



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

Recredenciada pela Portaria – MEC n.º 747, de 10/09/2020 – D.O.U. 11/09/2020

Mantenedora: UNIPAR – SOCIEDADE EMPRESARIAL LTDA.

Coordenação de Pós-Graduação *Stricto Sensu* e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura

Maria Aparecida Pereira Garcez

Investigação das atividades biológicas do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob estímulos luminosos

Umuarama

2026

Maria Aparecida Pereira Garcez

Investigação das atividades biológicas do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob estímulos luminosos

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do grau de mestre em Biotecnologia Aplicada à Agricultura pela Universidade Paranaense - UNIPAR.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Silveira do Valle.

Umuarama
2026

Ficha Catalográfica

G215i Garcez, Maria Aparecida Pereira.

Investigação das atividades biológicas do micélio de
Lentinus berteroi cultivado sob estímulos luminosos / Maria
Aparecida Pereira Garcez. – Umuarama: Universidade
Paranaense – UNIPAR, 2026.

42 f.

Orientadora: Dr^a. Juliana Silveira do Valle.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Paranaense –
UNIPAR.

1. Antioxidante. 2. Basidiomiceto. 3. Fotoproteção. 4.
Fotomodulação. 5. Luz visível. 6. Polyporaceae. I. Universidade
Paranaense – UNIPAR. II. Título.

(21 ed.) CDD: 579.59

Bibliotecária Responsável Regiane Luiza Campaneli CRB 9/2194

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, sabedoria e coragem concedidas em todos os momentos desta caminhada acadêmica.

Aos meus familiares, especialmente aos meus filhos, pelo amor incondicional, compreensão e por cada sorriso que me motivou a continuar mesmo nos dias mais difíceis. Ao meu marido, pela parceria, incentivo e apoio constante em todos os momentos, sendo meu ponto de equilíbrio e maior motivador.

À minha orientadora, Profa. Dra. Juliana Silveira do Valle pela dedicação, apoio, paciência e valiosas contribuições que tornaram possível a concretização deste trabalho. Sua orientação foi essencial para o meu crescimento científico e pessoal.

Aos meus colegas de pesquisa e de curso, que compartilharam comigo desafios, aprendizados e conquistas ao longo desta trajetória. Em especial ao Gabriel Tramontini pela colaboração, incentivo e companheirismo que tornaram o percurso mais leve e enriquecedor.

Ao CNPq pela bolsa e a UNIPAR pela oportunidade de fazer Mestrado.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	05
ABSTRACT	06
INTRODUÇÃO	07
MATERIAL E MÉTODOS	10
Material biológico e cultivo para produção de inóculo	10
Cultivo em meio líquido para produção de biomassa micelial	10
Determinação da biomassa micelial	10
Produção de extratos miceliais	11
Quantificação de fenóis totais	11
Quantificação de flavonoides totais.....	11
Determinação da atividade antioxidante	12
Método de sequestro dos radicais DPPH•	12
Método de sequestro dos radicais ABTS• ⁺	12
Método de redução do ferro (FRAP)	13
Determinação do fator de proteção solar <i>in vitro</i>	13
Determinação da razão UVA/UVB e comprimento de onda crítico	14
Determinação da capacidade de inibição da α -glicosidase	15
Determinação da atividade anti-tirosinase	15
Determinação da atividade anticolinesterásica	16
Análise estatística	17
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	29
Impacto dos comprimentos de onda de luz no crescimento micelial	29
Efeitos da luz sobre o teor de fenóis e flavonoides totais	30
Efeitos da luz sobre potencial antioxidante do micélio	31
Influência da luz sobre o potencial fotoprotetor dos extratos miceliais	32
Influência da luz sobre a capacidade de inibição enzimática dos extratos miceliais	33
CONCLUSÕES	36
AGRADECIMENTOS	37
REFERÊNCIAS	38

Maria Aparecida Pereira Garcez

Investigação das atividades biológicas do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob estímulos luminosos

RESUMO: *Lentinus berteroi* é um fungo basidiomiceto com potencial biotecnológico ainda pouco explorado, especialmente quanto à influência de fatores ambientais sobre o metabolismo micelial. Entre esses fatores, a luz tem se destacado como um modulador metabólico capaz de direcionar a produção de compostos bioativos em fungos. Assim, este estudo avaliou o efeito de diferentes comprimentos de onda de luz sobre o crescimento micelial e o perfil bioativo do micélio de *L. berteroi* cultivado em meio líquido. O micélio foi cultivado por 21 dias em meio extrato de malte (2%), na ausência de luz ou sob iluminação contínua por LEDs azul, verde ou vermelho. Após o cultivo, foram obtidos extratos hidroalcoólicos do micélio, e avaliou-se o teor de fenóis e flavonoides totais, a atividade antioxidante pelos métodos de sequestro dos radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolona-6-ácido sulfônico) e de redução do ferro FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), o fator de proteção solar (FPS) *in vitro*, a razão UVA/UVB, o comprimento de onda crítico e a capacidade de inibição das enzimas α -glicosidase, tirosinase e acetilcolinesterase. A luz influenciou significativamente o crescimento e o metabolismo de *L. berteroi*. O cultivo sob luz azul apresentou produção de biomassa semelhante à do cultivo no escuro (~2,77 g/L), enquanto as luzes verde e vermelha reduziram o crescimento micelial. Embora o teor de fenóis totais tenha sido menor sob luz azul do que no escuro, essa condição apresentou a maior atividade antioxidante, com valores de FRAP de $175,63 \pm 2,70 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ e menores valores de IC_{50} nos ensaios DPPH ($38,57 \pm 0,22 \text{ mg/mL}$) e ABTS ($20,42 \pm 0,12 \text{ mg/mL}$). Todos os extratos apresentaram atividade fotoprotetora dependente da concentração, destacando-se o cultivo sob luz azul pelo maior FPS nas menores concentrações avaliadas ($\text{FPS} = 18,44 \pm 0,93$ a 10 mg/mL), além de razão UVA/UVB $\geq 1,0$ e comprimento de onda crítico $\geq 370 \text{ nm}$, caracterizando proteção de amplo espectro. Os extratos apresentaram elevada inibição da tirosinase ($> 89\%$ já a 1 mg/mL), enquanto a inibição da α -glicosidase foi mais pronunciada no cultivo no escuro (até $46,4\%$) e a inibição da acetilcolinesterase foi baixa, porém favorecida pela luz vermelha. Conclui-se que a luz visível atua como modulador qualitativo do metabolismo micelial de *L. berteroi*, sendo a luz azul a condição mais eficiente para direcionar a produção de metabólitos com elevada atividade antioxidante, fotoprotetora e inibidora da tirosinase. Esses resultados evidenciam o potencial do micélio de *L. berteroi* como fonte sustentável de compostos bioativos para aplicações nas áreas cosmética, farmacêutica e de alimentos funcionais, além de destacar o controle da iluminação como estratégia biotecnológica para o direcionamento metabólico em fungos.

Palavras-chave: Antioxidante. Basidiomiceto. Fotoproteção. Fotomodulação. Luz visível. Polyporaceae.

Maria Aparecida Pereira Garcez

Investigation of the biological activities of *Lentinus berteroi* mycelium cultivated under light stimuli.

ABSTRACT: *Lentinus berteroi* is a basidiomycete fungus with largely unexplored biotechnological potential, particularly with respect to the influence of environmental factors on mycelial metabolism. Among these factors, light has emerged as a metabolic modulator that directs the production of bioactive compounds in fungi. Thus, this study evaluated the effect of different wavelengths on mycelial growth and the bioactive profile of *L. berteroi* mycelium cultivated in liquid medium. The mycelium was cultivated for 21 days in malt extract medium (2%), in the absence of light or under continuous illumination by blue, green, or red LEDs. After cultivation, hydroalcoholic extracts of the mycelium were obtained, and the total phenol and flavonoid content, antioxidant activity by the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) free radical scavenging methods and the FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) iron reduction method, the in vitro sun protection factor (SPF), the UVA/UVB ratio, the critical wavelength, and the ability to inhibit the enzymes α -glucosidase, tyrosinase, and acetylcholinesterase were evaluated. Light significantly influenced the growth and metabolism of *L. berteroi*. Cultivation under blue light resulted in biomass production comparable to that under dark light (~ 2.77 g/L), whereas green and red light reduced mycelial growth. Although the total phenol content showed lower activity under blue light than in darkness, it exhibited the highest antioxidant activity, with FRAP values of 175.63 ± 2.70 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ and lower IC_{50} values in the DPPH (38.57 ± 0.22 mg/mL) and ABTS (20.42 ± 0.12 mg/mL) assays. All extracts showed concentration-dependent photoprotective activity, with cultivation under blue light exhibiting the highest SPF at the lowest concentrations evaluated (SPF = 18.44 ± 0.93 at 10 mg/mL), along with a UVA/UVB ratio ≥ 1.0 and a critical wavelength ≥ 370 nm, indicating broad-spectrum protection. The extracts showed high tyrosinase inhibition ($>89\%$ at 1 mg/mL), whereas α -glucosidase inhibition was more pronounced in dark culture (up to 46.4%). Acetylcholinesterase inhibition was low, but it was favored by red light. It is concluded that visible light acts as a qualitative modulator of the mycelial metabolism of *L. berteroi*, with blue light being the most efficient condition for directing the production of metabolites with high antioxidant, photoprotective, and tyrosinase-inhibiting activity. These results demonstrate the potential of *L. berteroi* mycelium as a sustainable source of bioactive compounds for applications in the cosmetic, pharmaceutical, and functional food industries, and highlight the importance of light control as a biotechnological strategy for metabolic targeting in fungi.

Keywords: Antioxidant. Basidiomycete. Photoprotection. Photomodulation. Visible light. Polyporaceae.

INTRODUÇÃO

Os fungos basidiomicetos desempenham papel fundamental nos ecossistemas, especialmente na ciclagem de carbono e na decomposição da matéria orgânica vegetal, em razão de sua capacidade de produzir um conjunto diversificado e especializado de enzimas lignocelulolíticas (Hinneburg *et al.*, 2025). Além de sua relevância ecológica, esses organismos têm despertado crescente interesse científico e tecnológico devido à produção de metabólitos secundários com propriedades biológicas e potencial aplicação nas áreas alimentícia, farmacêutica e cosmética (Wan Mohtar *et al.*, 2022).

Entre os basidiomicetos, o fungo *Lentinus berteroi* (Fr.) Fr., pertencente ao Filo Basidiomycota e à família Polyporaceae, é classificado como um fungo da podridão branca da madeira capaz de degradar todos os componentes da parede celular vegetal (Negrão *et al.*, 2014). Trata-se também de um produtor de cogumelos comestíveis, típico de regiões tropicais e neotropicais, sendo parte da dieta tradicional de algumas etnias amazônicas, como a etnia Yanomami (Nishikido, 2019). Apesar disso, o conhecimento científico sobre seu metabolismo e seu potencial biotecnológico ainda é limitado em comparação com outras espécies do gênero.

