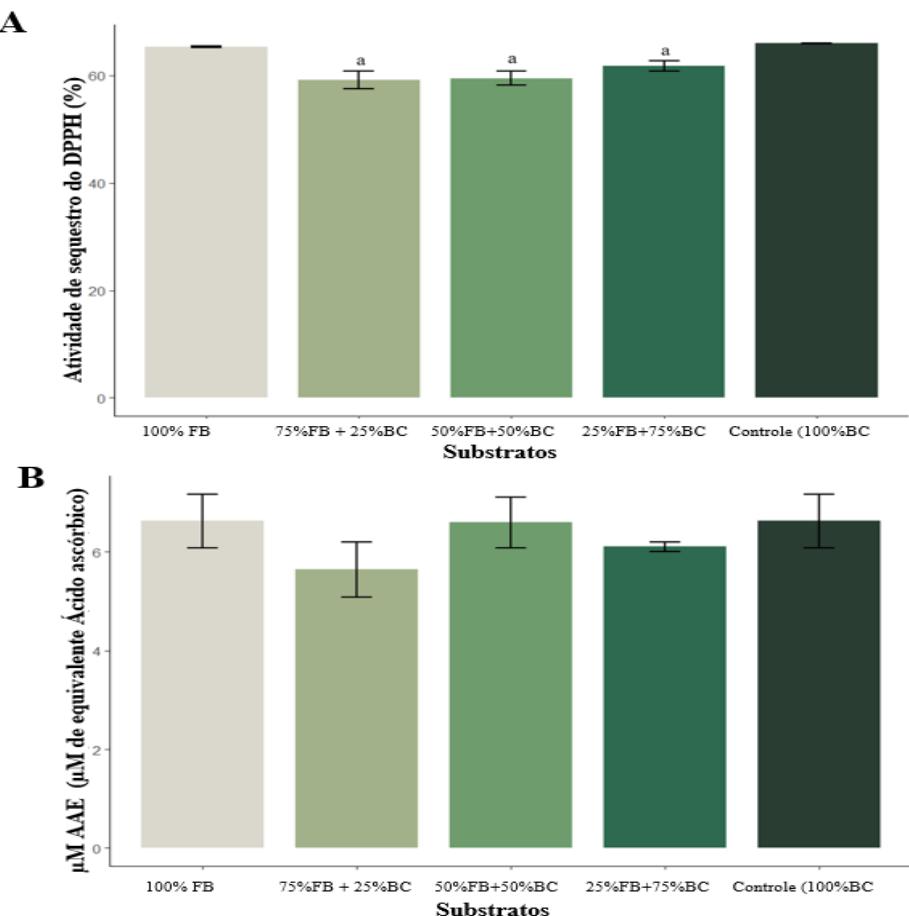
Fonte: Autoria própria, 2024.

Todos os extratos apresentaram atividade antioxidante elevada, com o extrato controle possuindo a maior atividade antioxidante. Os percentuais de ABTS variaram entre $87,5\% \pm 0,23$ e $95,13\% \pm 0,4$, com diferença significativa entre todos os extratos. Esses resultados refletiram nos valores do equivalente de Trolox que obteve valores entre $14,59 \pm 0,51\mu\text{M TE/mL}$ e $16,45 \pm 0,39\mu\text{M TE/mL}$. Porém, o controle não obteve diferença significativa com o extrato 100%FB.

Os valores de DPPH e do equivalente de Ácido ascórbico encontrados nas diferentes concentrações de substrato foram indicados na figura 2, a seguir.

Figura 2. Efeito de diferentes formulações de substrato na atividade antioxidante de cogumelos *Pleurotus ostreatus* pelo ensaio DPPH

Legenda: a: diferença significativa em relação ao controle (100%BC). FB: folha de bananeira; BC: bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Corroborando com a avaliação da atividade antioxidante anterior, todos os extratos também apresentaram alta atividade antioxidante. Os percentuais de DPPH variaram entre $59,15\% \pm 1,63$ a $65.94\% \pm 0,08$, com diferença significativa entre todas as composições, exceto as que continham 100% de substrato. Em relação aos valores do equivalente ao ácido ascórbico ($\mu\text{M AAE/mL}$), não houve diferença estatisticamente significante.

Em relação a composição físico-química, a umidade de *Pleurotus ostreatus* cultivado nos diferentes substratos obteve baixo percentual, apesar de amostras cultivadas em maior concentração de folha de bananeira apresentarem maior

concentração. Infere-se que a presença da folha de bananeira no substrato influenciou o aumento dos níveis de umidade, pois conforme o percentual de folha de bananeira aumentou no substrato, houve um aumento da umidade.