O interesse mundial pelo cultivo de cogumelos tem crescido, impulsionado pela demanda por sistemas produtivos mais sustentáveis e por produtos de maior valor agregado (Thomas; Mago, 2024). Nesse contexto, o cultivo em ambientes controlados permite ajustar fatores físicos, como temperatura, umidade e luz, o que possibilita aumentar a produção de biomassa e modular do metabolismo fúngico (Wong *et al.*, 2020). Essas estratégias têm sido exploradas para direcionar a síntese de compostos bioativos de interesse industrial (Barzee *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2022).

A luz é um importante sinal ambiental para os fungos, sendo percebida por sistemas de fotorrecepção sensíveis a diferentes comprimentos de onda, cuja ativação desencadeia vias de sinalização capazes de modular a expressão gênica, o crescimento e o metabolismo fúngico (Glukhova *et al.*, 2014; Yu; Fischer, 2019). De fato, estudos demonstram que a iluminação por LEDs afeta o crescimento e o metabolismo de diversas espécies, como *Lentinus crinitus* (Halabura *et al.*, 2023), *Pleurotus ostreatus* (Bakratsas *et al.*, 2024), *Lentinula edodes* (Mykchaylova *et al.*, 2024) e *Abortiporus biennis* (Pawlik *et al.*, 2025). No entanto, os efeitos da luz sobre o crescimento e o metabolismo de *L. berteroi* ainda não foram investigados, o que constitui uma lacuna de conhecimento.

Nos fungos produtores de cogumelos, o micélio vegetativo e o corpo de frutificação representam fases fisiológicas distintas, com perfis metabólicos próprios. Embora a maioria dos estudos se concentre nos corpos de frutificação, o micélio apresenta vantagens do ponto de vista biotecnológico, como maior facilidade de cultivo, produção contínua, maior padronização e menor dependência de condições ambientais (Lu *et al.*, 2025). Mesmo assim, o potencial bioativo do micélio permanece pouco explorado em muitas espécies. Assim, persiste uma lacuna significativa quanto ao potencial bioativo do micélio, mesmo sendo uma etapa facilmente cultivável (Rathore *et al.*, 2019).

O micélio de basidiomicetos pode ser uma fonte promissora de compostos bioativos, incluindo fenóis, flavonoides, terpenoides, ácidos orgânicos e polissacarídeos (Pinar; Rodríguez-Couto, 2024), associados a atividades antioxidante, antidiabética, neuroativa, entre outras (Kour *et al.*, 2022). No caso de *L. berteroi*, os estudos disponíveis são escassos, havendo relatos pontuais sobre a identificação de metabólitos com atividade antiproliferativa e imunossupressora (Rosa *et al.*, 2009), a produção de fitase (Batistela *et al.*, 2023), lacase e sua capacidade de degradar fármacos e bisfenol A (Avelino *et al.*, 2025) e a aplicação do micélio em processos de descoloração de corantes (Moreira Neto *et al.*, 2013). Entretanto, não há estudos que avaliem de forma integrada seu potencial como produtor de bioativos.

Entre os metabólitos fúngicos, os compostos fenólicos e flavonoides destacam-se por sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio, atuar como agentes redutores e absorver radiação ultravioleta (Pinar; Rodríguez-Couto, 2024). Essas propriedades justificam a avaliação da atividade antioxidante, bem como a investigação do potencial de inibição de enzimas como a α -glicosidase, relacionada ao controle glicêmico (Deveci *et al.*, 2021), a acetilcolinesterase, associada a distúrbios neurodegenerativos (Galić *et al.*, 2025), e a tirosinase, envolvida em processos de melanogênese e hiperpigmentação cutânea (Zolghadri *et al.*, 2019).

Adicionalmente, compostos fenólicos de origem natural têm sido investigados como agentes fotoprotetores, devido à sua capacidade de absorver radiação UV e reduzir danos oxidativos induzidos pela exposição solar (Oliveira *et al.*, 2021). Nesse contexto, metabólitos produzidos por fungos representam uma alternativa promissora aos filtros sintéticos convencionalmente utilizados (Mahmoud *et al.*, 2019).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes comprimentos de onda de luz na produção de biomassa micelial de *L. berteroi* e no perfil

de compostos bioativos do micélio, bem como investigar suas atividades antioxidante, de inibição enzimática e fotoprotetora.

MATERIAL E MÉTODOS

Material biológico e cultivo para produção de inóculo

O fungo basidiomiceto *Lentinus berteroi* (Fr.) Fr. (sinonímia *Lentinus bertieri* (Fr.)) foi utilizado neste estudo. Foi avaliada a linhagem de *L. berteroi* U21-2, depositada na coleção de culturas do Laboratório de Biologia Molecular da UNIPAR, em Umuarama – Paraná. A linhagem *L. berteroi* U21-2 foi adquirida junto ao Instituto de Botânica de São Paulo (nº CCIBt 3355) e originalmente coletada em Bofete - SP. A linhagem foi registrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número AE7ECBC.

A linhagem foi cultivada em meio sólido ágar-extrato-de-malte (20 g/L) a 28 ± 1 °C, na ausência de luz, para a produção de inóculo. Três discos de 6 mm de diâmetro, contendo micélio sem setoriamento, foram utilizados para inocular os meios de cultivo destinados à produção de biomassa micelial.

Cultivo em meio líquido para produção de biomassa micelial

Os cultivos de micélio foram realizados em frascos Erlenmeyer (250 mL) contendo 100 mL de meio de cultura líquido extrato de malte (20 g/L). O meio foi autoclavado a 121 °C por 20 minutos e, após a inoculação com o micélio, os frascos foram mantidos por 21 dias a 28 ± 1 °C em estufas BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sem agitação, no escuro ou sob diferentes comprimentos de onda de luz fornecidos por diodos emissores de luz (LED) (Halabura *et al.*, 2023). Foram utilizados LED azuis (450–495 nm), verdes (495–570 nm) e vermelhos (620–750 nm), com fluxo de fótons de 20 $\mu\text{mol}/\text{m}\cdot\text{s}$, que permaneceram acesos durante todo o período de cultivo. O cultivo na ausência de luz foi utilizado como controle, e os frascos de vidro mantidos sob essa condição foram envoltos em papel-alumínio para evitar qualquer exposição à luz.

Determinação da biomassa micelial

A biomassa micelial foi separada do meio de cultivo no 21º dia e último dia de cultivo. O micélio foi recuperado por filtração e mantido em estufa, com circulação de ar, a 60 °C, até massa constante. Após a secagem, a biomassa foi rapidamente congelada em

nitrogênio líquido e triturada em almofariz até obter um pó fino. Esse pó foi utilizado na obtenção dos extratos (Halabura *et al.*, 2023).

Produção de extratos miceliais

Os extratos foram obtidos segundo Saltarelli *et al.* (2009) com algumas modificações. Uma amostra de 5 g de biomassa seca e pulverizada foi adicionada a 25 mL de uma solução etanol:água (80:20, v/v), e a mistura foi mantida a 50 °C por 45 minutos. A mistura foi centrifugada a 4400 g por 20 minutos e o sobrenadante foi transferido para um novo tubo. O precipitado foi submetido a mais uma extração e centrifugado conforme descrito. Os sobrenadantes das duas extrações foram combinados e em seguida foram concentrados por evaporação a 45 °C.

Quantificação de fenóis totais

A quantificação de compostos fenólicos nos extratos miceliais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Os extratos foram diluídos em etanol:água (80:20, v/v) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL. Em uma placa de 96 poços, alíquotas de extrato de 20 µL foram misturadas com 155 µL de solução aquosa do reagente Folin-Ciocalteu 10% (v/v). Após 5 minutos, 125 µL de carbonato de sódio (75 g/L, m/v) foram adicionados e a placa foi mantida à temperatura ambiente por 60 min. A variação da absorbância foi determinada a 760 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). A mistura de etanol e água foi utilizada como controle analítico. As concentrações de fenóis foram calculadas a partir de uma curva padrão de ácido gálico (10–700 µM). Os resultados foram expressos em µg equivalentes de ácido gálico (EAG) por mg de micélio.

Quantificação de flavonoides totais

Os flavonoides totais no extrato do micélio foram determinados pelo método descrito por Alves e Kubota (2013), utilizando quercetina como padrão. Os extratos foram diluídos em etanol:água (80:20, v/v) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL. Uma alíquota (0,5 mL) dos extratos ou de solução padrão de quercetina (5, 10, 20 e 40 µg/mL) foi misturada a 0,5 mL de cloreto de alumínio a 2% em metanol em tubos de ensaio

protegidos da luz. Após 10 min à temperatura ambiente, a absorvância foi determinada a 425 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). O cloreto de alumínio foi usado como controle. A concentração de flavonoides foi calculada de acordo com a curva padrão de quercetina (5 – 40 µg/mL). Os resultados foram expressos em µg equivalentes de quercetina (EQ) por mg de micélio.

Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada pelos métodos de sequestro de radicais livres DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e ABTS•+ (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato)) e método de redução de ferro (FRAP, *Ferric Reducing Antioxidant Power*). Os extratos foram diluídos em etanol: água (80:20 v/v) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL.

Método de sequestro dos radicais DPPH•

Alíquotas de 0,01 mL de cada diluição do extrato foram misturadas a 0,29 mL de DPPH (60 µM), preparado em etanol no momento do uso. A mistura foi mantida por 30 minutos a 22 °C, no escuro. A variação da absorvância foi medida a 515 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). Um controle analítico foi preparado substituindo-se o extrato por 0,01 mL de etanol:água. A quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH• (concentração inibitória = IC₅₀) foi calculada segundo Rufino *et al.* (2007a).

Método de sequestro dos radicais ABTS•+

A capacidade de sequestro do radical livre ABTS•+ foi determinada conforme descrito por Rufino *et al.* (2007b). A solução de ABTS foi preparada pela mistura de 5 mL de ABTS a 7 mM e 0,088 mL de persulfato de potássio a 140 mM. A solução foi mantida no escuro a 25 °C por 16 horas. Antes do uso, a absorvância da solução de ABTS foi ajustada a $0,7 \pm 0,05$ nm a 734 nm por diluição com etanol:água (80:20, v/v).

As reações foram preparadas misturando-se 0,29 mL da solução de ABTS com 0,01 mL dos extratos miceliais, e mantidas no escuro à temperatura ambiente por 30 minutos. Em seguida, a absorvância foi determinada a 734 nm em um leitor de

microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). A quantidade de amostra necessária para reduzir a concentração inicial do radical ABTS•⁺ em 50% (IC₅₀) foi calculada.

Método de redução do ferro (FRAP)

O reagente FRAP foi preparado inicialmente pela mistura de 25 mL de tampão acetato (300 mM, pH 3,6), 2,5 mL de solução aquosa de TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina, 10 mM) e 2,5 mL de solução aquosa de cloreto ferroso (20 mM). Os extratos (0,01 mL) foram misturados com 290 µL do reagente FRAP, homogeneizados vigorosamente e mantidos a 37 °C por 30 minutos. A absorbância foi determinada a 595 nm, e o percentual de atividade antioxidante foi calculado em relação à curva padrão de sulfato ferroso (0 - 2000 µM) (Rufino *et al.*, 2006).

Determinação do fator de proteção solar *in vitro*

O extrato foi utilizado na determinação do fator de proteção solar conforme Oliveira *et al.* (2021). O extrato foi diluído em etanol:água (80:20, v/v) nas concentrações de 10, 20, 30, 40 e 50 mg/mL. A absorbância de cada diluição foi determinada em três repetições, nos comprimentos de onda de 290 a 320 nm, com incrementos de 5 nm, em leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). O etanol foi utilizado como controle analítico.

O cálculo do valor do FPS foi baseado na Equação 1:

$$FPS = CF \sum_{290}^{320} EE(\lambda) I(\lambda) Abs(\lambda) \quad (1)$$

Onde:

CF = 10 (fator de correção)

EE(λ) = espectro do efeito eritemal

I(λ) = espectro da intensidade solar

Abs(λ) = absorbância da amostra no comprimento de onda λ.

Os valores de EE(λ) x I(λ) são constantes (Mansur *et al.*, 1986).

Determinação da razão UVA/UVB e comprimento de onda crítico

A razão UVA/UVB é a razão entre as áreas abaixo das curvas do espectro de absorção UVA (320–400 nm) e UVB (290–320 nm) (Wu *et al.*, 2020). Quanto mais próxima a proporção estiver da unidade, maior será a classificação de proteção anti-UVA.

O espectro de absorção de cada diluição do extrato foi determinado em triplicata, entre 290 e 400 nm, com incrementos de 5 nm, em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). O etanol foi usado como controle analítico. As razões UVA/UVB foram calculadas de acordo com a equação (2):

$$UVA/UVB = \frac{\int_{320}^{400} A(\lambda)d(\lambda)/\int_{320}^{400} d(\lambda)}{\int_{290}^{320} A(\lambda)d(\lambda)/\int_{290}^{320} d(\lambda)} \quad (2)$$

Onde:

$A(\lambda)$ é a absorbância média em cada comprimento de onda

$d(\lambda)$ é o intervalo de comprimento de onda entre as medições

Os extratos foram classificados de acordo com os níveis de proteção anti-UVA do sistema *Boot's star rating* (Boots, 2008), conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Graus de proteção anti-UVA segundo o sistema *Boot's star rating*.

Limites UVA/UVB						
	0 – 0,2	0,21 – 0,4	0,41 – 0,6	0,61 – 0,8	0,81 – 0,9	> 0,91
Proteção anti-UVA	Baixa	Moderada	Boa	Superior	Máxima	Ultra

O espectro de absorção também foi utilizado na determinação do comprimento de onda crítico, que corresponde ao comprimento de onda abaixo do qual se encontra 90% da curva de absorbância. Comprimento de onda crítico maior ou igual a 370 nm indica proteção solar de amplo espectro (Wang *et al.*, 2008).

Determinação da capacidade de inibição da α -glicosidase

A determinação da capacidade dos extratos em inibir a α -glicosidase foi avaliada segundo Daou *et al.* (2022) e Ombra *et al.* (2022) usando o *p*-nitrofenil- α -D-glucopiranosídeo (pNPG) como substrato. Os extratos foram diluídos em DMSO (dimetilsulfóxido 50%) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL. Uma solução de α -glicosidase (1 U/mL) e uma solução 2 mM de pNPG foram preparadas em tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 6,9). Em tubos de ensaio misturou-se 100 μ L de tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 6,9), 40 μ L de α -glicosidase e 20 μ L de extrato que foram incubados a 37 °C por 10 min. Em seguida, adicionou-se 40 μ L de pNPG e incubou-se novamente a 37 °C por 10 min. Ao final da incubação acrescentou-se 200 μ L de carbonato de sódio (100 mM) e a absorbância foi determinada a 405 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA). A mistura de todos os componentes reacionais menos o extrato e a mistura de todos os componentes menos o pNPG foram utilizados como controles analíticos. A porcentagem de inibição da α -glicosidase foi determinada segundo a equação (3):

$$\% \text{ de inibição} = \left(\frac{AbsC - AbsE}{AbsC} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde: *AbsC* = absorbância do controle sem extrato e *AbsE* = absorbância da amostra com extrato.

Determinação da atividade anti-tirosinase

A determinação do potencial dos extratos para inibir a atividade da tirosinase na oxidação de L-DOPA (3,4-dihidroxi-L-fenilalanina) em dopacromo foi avaliada segundo Macrini *et al.* (2009), com algumas modificações. Os extratos foram diluídos em DMSO (dimetilsulfóxido 50%) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL. A tirosinase foi diluída em tampão fosfato (100 mM, pH 6,8) até obter a concentração de 250 U/mL. As reações enzimáticas foram preparadas com L-DOPA (0,5 mg/mL em tampão fosfato) como substrato. Em placas de 96 poços foram adicionados 40 μ L de extrato, 80 μ L de tampão fosfato e 40 μ L de tirosinase. As placas foram mantidas a 30 °C por 15 min, em seguida 40 μ L de solução de L-DOPA foram adicionados e após 15 min a absorvância foi determinada a 475 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus*

384 (Molecular Devices, EUA). A mistura de todos os componentes reacionais, menos o extrato, e a mistura de todos os componentes, menos o substrato, foram utilizadas como controles analíticos. A porcentagem de inibição da tirosinase foi determinada segundo a equação (4):

$$\% \text{ de inibição} = \left(\frac{AbsC - AbsE}{AbsC} \right) \times 100 \quad (4)$$

Onde: $AbsC$ = absorvância do controle sem extrato e $AbsE$ = absorvância da amostra com extrato.

Determinação da atividade anticolinesterásica

A atividade inibitória da acetilcolinesterase (AChE) foi determinada com o auxílio de um kit de triagem de inibidores da acetilcolinesterase (Sigma-Aldrich), conforme as recomendações do fabricante. Os extratos foram diluídos em DMSO (dimetilsulfóxido 50%) até as concentrações de 5, 7,5, 10 e 15 mg/mL. Inicialmente, preparou-se uma mistura (mix) dos componentes básicos da reação contendo tampão de ensaio, iodeto de acetiltiocolina e ácido 5,5'-ditiobis(2-nitrobenzoico) (DTNB). Em placas de 96 poços, adicionaram-se AChE (400 U/L em tampão) e 5 μ L de extrato e a placa foi mantida a 35 °C por 15 min. Em seguida, adicionaram-se 150 μ L de mix reacional. A hidrólise do iodeto de acetiltiocolina foi monitorada a 412 nm em um leitor de microplacas *SpectraMax Plus 384* (Molecular Devices, EUA) pela formação do ânion amarelo 5-tio-2-nitrobenzoato, resultante da reação do DTNB com a tiocolina liberada. A mistura de todos os componentes reacionais, menos o extrato, e a mistura de todos os componentes, menos o substrato, foram utilizadas como controles analíticos. A porcentagem de inibição da AChE foi determinada segundo a equação (5):

$$\% \text{ de inibição} = \left(\frac{AbsC - AbsE}{AbsC} \right) \times 100 \quad (5)$$

Onde: $AbsC$ = absorvância do controle sem extrato e $AbsE$ = absorvância da amostra com extrato.

Análise estatística

Os ensaios para a produção de biomassa seguiram o delineamento inteiramente casualizado e todos os ensaios analíticos foram conduzidos em triplicata. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias ($p \leq 0,05$) determinadas pelo teste de Scott-Knott com auxílio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS

A luz afetou o crescimento de *L. berteroi* (Tabela 2). A produção sob luz azul não diferiu do cultivo no escuro. Já os cultivos sob luz verde e vermelha reduziram a produção de micélio quando comparados ao escuro.

Tabela 2. Biomassa micelial (média \pm desvio padrão) de *Lentinus berteroi* cultivado em extrato de malte (20 g/L) na ausência de luz e sob diferentes condições de iluminação.

Tratamento	Produção de biomassa (g/L)
Escuro	2,76 \pm 0,00 ^a
Azul	2,77 \pm 0,00 ^a
Verde	2,71 \pm 0,00 ^b
Vermelho	2,53 \pm 0,00 ^c

Médias indicadas por letras distintas apresentam diferença significativa de acordo com o teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$).

O micélio cultivado sob luz verde apresentou o teor de fenóis totais estatisticamente similar ao cultivo no escuro (Tabela 3). A luz azul e a luz vermelha reduziram o teor de fenóis no micélio em comparação com o cultivo no escuro. A luz vermelha foi a que reduziu os fenóis de forma mais expressiva (40% de redução), enquanto a luz azul reduziu em torno de 17%.

O tratamento escuro e a exposição à luz azul resultaram em valores semelhantes de flavonoides totais. Por outro lado, os tratamentos sob luz verde e luz vermelha apresentaram teores significativamente menores, sendo 15% e 16% menores que o escuro, respectivamente, indicando influência do espectro luminoso sobre a produção de flavonoides no micélio de *L. berteroi*.

Os resultados dos ensaios de atividade antioxidante indicaram que o cultivo sob luz afetou as propriedades antioxidantes do micélio de *L. berteroi* (Tabela 4).

No ensaio FRAP o maior poder redutor foi observado para os extratos derivados do micélio cultivado sob luz azul, cerca de 88% maior que o poder redutor do micélio cultivado na ausência de luz (Tabela 4). O segundo maior poder redutor foi dos extratos derivados do cultivo na luz verde que foi 29% maior que o cultivo no escuro. Já a luz vermelha resultou em atividade redutora equivalente ao cultivo no escuro.

Tabela 3. Teor de fenóis totais e de flavonoides totais dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz.

Método	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
Fenóis totais (μg EAG/mg)	178,08 \pm 0,23 ^a	147,31 \pm 4,04 ^b	188,50 \pm 2,75 ^a	106,31 \pm 5,31 ^c
Flavonoides totais (μg EQ/mg)	403,33 \pm 1,77 ^a	409,36 \pm 1,32 ^a	342,61 \pm 1,11 ^b	337,02 \pm 4,27 ^b

Os resultados são expressos como média \pm desvio padrão, de três repetições. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Scott–Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 4. Atividades antioxidantes dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz, determinadas pelos métodos do poder antioxidante redutor de íon férrico (FRAP) e de captura de radicais livres 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) e 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolona-6-sulfônico) (ABTS•+).