Além disso, os valores de umidade tenderam a tornar-se semelhantes a partir do momento em que o substrato atingiu ou superou os valores iguais ou superiores que a amostra formada por 50%FB + 50%BC. Esse resultado pode ser característico de uma saturação de componentes da folha de bananeira, que causa a estabilização.

Assim, um baixo percentual de água é preferível, pois a umidade representa o teor de água nos alimentos e a presença excessiva de água pode favorecer o crescimento de microrganismos, como bactérias e fungos (CHAVES *et al.*, 2004).

Concordante a isso, a atividade de água, que conforme Guilbert e Morin (1986) mede a quantidade de água livre no alimento, também se demonstrou baixa. Bem como, as amostras que possuíam folha de bananeira no substrato apresentaram semelhança estatística e valores de atividade de água maior que a amostra controle.

O teor de cinzas apresentou concentração satisfatória em todas as amostras, com o maior valor encontrado na composição de 100%BC, que diferiu de todos os substratos. Assim, vê-se uma relação direta entre o percentual de bagaço de cana-de-açúcar presente nos substratos e os valores obtidos na quantidade de cinzas, pois a quantidade de cinzas presente nas amostras aumentou em função do aumento de bagaço de cana-de-açúcar no substrato.

Em razão do teor de cinzas corresponder ao resíduo mineral fixo, obtido após a decomposição de todos os componentes orgânicos, um teor de cinzas elevado geralmente é considerado benéfico. Visto que, os minerais presentes em alimentos são importantes para a saúde (SOETAN; OLAIYA; OYEWOLE, 2010)

Esses dados estão em consonância com os achados de Desisa *et al* (2024), em que *P. ostreatus* cultivados em um substrato composto por bagaço de cana-de-açúcar obteve valores de umidade ($7,17 \pm 0,02$) e cinzas ($5,57 \pm 0,17$) próximos.

Acerca da composição nutricional, as proteínas são importantes fontes de aminoácidos e desempenham função importante na estrutura celular, formação de proteínas sanguíneas e no reforço do sistema imunitário conforme Yang *et al* (2023). Desse modo, a grande quantidade de proteína encontrada em *P. ostreatus* foi promissora.

Contudo, 100%BC obteve a maior concentração de proteínas, sendo diferente

estatisticamente de todas as amostras cultivadas em folha de bananeira. Esse resultado é esclarecido pela semelhança e tendência de estabilização entre todas as amostras que continham um percentual de folha de bananeira.

Os resultados indicam que *P. ostreatus* pode ser uma fonte significativa de proteína. Conforme González et al (2020) esse cogumelo pode ser útil em dietas vegetarianas ou que necessitem de pouco consumo de origem animal.

Os carboidratos apresentaram valor satisfatório, com as amostras divididas em grupos com comportamento semelhantes, em que as composições até 50%FB+50%BC obtiveram menor quantidade de carboidrato e as amostras acima desse percentual possuíram um maior valor de carboidratos.

Esse nutriente é a principal fonte de energia da dieta humana segundo Joshua et al (2018). Dessa forma, a elevada quantidade de carboidratos atingida revela-se favorável visto que esse macronutriente é o principal responsável pela manutenção energética em seres humanos (MOTTA, 2009).

Os lipídeos estão presentes na estrutura celular e servem de reserva de energia, entretanto o seu consumo excessivo está associado a diversos problemas de saúde, como obesidade, doenças cardiovasculares e dislipidemias (MOTTA, 2009). Dessa forma, observar a presença de poucos lipídeos nas amostras, foi considerado benéfico. O valor de lipídeos foi baixo principalmente nos extratos que foram cultivados em maior percentual de bagaço de cana-de-açúcar, uma vez que, o controle não diferiu do extrato mais próximo (25%FB+75%BC). No entanto, divergiu dos que foram cultivados em maior quantidade de folha de bananeira, pois esses foram semelhantes, obtendo maior quantidade de lipídeos.

Diante disso, segundo Franjic (2019), os alimentos são fonte essencial de energia para o corpo humano. Essa energia é essencial para que as células desempenhem suas funções vitais, como a produção de proteínas e outras moléculas indispensáveis para o funcionamento adequado do organismo. *P. ostreatus* ser um alimento dotado de energia é atrativo, pois significa que irá ajudar o organismo a desempenhar essas funções.

Os dados da composição nutricional se encontram de acordo com o descrito por Sales-Campos et al (2011), pois os cogumelos *P. ostreatus* cultivados em substrato composto por bagaço de cana-de-açúcar obteve valores de proteína (14,67%), carboidratos (67,52%), lipídeos (2,14%) e energia (226,01 Kcal) aproximado

dos valores encontrados no atual estudo.