Método	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
FRAP ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$)	93,27 \pm 3,50 ^c	175,63 \pm 2,70 ^a	120,65 \pm 3,68 ^b	89,90 \pm 2,32 ^c
DPPH• (IC ₅₀) (mg/mL)	66,05 \pm 0,28 ^d	38,57 \pm 0,22 ^a	45,00 \pm 0,21 ^b	62,57 \pm 0,24 ^c
ABTS•+ (IC ₅₀) (mg/mL)	40,37 \pm 0,30 ^d	20,42 \pm 0,12 ^a	20,60 \pm 0,02 ^b	38,18 \pm 0,09 ^c

Os resultados são expressos como média \pm desvio padrão, com três repetições. IC₅₀ = concentração inibitória, que representa a concentração de extrato necessária para inibir 50% dos radicais DPPH ou ABTS. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Scott–Knott ($p \leq 0,05$). Os valores de FRAP foram obtidos a partir da curva padrão de FeSO₄. Controles positivos - Quercetina, IC₅₀ = 0,0148 \pm 0,01 mg/mL (DPPH), Trolox, IC₅₀ = 0,003 \pm 0,00 mg/mL (ABTS).

Nos ensaios de sequestro de radicais livres (Tabela 4), observaram-se respostas menos expressivas do que pelo método FRAP, porém coerentes. Nos dois métodos avaliados — sequestro do radical DPPH e ABTS•+ — a menor concentração inibitória (IC₅₀), indicativa de maior atividade antioxidante, foi observada nos extratos obtidos do cultivo sob luz azul, seguida pela luz verde. Os extratos cultivados no escuro e em luz vermelha exibiram IC₅₀ significativamente maiores, indicando menor eficiência na neutralização de radicais livres. Os resultados da avaliação da atividade antioxidante indicam que o comprimento de onda da luz influencia a capacidade redutora e a

capacidade de neutralização de radicais livres do micélio de *L. berteroi*, refletindo alterações no perfil de compostos com potencial antioxidante.

O potencial fotoprotetor dos extratos de *L. berteroi* também foi avaliado. O fator de proteção solar (FPS) dos extratos do micélio de *L. berteroi* aumentou de forma consistente com a concentração do extrato e foi influenciado pelas condições de luz durante o cultivo micelial (Tabela 5).

Tabela 5. Fator de proteção solar (FPS) dos extratos hidroalcoólicos obtidos a partir do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes comprimentos de onda de luz.

Concentração do extrato (mg/mL)	FPS			
	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
10	12,74 ± 0,25 ^{dB}	18,44 ± 0,93 ^{cA}	14,59 ± 1,87 ^{cB}	14,60 ± 1,87 ^{dB}
20	24,20 ± 1,08 ^{cB}	30,74 ± 3,79 ^{bA}	22,83 ± 2,73 ^{bB}	21,68 ± 2,37 ^{cB}
30	38,27 ± 0,12 ^{bA}	29,40 ± 0,39 ^{bC}	37,93 ± 0,06 ^{aA}	32,12 ± 0,45 ^{bB}
40	39,45 ± 0,02 ^{aA}	39,49 ± 0,00 ^{aA}	39,35 ± 0,04 ^{aA}	32,63 ± 0,23 ^{aB}
50	39,31 ± 0,28 ^{aA}	39,49 ± 0,00 ^{aA}	39,98 ± 0,82 ^{aA}	39,48 ± 0,00 ^{aA}

Os resultados são a média ± desvio padrão de três repetições. Letras minúsculas na mesma coluna comparam médias de FPS das diferentes concentrações de extrato. Letras maiúsculas na mesma linha comparam médias de FPS nas diferentes condições de luminosidade. Médias indicadas por letras distintas diferem significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott-Knott.

Em concentrações mais baixas de extrato (10 e 20 mg/mL), a luz azul proporcionou um aumento significativo no FPS em relação ao escuro. A luz verde também superou o escuro, embora com menor intensidade, enquanto a luz vermelha apresentou valores semelhantes ou apenas discretamente superiores.

Com 30 mg/mL de extrato, a influência da luz assumiu padrões distintos. Tanto a luz verde quanto o escuro produziram FPS elevados e estatisticamente semelhantes, enquanto a luz azul apresentou redução em comparação ao escuro. Já a luz vermelha resultou em FPS inferior em relação ao escuro. Em 40 mg/mL, os efeitos de luz azul, verde e escuro tornaram-se praticamente equivalentes, todos com FPS próximos de 39, representando o nível mais alto observado antes da saturação. A luz vermelha, por outro lado, permaneceu com FPS significativamente menor que o escuro.

Na maior concentração avaliada (50 mg/mL), todas as condições de luz apresentaram FPS elevado, comparável ao do escuro, indicando que, nesse nível, o efeito da luminosidade sobre o rendimento fotoprotetor torna-se menos determinante.

De acordo com as Figuras 1, 2, 3 e 4, o espectro de absorção da luz UV dos extratos miceliais de diferentes condições de luz revelou que o extrato do cultivo sob luz azul (Figura 2) apresentou faixa de máxima absorção mais ampla, cobrindo toda a região do UVB e o início da faixa UVA. Em contraste, os extratos miceliais das demais condições de luz apresentaram máxima absorção predominantemente na faixa do UVB, com menor extensão na faixa UVA. Contudo, todos os extratos apresentaram absorção de radiação UV em amplo espectro, conforme os dados da razão UVA/UVB (Tabela 6).

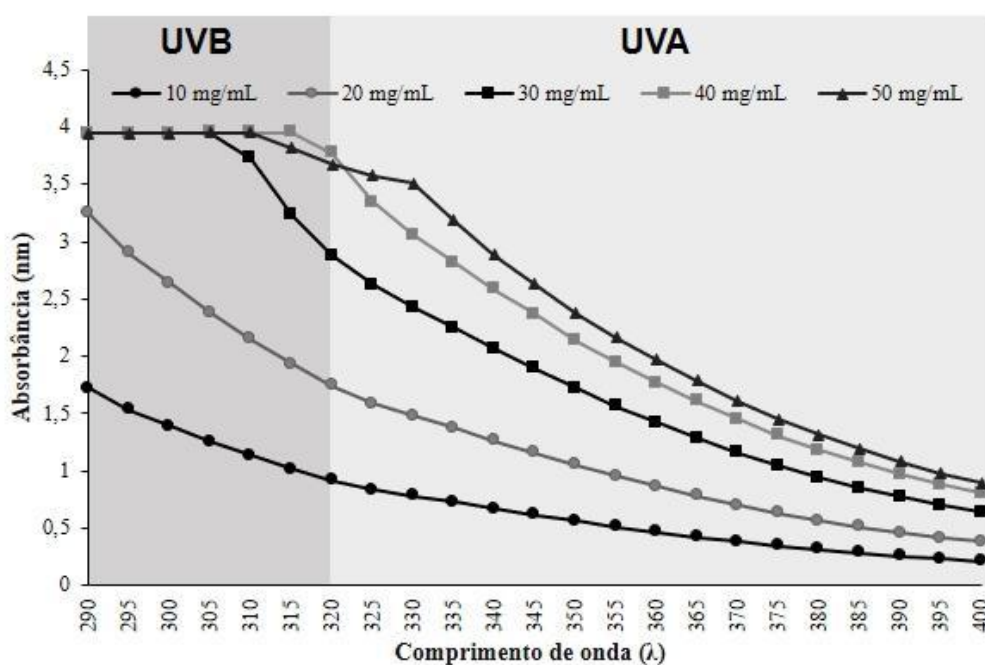


Figura 1. Espectro de absorção nos comprimentos de onda da radiação ultravioleta do extrato hidroalcoólico do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado no escuro.

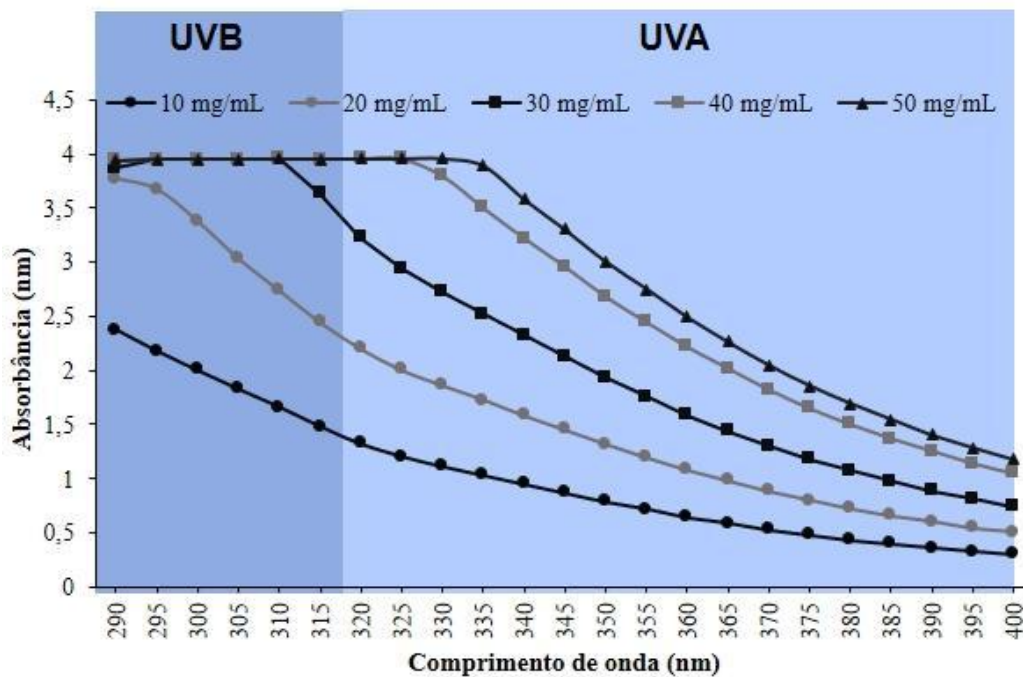


Figura 2. Espectro de absorção nos comprimentos de onda da radiação ultravioleta do extrato hidroalcoólico do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob luz azul.

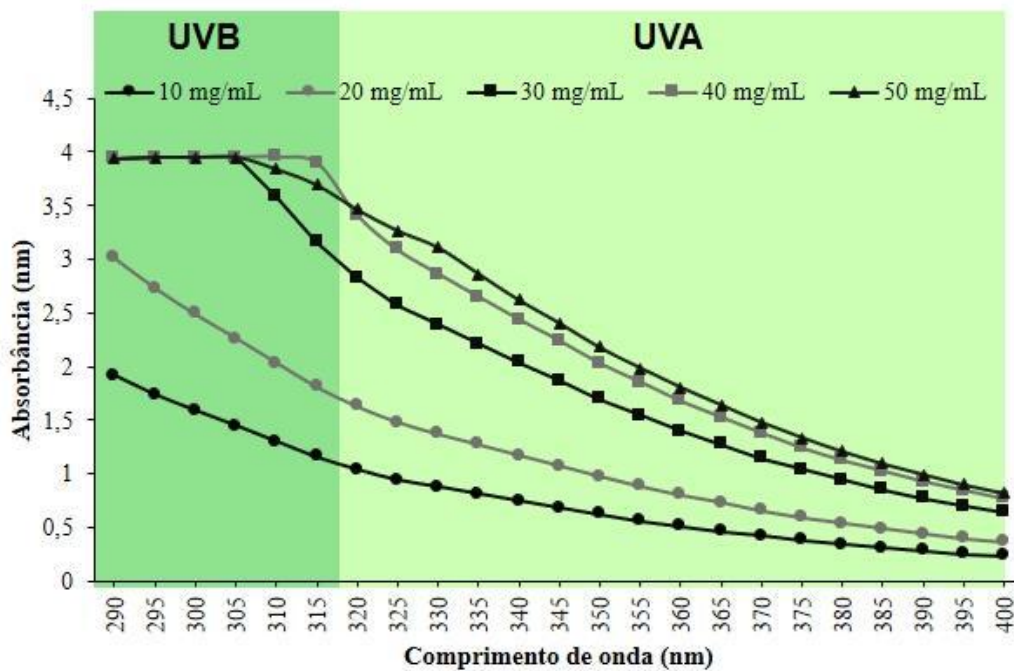


Figura 3. Espectro de absorção nos comprimentos de onda da radiação ultravioleta do extrato hidroalcoólico do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob luz verde

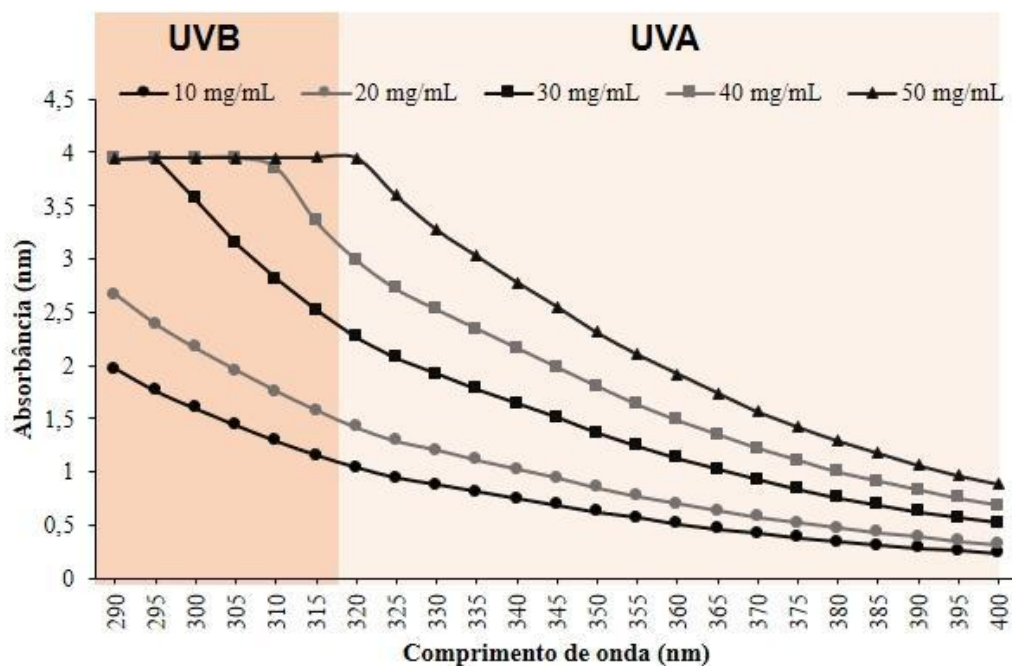


Figura 4. Espectro de absorção nos comprimentos de onda da radiação ultravioleta do extrato hidroalcoólico do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob luz vermelha.

A razão UVA/UVB dos extratos de *L. berteroi* foi influenciada pela condição de luz do cultivo, quando comparados ao escuro (Tabela 6). No extrato a 10 mg/mL, o cultivo no escuro apresentou razão ligeiramente superior (1,05) em comparação às condições de luz, que variaram entre 1,01 e 1,02. Nesse nível, os três tratamentos luminosos apresentaram valores estatisticamente inferiores ao do escuro ($p \leq 0,05$).

Em 20 mg/mL, as diferenças entre luz e escuro foram mínimas, indicando um comportamento mais homogêneo entre os tratamentos. Contudo, a partir de 30 mg/mL, os efeitos da luminosidade tornaram-se mais evidentes: a luz azul promoveu um aumento expressivo na razão UVA/UVB (1,20), superando tanto o escuro (1,10) quanto os cultivos em luz verde e vermelha. Nesse mesmo ponto, a luz vermelha apresentou o valor mais baixo entre os tratamentos (1,02), significativamente inferior ao escuro.

Na concentração de 40 mg/mL, a separação entre os tratamentos luminosos foi mais evidente. O cultivo sob luz azul atingiu a maior razão UVA/UVB (1,60), claramente superior ao escuro (1,30) e às luzes verde (1,24) e vermelha (1,14). Essa mesma tendência manteve-se em 50 mg/mL, onde luz azul e escuro apresentaram valores elevados (1,75 e 1,45, respectivamente), acompanhados de aumentos também nas luzes verde e vermelha, que atingiram valores semelhantes aos demais tratamentos.

Tabela 6. Razão UVA/UVB dos extratos hidroalcoólicos obtidos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado em diferentes comprimentos de onda de luz.

Concentração de extrato (mg/mL)	Escuro		Azul		Verde		Vermelho	
	Razão UVA-UVB	Proteção anti-UVA	Razão UVA-UVB	Proteção anti-UVA	Razão UVA-UVB	Proteção anti-UVA	Razão UVA-UVB	Proteção anti-UVA
10	1,05 ± 0,01 ^{bA}	Ultra	1,02 ± 0,00 ^{dB}	Ultra	1,01 ± 0,00 ^{bB}	Ultra	1,01 ± 0,00 ^{cB}	Ultra
20	1,02 ± 0,00 ^{bA}	Ultra	1,03 ± 0,00 ^{dA}	Ultra	1,02 ± 0,00 ^{bA}	Ultra	1,02 ± 0,00 ^{cA}	Ultra
30	1,10 ± 0,00 ^{bB}	Ultra	1,20 ± 0,01 ^{cA}	Ultra	1,10 ± 0,00 ^{bB}	Ultra	1,02 ± 0,00 ^{cC}	Ultra
40	1,30 ± 0,03 ^{aB}	Ultra	1,60 ± 0,00 ^{bA}	Ultra	1,24 ± 0,01 ^{aC}	Ultra	1,14 ± 0,00 ^{bD}	Ultra
50	1,45 ± 0,26 ^{aA}	Ultra	1,75 ± 0,03 ^{aA}	Ultra	1,34 ± 0,26 ^{aA}	Ultra	1,40 ± 0,03 ^{aA}	Ultra

Os resultados são a média ± desvio padrão de três repetições. Classificação da proteção anti-UVA segundo o *Boots's star rating* (Boots, 2008). Letras minúsculas na mesma coluna comparam as médias de razão UVA-UVB das diferentes concentrações de extrato. Letras maiúsculas na mesma linha comparam as médias de razão UVA-UVB dos extratos obtidos nas diferentes condições de luminosidade. Médias indicadas por letras distintas diferem significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott-Knott.

Apesar das variações na razão UVA/UVB, todos os extratos apresentaram classificação “Ultra” de proteção anti-UVA, indicando desempenho robusto dos extratos em absorver luz UV. Esses resultados são corroborados pelo comprimento de onda crítico determinado para os extratos (Tabela 7). Um comprimento de onda crítico ≥ 370 nm indica proteção solar de amplo espectro.

Tabela 7. Comprimento de onda crítico (λ_c) dos extratos hidroalcoólicos obtidos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado em diferentes comprimentos de onda de luz.

Concentração de extrato (mg/mL)	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
10	370	370	370	370
20	370	370	370	370
30	370	370	370	370
40	370	375	370	370
50	373	375	373	372

Quanto à capacidade dos extratos de inibir a atividade de diferentes enzimas, verificou-se que os extratos apresentaram atividade inibitória da α -glicosidase, dependente da concentração (Tabela 8), com destaque para o micélio cultivado no escuro, que exibiu aumento progressivo da inibição da enzima, atingindo 46,4% na concentração de 1,50 mg/mL (Figura 5). Os extratos obtidos sob iluminação por LED azul, verde e vermelho apresentaram atividade significativamente inferior, não ultrapassando 17% de inibição na maior concentração avaliada. Como nenhum extrato atingiu 50% de inibição da α -glicosidase na faixa de concentrações testada (0,50–1,50 mg/mL), não foi possível estimar a IC₅₀.

Tabela 8. Inibição da atividade da α -glicosidase dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz

Concentração de extrato (mg/mL)	Inibição da α -glicosidase (%)			
	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
0,50	8,27 \pm 0,24 ^{dA}	3,32 \pm 1,35 ^{bB}	1,89 \pm 0,22 ^{cB}	nd
0,75	14,60 \pm 0,93 ^{cA}	6,21 \pm 0,05 ^{bB}	6,96 \pm 0,36 ^{bB}	4,50 \pm 1,34 ^{cB}
1,00	26,06 \pm 0,75 ^{bA}	6,69 \pm 0,50 ^{bD}	11,04 \pm 0,15 ^{aC}	13,32 \pm 0,83 ^{bB}
1,50	46,43 \pm 0,33 ^{aA}	14,45 \pm 1,79 ^{aB}	11,56 \pm 0,83 ^{aB}	17,02 \pm 0,11 ^{aB}

Os resultados são a média \pm desvio padrão de três repetições. A concentração de extrato se refere a concentração final da reação enzimática. Médias indicadas por letras diferentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott-Knott. Letras minúsculas na mesma coluna comparam médias de inibição nas diferentes concentrações de extrato. Letras maiúsculas na mesma linha comparam médias de inibição em diferentes condições de luminosidade. Nd = não detectado.

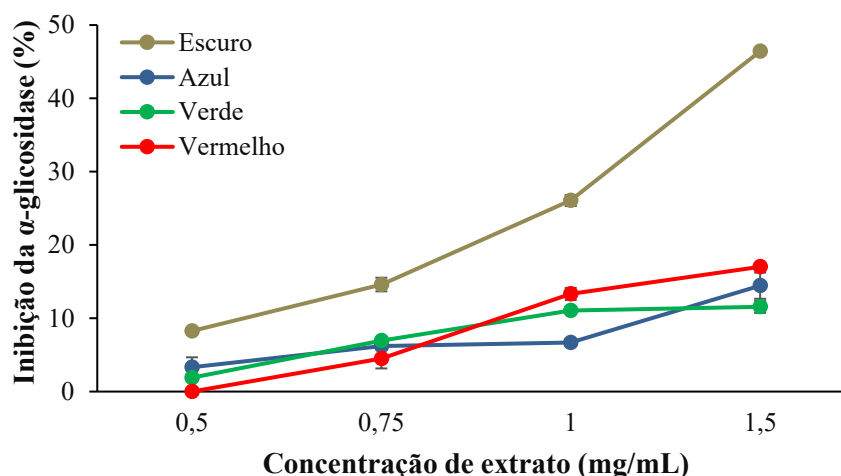


Figura 5. Inibição da atividade da α -glicosidase (média \pm desvio padrão) dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz.