A oxidação é um processo essencial dos organismos aeróbios, pois os radicais livres produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica desempenham papéis importantes como produção de energia, regulação do crescimento celular e síntese de substâncias biológicas importantes. Entretanto, quando as espécies reativas são produzidas mais rapidamente do que são removidas pelos mecanismos de defesa das células, ocorre estresse oxidativo, causando danos nas células, podendo ocasionar patologias como câncer, envelhecimento precoce, doenças cardiovasculares, doenças degenerativas e neurológicas. Assim, os antioxidantes são compostos com potencial de neutralizar os radicais livres, retardando ou inibindo a ação de oxidação (BIANCHI; ANTUNES, 1999; DUBOST; OU; BEELMAN, 2007; PIZINO *et al.*, 2017; SU *et al.*, 2023).

Os antioxidantes são adquiridos de forma endógena ou exógena, através da ingestão de alimentos dotados de metabólitos secundários que possuam ação antioxidant, como o cogumelo *P. ostreatus*. A presença de compostos fenólicos no *Pleurotus ostreatus* é um dos principais indicativos de atividade antioxidant (REIS *et al.*, 2017; SILVA; JORGE, 2011).

Portanto, ao utilizar-se da metodologia de Slinkard e Singleton (1977) para determinar a quantidade de compostos fenólicos, viu-se que houve uma elevada concentração desses compostos, não havendo diferença entre os extratos. Desse modo, infere-se que o substrato composto por folha de bananeira é semelhante ao substrato controle, composto por cana-de-açúcar.

Ademais, segundo Taiz e Zeiger (2009), os flavonoides são a maior classe de fenólicos vegetais, assim ao quantifica-los através da metodologia de Tambe e Bhambar (2014) observou-se uma elevada concentração em todos os extratos. Entretanto, os extratos que possuíam substratos compostos por folha de bananeira apresentaram menor valor total de flavonoides comparado ao substrato que possuía apenas bagaço de cana-de-açúcar (100% FB). Demonstra assim, uma relação direta entre o percentual de bagaço de cana-de-açúcar presente nos substratos e os valores obtidos nas análises de desempenho, pois à medida que o percentual de bagaço de cana-de-açúcar no substrato aumentou no substrato houve um aumento dos valores totais de flavonoides. Com exceção do extrato 50% FB + 50% BC, que apresentou um valor menor, que diferia dessa progressão, se igualando estatisticamente ao extrato que possuía 100% de substrato de folha de bananeira.

Diante desse cenário, a avaliação *in vitro* da atividade antioxidante de *P. ostreatus* utilizou dois métodos diferentes, de forma a validar os resultados. O teste de sequestro do radical ABTS baseia-se na capacidade antioxidante de capturar o cátion radical ABTS⁺ (VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2019).

Dessa maneira, através da metodologia de Re *et al.* (2007) todos os extratos apresentaram alta atividade antioxidante. Porém, comparado ao substrato controle, houve uma diminuição da atividade antioxidante. Visto que, quanto maior a porcentagem de folha de bananeira mais a atividade antioxidante se equiparava ao controle, diferindo-se apenas o extrato 50% FB + 50% BC.

O valor do equivalente de Trolox ($\mu\text{M TE/mL}$) corroborou com essa afirmação e reafirmou a importância do substrato composto de folha de bananeira, ao não apresentar diferença significativa entre o extrato 100% FB e o extrato controle.

Concordando com esse resultado, o teste de sequestro do radical DPPH, que consiste na redução do radical DPPH[•], também apresentou elevada atividade antioxidante (VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2019). O extrato 100%FB foi estatisticamente igual ao controle, demonstrando assim, que substratos compostos por folha de bananeira tem tanto potencial antioxidante quanto os compostos por bagaço de cana-de-açúcar. Além disso, apesar do extrato 75% FB + 25% BC e o extrato 25% FB + 75% BC diferir nesse teste, a discrepância é mínima inclusive no extrato 75% FB + 25% BC, que apresentou menor atividade. Isso é representado, no valor do equivalente ao ácido ascórbico ($\mu\text{M AAE/mL}$), que não demonstrou diferença significativas, o que mostra que independente do substrato utilizado a percentagem de inibição bem como a quantidade de $\mu\text{M AAE}$ tem diferenças mínimas em todas as diferentes concentrações do substrato.