Os extratos apresentaram elevada atividade inibitória da tirosinase em todas as condições de cultivo e concentrações avaliadas (Tabela 9). Na menor concentração de extrato testada (1,0 mg/mL), observou-se inibição superior a 89% para todos os tratamentos, com destaque para o extrato obtido do micélio cultivado sob LED vermelho, que alcançou $96,36 \pm 2,53\%$, diferindo significativamente dos demais. O aumento da concentração resultou em aumento da inibição enzimática, atingindo valores próximos ou equivalentes à inibição completa ($\sim 100\%$) nas concentrações de 2,0 e 3,0 mg/mL,

especialmente para os extratos dos micélios cultivados no escuro, sob LED verde e vermelho.

Não foi possível determinar o valor exato de IC₅₀ para os extratos de *L. berteroi* nas condições avaliadas, pois a menor concentração testada apresentou inibição superior a 80%, o que demonstra uma elevada afinidade dos componentes do extrato pela tirosinase, sugerindo que IC₅₀ situa-se em concentrações significativamente mais baixas que as analisadas.

Tabela 9. Inibição da atividade de tirosinase dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz.

Extrato (mg/mL)	Inibição da tirosinase (%)			
	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
1,00	89,21 ± 0,77 ^{cB}	92,25 ± 0,71 ^{aB}	91,38 ± 1,14 ^{bB}	96,36 ± 2,53 ^{bA}
1,50	95,26 ± 1,11 ^{bA}	95,12 ± 2,79 ^{aA}	91,60 ± 2,04 ^{bA}	96,76 ± 1,95 ^{bA}
2,00	98,30 ± 0,98 ^{aA}	95,72 ± 1,21 ^{aA}	97,01 ± 1,17 ^{aA}	97,67 ± 0,72 ^{bA}
3,00	98,83 ± 0,73 ^{aB}	97,50 ± 1,24 ^{aB}	98,83 ± 0,72 ^{aB}	100,00 ± 0,00 ^{aA}

Os resultados são a média ± desvio padrão de três repetições. A concentração de extrato se refere a concentração final da reação enzimática. As médias indicadas por letras diferentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott-Knott. Letras minúsculas na mesma coluna comparam as médias de inibição nas diferentes concentrações de extrato. Letras maiúsculas na mesma linha comparam as médias de inibição em diferentes condições de luminosidade.

Os extratos apresentaram inibição moderada a baixa da acetilcolinesterase, com diferenças em função da condição de cultivo e da concentração avaliada (Tabela 10). O extrato obtido do micélio cultivado sob luz vermelha destacou-se por apresentar efeito dose-dependente, com inibição crescente de $3,22 \pm 0,83\%$ a $37,85 \pm 1,84\%$ nas concentrações de 0,1875 a 0,375 mg/mL, respectivamente, diferindo significativamente dos demais tratamentos nas maiores concentrações testadas. O extrato obtido do micélio cultivado sob luz verde apresentou inibição discreta, variando entre $3,07 \pm 0,70\%$ e $7,55 \pm 0,82\%$, sem aumento expressivo com o aumento da concentração. O extrato obtido do micélio cultivado no escuro exibiu efeitos inibitórios baixos, nas concentrações mais elevadas, enquanto o extrato do micélio cultivado sob LED azul não apresentou atividade detectável nas condições experimentais avaliadas. Em conjunto, esses resultados indicam que a luz vermelha favoreceu a produção de metabólitos miceliais com maior potencial

anticolinesterásico, embora os valores observados permaneçam abaixo do limiar de 50% de inibição na faixa de concentração analisada.

Tabela 10. Inibição da atividade da acetilcolinesterase dos extratos do micélio de *Lentinus berteroi* cultivado sob diferentes condições de luz

Extrato (mg/mL)	Inibição da acetilcolinesterase (%)			
	Escuro	Azul	Verde	Vermelho
0,125	nd	nd	3,07 ± 0,70 ^b	nd
0,1875	4,00 ± 1,30 ^{bA}	nd	3,76 ± 0,39 ^{bA}	3,22 ± 0,83 ^{cA}
0,250	4,60 ± 0,33 ^{bB}	nd	7,55 ± 0,82 ^{aB}	20,95 ± 3,51 ^{bA}
0,375	6,92 ± 0,00 ^{aB}	nd	7,41 ± 0,86 ^{aB}	37,85 ± 1,84 ^{aA}

Os resultados são a média ± desvio padrão de três repetições. A concentração de extrato se refere a concentração final da reação enzimática. Médias indicadas por letras diferentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Scott-Knott. Letras minúsculas na mesma coluna comparam médias de inibição nas diferentes concentrações de extrato. Letras maiúsculas na mesma linha comparam médias de inibição em diferentes condições de luminosidade. Nd = não detectado.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou, de forma inédita, a influência de diferentes condições de luminosidade sobre o teor de fenóis e flavonoides, atividade antioxidante, fotoprotetora e capacidade de inibição enzimática do micélio do fungo *L. berteroi*.

A luz é um sinal ambiental importante para fungos, capaz de modificar o crescimento e o metabolismo por meio de fotorreceptores e de vias de transdução de sinal que modulam a expressão gênica e a biossíntese de metabólitos primários e secundários (Corrochano, 2019). No presente estudo, essa regulação ficou evidente em *L. berteroi*, pois diferentes comprimentos de onda alteraram simultaneamente a produção de biomassa, o teor de compostos fenólicos e flavonoides, o desempenho antioxidante dos extratos e as demais atividades biológicas investigadas, reforçando que a luz atua como modulador metabólico.

Resultados semelhantes foram observados em estudos com *Lentinus crinitus* por Halabura *et al.* (2023), onde diferentes comprimentos de onda de luz promoveram alterações no crescimento do micélio, na sua composição química e nas atividades antioxidante e antimicrobiana. Segundo os autores, tais respostas estão relacionadas à provável presença de sistemas de resposta à luz em *Lentinus* sp. cuja ativação resultam em modificações no metabolismo celular e no crescimento micelial. Embora *L. berteroi* e *L. crinitus* sejam espécies distintas, ambos ocorrem nas mesmas regiões climáticas e são fungos da podridão branda da madeira, o que pode indicar similaridades adaptativas, metabólicas e enzimáticas. No presente estudo, foram observadas respostas biológicas compatíveis com as descritas por Halabura *et al.* (2023), sugerindo que *L. berteroi* e *L. crinitus* podem compartilhar mecanismos regulatórios relacionados à resposta à luz.

Impacto dos comprimentos de onda de luz no crescimento micelial

Para *L. berteroi*, do ponto de vista do metabolismo micelial, os resultados indicam respostas específicas à luz visível. A luz azul promoveu crescimento micelial equivalente ao escuro, enquanto verde e vermelho reduziram a produção de micélio, com maior efeito inibitório no vermelho. Isso sugere que, em *L. berteroi*, a sinalização luminosa pode conduzir a ajustes fisiológicos e de rotas de defesa, em detrimento do acúmulo de biomassa, particularmente sob luz verde e vermelha. Ao mesmo tempo, o fato de o azul não afetar o crescimento pode ser um indicativo de que esse comprimento de onda pode

favorecer uma adaptação metabólica mais eficiente, preservando o crescimento e aumentando funções associadas à proteção contra o estresse oxidativo.

A resposta fotossensível em fungos é altamente espécie-específica. Por exemplo, Luo *et al.* (2026) observaram que, em *Tricholoma giganteum*, a exposição à luz azul aumentou o crescimento micelial em 45%, enquanto a luz vermelha aumentou a atividade de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase (SOD). Em *L. crinitus* todos os comprimentos de onda de luz aumentaram o crescimento micelial e a luz azul e verde promoveram ainda o surgimento de primórdios, etapa inicial da produção de cogumelos (Halabura *et al.*, 2023). Em contraste, De Bonis *et al.* (2024) relataram que, em *Pleurotus ostreatus*, a luz vermelha foi mais eficaz em promover maior crescimento micelial.

Efeitos da luz sobre o teor de fenóis e flavonoides totais

Há evidências de que a luz visível atua como um sinal ambiental primário que, ao interagir com fotorreceptores específicos, como o complexo *White Collar* sensível à luz azul, opsinas para luz verde ou fitocromos para luz vermelha, modula a expressão gênica global (Yu *et al.*, 2023). Essa sinalização pode reprogramar o metabolismo primário, modificando a absorção de carbono, a respiração celular e alterando rotas metabólicas para sustentar o crescimento micelial (Luo *et al.*, 2026).

Também há evidências de que diferentes comprimentos de onda de luz visível influenciam a produção de compostos bioativos em fungos (Yu *et al.*, 2023). Brakatsas *et al.* (2024) relataram aumento na síntese de exopolissacarídeos em *Pleurotus ostreatus* sob exposição à luz vermelha e verde. Já para *Pycnoporus sanguineus*, a exposição à luz amarela e vermelha aumentou a produção de pimentos, o poder redutor e a capacidade de sequestro de radicais livres, além de modular propriedades imunomodulatórias como a inibição de TNF- α (Lim *et al.*, 2024).

Para *L. berteroi*, as alterações metabólicas induzidas pela luz ficam evidentes ao relacionar o teor de fenóis e flavonoides e a atividade antioxidante. Em termos de fenóis totais, o micélio sob luz verde manteve valores estatisticamente semelhantes aos do escuro, enquanto o azul e, principalmente, o vermelho reduziram o teor fenólico. Entretanto, a resposta em flavonoides totais não acompanhou a dos fenóis totais, uma vez que a luz verde, apesar de não reduzir fenóis, apresentou o menor teor de flavonoides, ao passo que azul e vermelho não diferiram do controle. Isso se deve à metodologia usada e os fenóis totais (determinados por Folin-Ciocalteu) e os flavonoides totais (determinados

por reação com AlCl_3) refletirem conjuntos de compostos químicos distintos, provavelmente regulados por rotas metabólicas distintas (Prior *et al.*, 2005).

Efeitos da luz sobre potencial antioxidante do micélio

Quando se analisa a atividade antioxidante, a luz azul se destacou como o estímulo que mais aumentou o potencial redox do extrato. No ensaio FRAP, os extratos do cultivo sob azul exibiram o maior poder redutor, seguidos por verde; já o vermelho foi equivalente ao escuro. Em paralelo, nos ensaios de sequestro de radicais (DPPH e ABTS), a condição azul apresentou a menor IC_{50} (maior capacidade antioxidante), seguida por verde, enquanto as condições escuro e vermelho foram inferiores. Esse conjunto de dados indica que a luz azul favoreceu a produção de componentes com alta capacidade de doação de elétrons (FRAP) e desempenho na neutralização de radicais (DPPH e ABTS), caracterizando um perfil antioxidante consistente entre os métodos.

No entanto, vale destacar que a maior atividade antioxidante não se correlacionou com o maior teor de fenóis totais. A condição de luz azul apresentou fenóis totais menor do que o escuro, mas exibiu a maior atividade em FRAP, DPPH e ABTS. Isso sugere que a capacidade antioxidante de *L. berteroi* não está associada apenas à quantidade total de fenóis, mas, principalmente, a alterações nos tipos de compostos presentes. Essas alterações podem envolver a síntese preferencial de compostos com maior eficiência redutora, bem como a contribuição de outras classes de metabólitos antioxidantes não quantificadas pelos métodos empregados, como terpenoides, ácidos orgânicos e polissacarídeos (Heleno *et al.*, 2015).

Em comparação, Santos (2025) reportou valores de FRAP significativamente inferiores para extratos obtidos de micélio de *L. berteroi* cultivado exclusivamente no escuro ($23,72 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$), indicando que a ausência de iluminação resulta em um perfil redox menos pronunciado. Esses dados reforçam que a luz, particularmente a azul, favorece a síntese de metabólitos com maior capacidade de transferência de elétrons.

Os resultados de fenóis e flavonoides dos extratos miceliais de *L. berteroi* sugerem a predominância de metabólitos aromáticos estruturalmente complexos, como policetídeos fenólicos e pigmentos quinoidais, frequentemente observados em fungos basidiomicetos (Karunarathna *et al.*, 2025). Esses compostos apresentam estruturas que favorecem mecanismos antioxidantes baseados em transferência de elétrons, o que se reflete nos elevados valores observados no ensaio FRAP (Lin; Xu, 2022). Em contraste,

os ensaios DPPH e ABTS, que dependem da neutralização direta de radicais livres, apresentaram respostas mais moderadas.

A atividade redutora mais pronunciada que a capacidade de sequestro de radicais é corroborada por estudos, por exemplo, com o gênero *Hericium*, onde tal perfil é atribuído à produção de policetídeos e pigmentos complexos (Heleno *et al.*, 2015; Thongbai *et al.*, 2015). Adicionalmente, a expressiva resposta ao método do cloreto de alumínio indica a presença de substâncias com grupos funcionais capazes de complexar íons metálicos, como Al^{3+} e Fe^{3+} . Essa capacidade quelante é um indicativo tanto para o potencial antioxidante quanto para a inibição de enzimas metalo-dependentes, como a tirosinase (Alkan *et al.*, 2020), cujo sítio ativo requer a interação com íons de cobre. Contudo, a caracterização química detalhada do micélio de *L. berteroi* cultivado na luz permanece como etapa necessária para a identificação desses constituintes ativos.

A detecção de flavonoides como quercetina em extratos de *L. berteroi* cultivado no escuro, conforme relatado por Santos (2025), é compatível com a resposta observada no método do $AlCl_3$ no presente estudo, sugerindo que flavonoides do tipo flavonol podem contribuir para o perfil redox e para a inibição de enzimas metalo-dependentes.

Influência da luz sobre o potencial fotoprotetor dos extratos miceliais

Os efeitos da luz sobre o metabolismo de *L. berteroi*, refletiram diretamente no potencial fotoprotetor dos extratos. As condições de cultivo sob luz azul e verde resultaram nos maiores valores de fator de proteção solar (FPS), bem como em razões UVA/UVB e comprimentos de onda críticos compatíveis com proteção de amplo espectro, indicando maior capacidade de absorção da radiação UV nessas condições. Este é o primeiro relato do potencial fotoprotetor de *L. berteroi* cultivado em condições de luminosidade distintas e são escassos os estudos que avaliam essa característica, mesmo em outras espécies. Santos (2025) reportou valores de FPS similares aos deste estudo para os extratos hidroalcoólicos (não evaporados) do micélio de *L. berteroi* cultivado na ausência de luz. Sułkowska-Ziaja *et al.* (2021) determinaram o FPS dos extratos etanólicos do micélio (0,2 mg/mL) de *Ganoderma applanatum*, *Trametes versicolor* e *Laetiporus sulphureus* e observaram FPS de 9,03; 3,3 e 2,17, respectivamente.

O desempenho fotoprotetor mostrou associação com a atividade antioxidante, especialmente sob luz azul, condição que apresentou os maiores valores de FRAP e menores IC_{50} nos ensaios DPPH e ABTS. A determinação do FPS segundo Mansur *et al.*

(1986) baseia-se exclusivamente na absorbância dos extratos no espectro UV, de modo que os valores obtidos refletem a presença de compostos capazes de absorver a radiação UVA e UVB. Nesse contexto, a maior eficácia fotoprotetora observada nos extratos cultivados sob luz azul e verde sugere que essas condições favoreceram a síntese ou o acúmulo de metabólitos com maior capacidade de absorção UV, possivelmente associados a estruturas aromáticas complexas.

A ausência de correlação direta entre os teores de fenóis totais e os valores de FPS reforça que a eficácia fotoprotetora está relacionada à natureza dos compostos presentes, e não apenas à sua quantidade total. Segundo Sułkowska-Ziaja *et al.* (2021), a presença de ácidos fenólicos e de derivados de indol (como triptofano e triptamina) conferiu aos extratos a capacidade de absorção de radiação UV. Para *L. berteroi*, a provável presença de policetídeos e pigmentos quinoidais altamente conjugados, sugerida pelos elevados teores de flavonoides e pelo expressivo poder redutor (FRAP), reforça o potencial do seu extrato como insumo multifuncional.

Assim, os resultados sugerem que o controle do espectro luminoso, particularmente da luz azul, é uma estratégia eficiente para direcionar o metabolismo de *L. berteroi* para a produção de extratos com maior capacidade de absorção da radiação UV, sem extrapolar os limites do modelo *in vitro* empregado.

Influência da luz sobre a capacidade de inibição enzimática dos extratos miceliais

Os resultados de inibição enzimática indicam que a luz afetou o metabolismo de *L. berteroi*, resultando em perfis distintos de atividade frente às enzimas avaliadas. A capacidade inibitória dos extratos variou conforme o comprimento de onda da luz, evidenciando que a luz atuou principalmente na regulação qualitativa da composição química do micélio.

De modo geral, observa-se que as condições de cultivo favoreceram a inibição de atividades enzimáticas específicas, em vez de promover um aumento global da inibição de todas as enzimas. Esse comportamento sugere a ativação diferencial de rotas metabólicas sob diferentes estímulos luminosos, resultando na produção de metabólitos bioativos distintos. Isso foi observado previamente para os extratos miceliais de *L. crinitus* em que a luz afetou o perfil químico (Halabura *et al.*, 2023). Os autores relataram que em cultivo no escuro, o ácido benzoico foi o composto fenólico predominante, mas, o ácido gálico foi o principal composto em cultivo sob a luz. Em micélio de *Pleurotus*

ostreatus, a estimulação com luz azul induziu o acúmulo de ácido chiquímico relacionado ao aumento na expressão de enzimas determinantes na via do ácido chiquímico, nas vias da glicólise e das pentoses-fosfato (Kojima *et al.*, 2015).

Por isso, a ausência de correlação direta entre os teores globais de fenóis e flavonoides e todas as atividades inibitórias reforça a ideia de que a inibição enzimática depende mais da natureza dos compostos produzidos do que de sua quantidade total, como observado para a atividade antioxidante. Contudo, os compostos produzidos sob estímulo de luz em *L. berteroi* ainda precisam ser identificados.

No caso da tirosinase, observou-se elevada inibição em todos os extratos; entretanto, o micélio cultivado sob luz azul e vermelha se destacou por apresentar a maior inibição nas menores concentrações de extrato avaliadas, evidenciando maior eficiência inibitória em baixas doses.

O melhor desempenho dos extratos obtidos sob luz azul e vermelha pode ser correlacionado ao perfil metabólico induzido por essas condições, caracterizado por maior poder redutor (FRAP) e respostas consistentes nos ensaios de flavonoides baseados na complexação com Al^{3+} . Compostos com elevada capacidade redutora e grupos funcionais aptos à redução de metais tendem a interagir de forma mais eficiente com a tirosinase, uma enzima metalo-dependente cujo sítio ativo contém dois íons cobre (Schröder *et al.*, 2025). Assim, a maior inibição observada sob luz azul sugere a predominância de metabólitos com maior afinidade por centros metálicos, o que favorece a interação com a enzima.

Esses resultados contrastam com os observados por Santos (2025), que avaliou extratos de *L. berteroi* cultivado no escuro e reportou inibição da tirosinase em concentrações mais elevadas do extrato ($IC_{50} = 13,61$ mg/mL). A maior eficiência observada no presente estudo, especialmente sob luz azul e em baixas concentrações, reforça o papel da iluminação como fator de direcionamento metabólico para a produção de inibidores mais potentes dessa enzima.

Em contraste, a inibição da α -glicosidase foi menos ampla, sendo favorecida pelo cultivo no escuro, enquanto os extratos obtidos sob iluminação por LEDs azul, verde e vermelho exibiram inibição significativamente inferiores. A menor eficácia dos extratos obtidos sob luz, especialmente azul, condição associada a maior atividade antioxidante, reforça a ideia de uma possível alteração metabólica, onde estímulos luminosos que favorecem rotas antioxidantes e fotoprotetoras não necessariamente promovem a síntese de inibidores eficazes da α -glicosidase.

A comparação entre os perfis de inibição enzimática e de atividade antioxidante indica que essas bioatividades, embora relacionadas, não dependem necessariamente de compostos pertencentes às mesmas classes. Enquanto a luz azul favoreceu a atividade antioxidante global, a maior inibição da α -glicosidase foi observada no cultivo no escuro, e a atividade anti-tirosinase mostrou-se elevada independentemente do espectro luminoso, com pequena vantagem sob luz vermelha. Os extratos miceliais apresentaram baixa inibição da acetilcolinesterase nas condições avaliadas, sugerindo ausência de metabólitos com atividade significativa frente a esse alvo enzimático. Esses resultados reforçam a ideia de que a luz atua como um fator de direcionamento metabólico, permitindo a obtenção de extratos com funcionalidades específicas a partir de uma mesma espécie fúngica.

Em conjunto, os dados demonstram que o controle do espectro luminoso durante o cultivo de *L. berteroi* constitui uma ferramenta eficaz para modular, de forma seletiva, a produção de metabólitos com atividade inibitória frente a diferentes alvos enzimáticos. A elevada inibição da tirosinase e o efeito seletivo sobre a α -glicosidase destacam o potencial biotecnológico do micélio dessa espécie, ao mesmo tempo em que evidenciam a necessidade de abordagens direcionadas, nas quais a condição de cultivo seja ajustada à aplicação desejada.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstram que a luz influencia significativamente o crescimento e o metabolismo do micélio de *Lentinus berteroi*, modulando a produção de compostos bioativos e suas atividades biológicas.