Assim, apesar dos flavonoides demonstrarem diferenças, segundo Bianchi e Antunes (1999) a atividade antioxidante não é determinada exclusivamente por esses metabólitos secundários, mas também por outros que não foram analisados no estudo. Portanto, justifica-se o porquê da atividade antioxidante do extrato cultivado apenas em substrato de folha de bananeira ser equivalente ao extrato produzido em substrato de cana-de-açúcar.

Não foram achados estudos que afirmaram a composição química e atividade antioxidante de *P. ostreatus* cultivado em bagaço de cana-de-açúcar ou folha de bananeira. Portanto, utilizou-se como comparação substratos ricos em carboidrato, como resíduos agrícolas de batata no estudo de Yilmaz *et al* (2016) que obteve, em

uma extração etanólica, valor de fenólicos totais (1,38 mg GAE/g) semelhante. Além disso, na pesquisa de Deepalakshm e Mirunalini (2020), que utilizou como substrato a palha de arroz, a atividade antioxidante do extrato demonstrada por ABTS (86%) e DPPH (76%) foi equivalente a vista no atual estudo.

CONCLUSÃO

Os substratos são capazes de alterar a composição nutricional e antioxidante do *Pleurotus ostreatus*. Visto que, quando comparado os cogumelos cultivados em substratos compostos de porcentagens de folha de bananeira e os cogumelos cultivados totalmente em substrato de bagaço de cana-de-açúcar houve determinação de diferenças. Desse modo, a composição físico-química e nutricional apresentou quantidades favoráveis. Entretanto, a adição de porcentagens de folha de bananeira no substrato reduziu ligeiramente o perfil físico-químico e nutricional do *P. ostreatus*.

Ademais, a caracterização química e antioxidante apresentou apenas diminuição dos flavonoides em relação a concentração da folha de bananeira presente no substrato. Uma vez que, a capacidade antioxidante não é definida exclusivamente por essas propriedades químicas, a atividade antioxidante do extrato cultivado apenas em substrato de folha de bananeira foi equivalente ao cultivado em substrato de cana-de-açúcar.

Portanto, as variações de concentrações de bagaço de cana-de-açúcar e folha de bananeira impõem pouca diferença no potencial nutricional e não impacta na eficácia antioxidante *in vitro* do *P. ostreatus*. Em virtude disso, há a possibilidade da utilização dos dois substratos obtidos de resíduo agrícola de maneira isolada ou combinada. Permitindo assim, que haja aproveitamento desses subprodutos e utilização do cogumelo como adição estratégica a dieta humana.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, através do PIBIC/CNPq-UFCG. Além disso, o Grupo de Pesquisa em Fungos da UFCG e o Grupo de Pesquisa e produção de Cogumelos Comestíveis da UFPB, foram essenciais para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

BIANCHI M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12. n. 2, p. 123-130, 1999.

CARVALHO, C. S. M. et al. Composição mineral de substratos à base de resíduos de bananeira durante o cultivo de Pleurotus ostreatus. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, pág. 272–281, 2014.

CHAVES, M.C.V. et al. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

DEEPALAKSHMI, K.; MIRUNALINI, S. Assessment of in vitro antioxidant and antimicrobial properties of cultivated Pleurotus ostreatus: An edible mushroom. **Free Radicals and Antioxidants**, v. 4, n. 2, p. 27–32, 2020.

DESISA, B. et al. Utilization of local agro-industrial by-products based substrates to enhance production and dietary value of mushroom (P. ostreatus) in Ethiopia. **World journal of microbiology and biotechnology**, v. 40, n. 9, pág 277, 2024.

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

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

FANHANI, A. P. G; FERREIRA, M. P. Agentes antioxidantes: seu papel na nutrição e saúde dos atletas. **SaBios Rev. Saúde e Biologia**, 2006.

FERNANDES, A. I.; MACIEL, G. M.; COUTO, G; H. APROVEITAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR PARA A PRODUÇÃO LACASES POR Pleurotus ostreatus. In: II CONGRESSO PARANAENSE DE MICROBIOLOGIA - **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL**.Campinas, Galoá, 2016.

FRANJIC, S. Resumidamente sobre Nutrição. **Acta Scientific Saúde Nutricional**. 2019.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total 378 lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497–509, 1957.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
FAOSTAT, 2023.

GONZÁLES, A. et al. Cogumelos comestíveis como uma nova fonte de proteína para alimentos funcionais. **Funct Alimentar**, 2020.

HOA, H. T.; WANG, C; WANG, C. W The Effects of Different Substrates on the Growth, Yield, and Nutritional Composition of Two Oyster Mushrooms (Pleurotus ostreatus and Pleurotus cystidiosus), **Mycobiology**, v. 43, n. 4, pág. 423-434, 2015.