A luz azul se destacou como o principal estímulo luminoso, promovendo maior atividade antioxidante, maior eficiência fotoprotetora em baixas concentrações de extrato e elevada inibição da tirosinase, sem prejuízo ao crescimento micelial. A luz verde e a vermelha proporcionaram perfis bioativos específicos, indicando uma resposta qualitativa dependente do comprimento de onda.

Este estudo evidenciou o potencial do micélio de *L. berteroi* como fonte de compostos antioxidantes, fotoprotetores de amplo espectro e inibidores eficientes da tirosinase, destacando o controle da iluminação, especialmente da luz azul, como uma estratégia promissora para o direcionamento metabólico e a obtenção de extratos com aplicação biotecnológica nas áreas cosmética, farmacêutica e de alimentos funcionais.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à CAPES, UNIPAR, FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA, CNPq pelas bolsas e financiamento de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALKAN, Sinan *et al.* Chemical characterization, antioxidant, enzyme inhibition and antimutagenic properties of eight mushroom species: A comparative study. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 3, p. 166, 2020.

ALVES, Elizângela; KUBOTA, Ernesto Hashime. Conteúdo de fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante de amostras de própolis comerciais. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, n. 1, 2013.

AVELINO, Katielle Vieira *et al.* Production and characterization of laccase from *Lentinus berteroi* and applications for biodegradation of organic micropollutants. **Biodegradation**, v. 36, n. 4, p. 64, 2025.

BAKRATSAS, Georgios *et al.* Exopolysaccharide production in submerged fermentation of *Pleurotus ostreatus* under red and green light. **Fermentation**, v. 10, n. 6, p. 313, 2024.

BARZEE, Tyler J. *et al.* Fungi for future foods. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 25-37, 2021.

BATISTELA, Aline Maria P. *et al.* Phytase production by white-rot fungi cultivated in liquid medium with particulate agro-industrial byproducts. **Concilium**, v. 23, n. 5, p. 250-264, 2023.

CHEN, Long *et al.* Research progress on indoor environment of mushroom factory. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 15, n. 1, p. 25-32, 2022.

CORROCHANO, Luis M. Light in the fungal world: from photoreception to gene transcription and beyond. **Annual Review of Genetics**, v. 53, n. 1, p. 149-170, 2019.

DAOU, Mariane *et al.* *In vitro* α -glucosidase inhibitory activity of *Tamarix nilotica* shoot extracts and fractions. **Plos One**, v. 17, n. 3, p. e0264969, 2022.

DE BONIS, Marina *et al.* Effect of different led light wavelengths on production and quality of *Pleurotus ostreatus* grown on different commercial substrates. **Horticulturae**, v. 10, n. 4, p. 349, 2024.

DEVECI, Ebru *et al.* Inhibitory activities of medicinal mushrooms on α -amylase and α -glucosidase-enzymes related to type 2 diabetes. **South African Journal of Botany**, v. 137, p. 19-23, 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GALIĆ, Milica; ČILERDŽIĆ, Jasmina; STAJIC, Mirjana. Mushrooms: Potential agents for the prevention and slowdown of Alzheimer's disease: A Review. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 27, 2025.

- GLUKHOVA, Lubov B. *et al.* Increased mycelial biomass production by *Lentinula edodes* intermittently illuminated by green light emitting diodes. **Biotechnology Letters**, v. 36, p. 2283-2289, 2014.
- HALABURA, Marisângela Isabel Wietzikoski *et al.* Light conditions affect the growth, chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the white-rot fungus *Lentinus crinitus* mycelial biomass. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 22, n. 3, p. 669-686, 2023.
- HELENO, Sandrina A. *et al.* Chemical composition, antioxidant activity and bioaccessibility studies in phenolic extracts of two *Hericium* wild edible species. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 475-481, 2015.
- HINNEBURG, Hannes; GU, Shanna; NASERI, Gita. Fungal Innovations—Advancing sustainable materials, genetics, and applications for industry. **Journal of Fungi**, v. 11, n. 10, p. 721, 2025.
- IDNURM, Alexander; HEITMAN, Joseph. Light controls growth and development via a conserved pathway in the fungal kingdom. **PLoS Biology**, v. 3, n. 4, p. e95, 2005.
- KARUNARATHNA, Samantha C. *et al.* Basidiomycete pigments as sustainable food colorants and stabilizers: from fungal biology to industrial potential. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1725536, 2025.
- KOJIMA, Masanobu; KIMURA, Ninako; MIURA, Ryuhei. Regulation of primary metabolic pathways in oyster mushroom mycelia induced by blue light stimulation: accumulation of shikimic acid. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 8630, 2015.
- KOUR, Harpreet *et al.* Bioactive compounds from mushrooms: Emerging bioresources of food and nutraceuticals. **Food Bioscience**, v. 50, p. 102124, 2022.
- LIM, Chui Li *et al.* Different wavelengths of LED irradiation promote secondary metabolite production in *Pycnoporus sanguineus* for antioxidant and immunomodulatory applications. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 23, n. 5, p. 987-996, 2024.
- LIN, Lan; XU, Jianping. Production of fungal pigments: molecular processes and their applications. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 1, p. 44, 2022.
- LU, Xikun; BRENNAN, Margaret Anne; BRENNAN, Charles Stephen. Harnessing the multifaceted potential of mushrooms: sustainable development, health promotion, and industrial innovation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. vvaf159, 2025.
- LUO, Qingqing *et al.* Effect of different light quality and photoperiod on mycelium and fruiting body growth of *Tricholoma giganteum*. **Life**, v. 16, n. 1, p. 39, 2025.
- MACRINI, Daclé Juliani *et al.* Extracts from Amazonian plants have inhibitory activity against tyrosinase: an *in vitro* evaluation. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, p. 715-721, 2009.

MAHMOUD, Nabila F. *et al.* Acaricidal and antiacetylcholinesterase activities of essential oils from six plants growing in Egypt. **International Journal of Acarology**, v. 45, n. 4, p. 245-251, 2019.

MANSUR, João de Souza *et al.* Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, p. 121-4, 1986.

MOREIRA NETO, Sergio L. *et al.* Decolorization of salt-alkaline effluent with industrial reactive dyes by laccase-producing basidiomycetes strains. **Letters in applied microbiology**, v. 56, n. 4, p. 283-290, 2013.

MYKCHAYLOVA, Oksana *et al.* Photoregulation of the biosynthetic activity of the edible medicinal mushroom *Lentinula edodes in vitro*. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 23, n. 3, p. 435-449, 2024.

NEGRÃO, Djanira Rodrigues *et al.* Biodegradation of *Eucalyptus urograndis* wood by fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 89, p. 95-102, 2014.

NISHIKIDO, Linda Midori Tsuji. Cogumelos como hábitos alimentares dos índios Yanomami-saberes associados à ciência, à preservação e à defesa da floresta amazônica. **Revista de Estudos Brasileños**, v. 6, n. 11, p. 205-210, 2019.

OLIVEIRA, Monika B.S. *et al.* Photoprotective and antiglycation activities of non-toxic *Cocos nucifera* Linn. (Arecaceae) husk fiber ethanol extract and its phenol chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 162, p. 113246, 2021.

OMBRA, Maria Neve; NAZZARO, Filomena; FRATIANNI, Florinda. Lowering the predicted glycemic index of pasta using dried onions as functional ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 73, n. 4, p. 443-450, 2022.

PAWLIK, Anna *et al.* Modulation of *Abortiporus biennis* response to oxidative stress by light as a new eco-friendly approach with a biotechnological perspective. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 12, p. 5482, 2025.

PINAR, Orkun; RODRÍGUEZ-COUTO, Susana. Biologically active secondary metabolites from white-rot fungi. **Frontiers in Chemistry**, v. 12, p. 1363354, 2024.

PRIOR, Ronald L.; WU, Xianli; SCHAICH, Karen. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005.

RATHORE, Himanshi *et al.* Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications. **Journal of Functional Foods**, v. 56, p. 182-193, 2019

ROSA, Luiz H. *et al.* Cytotoxic, immunosuppressive, trypanocidal and antileishmanial activities of Basidiomycota fungi present in Atlantic Rainforest in Brazil. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 95, p. 227-237, 2009.

RUFINO, Maria do Socorro M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007a.

RUFINO, Maria do Socorro M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

RUFINO, Maria do Socorro M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007b.

SALTARELLI, Roberta *et al.* Biochemical characterisation and antioxidant activity of mycelium of *Ganoderma lucidum* from Central Italy. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 143-151, 2009.

SANTOS, Maria Eduarda Guimarães dos. **Atividades biológicas da biomassa micelial de *Lentinus berteroi***. 2026. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura) – Universidade Paranaense, Umuarama, 2025.

SCHRÖDER, Noelia Malena *et al.* Exploring novel tyrosinase enzymes in Basidiomycota fungi from Paranaense rainforest (Argentina). **Arabian Journal for Science and Engineering**, p. 1-10, 2025.

SINGLETON, Vernon L. *et al.* Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: **Methods in Enzymology**. Academic press, 1999. p. 152-178.

SUŁKOWSKA-ZIAJA, Katarzyna *et al.* Mycelial culture extracts of selected wood-decay mushrooms as a source of skin-protecting factors. **Biotechnology Letters**, v. 43, n. 5, p. 1051-1061, 2021.

THOMAS, Lebin; MAGO, Payal. Unearthing the therapeutic benefits of culinary-medicinal mushrooms for humans: Emerging sustainable bioresources of 21st century. **Journal of Basic Microbiology**, p. e2400127, 2024.

THONGBAI, Benjarong *et al.* *Hericium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. **Mycological Progress**, v. 14, n. 10, p. 91, 2015.

WAN MOHTAR, Hanna Melini *et al.* Role of ascomycete and basidiomycete fungi in meeting established and emerging sustainability opportunities: a review. **Bioengineered**, v. 13, n. 7-12, p. 14903-14935, 2022.

WONG, Chui Eng *et al.* Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 48-63, 2020.

WU, Baojun *et al.* Genomics and development of *Lentinus tigrinus*: a white-rot wood-decaying mushroom with dimorphic fruiting bodies. **Genome Biology and Evolution**, v. 10, n. 12, p. 3250-3261, 2018.

YU, Wenbin *et al.* Light regulation of secondary metabolism in fungi. **Journal of Biological Engineering**, v. 17, n. 1, p. 57, 2023.

YU, Zhenzhong; FISCHER, Reinhard. Light sensing and responses in fungi. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, n. 1, p. 25-36, 2019.

ZOLGHADRI, Samaneh *et al.* A comprehensive review on tyrosinase inhibitors. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry**, v. 34, n. 1, p. 279-309, 2019.