JACOB, M. C. M *et al.* Food Biodiversity as an Opportunity to Address the Challenge of Improving Human Diets and Food Security. **Ethnobiology and Conservation**, v. 12, pág 14, 2023.

JOSHUA, V. I. *et al.* Morphological characterization and proximate analysis of three edible mushrooms in plateau and Kogi states, Nigeria. **World J. Microbiol.** v. 4, p. 139–145, 2018.

KALAY, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and 398 cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 209–218, 2013.

MOTTA, Valter Teixeira. Bioquímica clínica para o laboratório: princípios e interpretações. 5. ed. Rio de Janeiro: **MedBook**, 2009.

OPOKU, H.; ADI, D. D.; FENTENG, R. A. Consumer Preference and Quality Expectation of Oyster Mushroom Black Hot Pepper Sauce “Shito.” **Open Access Library Journal**, v. 9, n. 12, pág. 1–11, 2022.

PÉREZ-MARTÍNEZ, A.S *et al.* Uma perspectiva sobre o uso de *Pleurotus* para o desenvolvimento de vacinas de subunidades orais convenientes feitas por fungos. **Vacina, Rochester**, v.33, n.1, p.25-33, 2015.

PIZZINO G. *et al.* Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. 2017.

RE, R. *et al.* Atividade antioxidante aplicando um ensaio melhorado de descoloração de cátions radicais ABTS. **Biologia e Medicina dos Radicais Livres**, v. 26, pág. 1231 1237, 1999.

Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. Food, insecurity and Covid-19 in Brazil, 2022.

REIS, FILIPA S. *et al.* Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, pág. 48-62, 2017.

ROYSE, D. J.; BAARS, J.; TAN, Q. Current Overview of Mushroom Production in the World. **Edible and Medicinal Mushrooms**, pág. 5–13, 2017.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, pág. 996–1002, 2010.

SALES-CAMPOS, C. *et al.* Physicochemical analysis and centesimal composition of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown in residues from the Amazon. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 456–461, abr. 2011.

SARDAR, H. et al. Agro-industrial residues influence mineral elements accumulation and nutritional composition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). **Scientia Horticulturae**, v. 225, pág. 327–334, 2017.

SHARIF, S. et al. Wild mushrooms: a potential source of nutritional and antioxidant attributes with acceptable toxicity. **Preventive nutrition and food science**, v. 22, n. 2, pág. 124, 2017.

SILVA, A. C; JORGE, N. Cogumelos: compostos bioativos e propriedades antioxidantes / Mushrooms: bioactive compounds and antioxidant Properties. **UNOPAR Científica Ciências biológicas e da saude**. v. 13, pág. 375-384, 2011.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.28, n.1, 1977.

ŚLUSARCZYK, J.; ADAMSKA, E.; CZERWICK-MARCINKOWSKA, J. Fungi and Algae as Sources of Medicinal and Other Biologically Active Compounds: A Review. **Nutrients**, v. 13, n. 9, pág. 3178, 2021.

SOETAN, K.O; OLAYIA, C.O.; OYEWOLE, O.E. A importância dos elementos minerais para humanos, animais domésticos e plantas: uma revisão. **Revista Africana de Ciência dos Alimentos**, v. 4, p. 200-222, 2010.

SU, S. et al. Oxidative stress as a culprit in diabetic kidney disease. **Life Sciences**, v. 322, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3^a Ed. Porto Alegre: **Artmed**. 2009.

TAMBE, V. D; BHAMBAR, R. S. Estimation of total phenol, tannin, alkaloid and flavonoid in *Hibiscus tiliaceus* Linn. wood extracts. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, v. 2, n. 4, pág. 41-47, 2014.

VERRUCK, S; PRUDENCIO, E; SILVEIRA, S. COMPOSTOS BIOATIVOS COM CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA EM FRUTAS. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 4, pág. 111-124, 2019.

YANG, L. et al. Metabolismo de aminoácidos em células imunes: reguladores essenciais das funções efetoras e oportunidades promissoras para melhorar a imunoterapia contra o câncer. **J Hematol. Oncol.** v. 16, p. 59–33, 2023.

YILMAZ, A. et al. Total Phenolics, Flavonoids, Tannin Contents and Antioxidant Properties of *Pleurotus ostreatus* Cultivated on Different Wastes and Sawdust. **International Journal of Secondary Metabolite**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2017.

ZÁRATE-SALAZAR, J. R. et al. Use of lignocellulosic corn and rice wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) cultivation. **SN Applied Sciences**, v. 11, n. 2, pág. 1–10, 2020.