

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 29/07/2023.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(MICROBIOLOGIA APLICADA)**

**PRODUÇÃO DE PIGMENTOS PELO FUNGO ANTÁRTICO
PSEUDOGYMNOASCUS SP. 6DC415-I: OTIMIZAÇÃO, PURIFICAÇÃO E
IDENTIFICAÇÃO.**

ISABELA FERNANDA DA SILVA

Rio Claro - SP

2022



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(MICROBIOLOGIA APLICADA)**

**PRODUÇÃO DE PIGMENTOS PELO FUNGO ANTÁRTICO
PSEUDOGYMNOASCUS SP. 6DC415-I: OTIMIZAÇÃO, PURIFICAÇÃO E
IDENTIFICAÇÃO.**

ISABELA FERNANDA DA SILVA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada).

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane Cristina Sass

Rio Claro - SP

Junho - 2022

S586p Silva, Isabela Fernanda da
Produção de pigmentos pelo fungo antártico *Pseudogymnoascus* sp.
6DC415-I: otimização, purificação e identificação / Isabela Fernanda
da Silva. -- Rio Claro, 2022
76 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientadora: Daiane Cristina Sass

1. Fungos Antárticos. 2. Pigmentos naturais. 3. Purificação. 4.
Biotecnologia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUÇÃO DE PIGMENTOS PELO FUNGO ANTÁRTICO
PSEUDOGYMNOASCUS SP. 6DC415-I: OTIMIZAÇÃO, PURIFICAÇÃO E
IDENTIFICAÇÃO

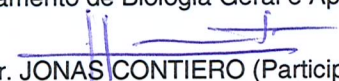
AUTORA: ISABELA FERNANDA DA SILVA

ORIENTADORA: DAIANE CRISTINA SASS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(MICROBIOLOGIA APLICADA), área: Microbiologia Aplicada pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. DAIANE CRISTINA SASS (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Geral e Aplicada / IB Rio Claro



Prof. Dr. JONAS CONTIERO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Geral e Aplicada / IB Rio Claro

Prof. Dr. ALYSSON WAGNER FERNANDES DUARTE (Participação Virtual)
Campus Arapiraca / Universidade Federal de Alagoas

Documento assinado digitalmente
gov.br ALYSSON WAGNER FERNANDES DUARTE
Data: 31/07/2022 16:37:24-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Rio Claro, 29 de julho de 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família, principalmente, aos meus pais, Sonia e Ari, por terem me apoiado e confortado nos momentos de dificuldade, sempre me dando suporte, acreditando no meu potencial e me incentivando.

Agradeço, é claro, à minha orientadora Prof^a Dr^a Daiane Cristina Sass, pela oportunidade de trabalhar em seu laboratório, por toda ajuda e apoio, por ter sido compreensiva e contribuir para minha experiência profissional e agradecer pela sua dedicação com seus alunos. Agradecer a todo o pessoal do LaQBim, por serem sempre prestativos e me ajudarem quando eu precisava. Desejo a todos um brilhante futuro, pois são pessoas incríveis e merecedoras.

Também sou muito grata às meninas da Rep. Cilada, que me acolheram nesses dois anos, e à todas minhas amigas, sejam as Borgias de longa data ou as mais recentes do nosso querido grupo Melories, que estiveram comigo nessa trajetória e foram vitais para torná-la mais gratificante, pelo apoio, desabafos e risadas, sendo companhias essenciais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A demanda por pigmentos naturais vem crescendo devido a efeitos nocivos de alguns corantes sintéticos e a busca por formas mais sustentáveis de consumo. Nesse contexto, pigmentos fúngicos fornecem uma boa alternativa aos sintéticos. As comunidades microbianas antárticas são de grande importância para a produção de metabólitos secundários, tais como os pigmentos, pois são compostos importantes para a adaptação desses organismos ao ambiente extremo em que vivem. Além disso, devido ao seu isolamento, essas comunidades podem ser uma fonte rica de novos produtos naturais com estruturas químicas únicas. Este trabalho visou analisar a produção dos pigmentos vermelhos pelo fungo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I, isolado de sedimentos marinhos da Antártica, bem como otimizá-la, seguida da purificação e identificação dos pigmentos produzidos. Para tal, avaliou-se a produção dos pigmentos vermelhos nas temperaturas de 15 e 25 °C e nos pHs 3, 5, 7 e 9 em meio líquido Malte 2% por 20 dias de incubação a 150 rpm. Nas condições de 15 °C e pH 5 se obteve a maior produção dos pigmentos, avaliada na leitura de absorbância em 500 nm, sendo que a 25 °C não se detectou produção de pigmentos vermelhos. O fungo foi cultivado em meio Malte Ágar 1% e os pigmentos produzidos no meio de cultura foram extraídos com acetona. O extrato bruto foi submetido a cromatografia de camada reversa C18 para sua purificação, na qual obteve-se três frações vermelhas eluídas em Metanol 90 %. As frações foram submetidas às análises de RMN de ¹H e FT-IR e obteve-se a confirmação da purificação de duas delas como compostos muito similares. Os espectros dessas frações indicaram tratarem-se de compostos da classe das melaninas, da categoria das feomelaninas. A atividade antibacteriana do extrato bruto e das frações obtidas foi testada contra as bactérias *Xanthomonas citri*, *X. passiflorae*, *Escherichia coli*, *Streptococcus aureus* e *Bacillus subtilis*, através do método de microdiluição em poços e leitura da D.O₆₀₀, não sendo observada nenhuma inibição de crescimento superior a 50%. Também avaliou-se a atividade antioxidante das mesmas amostras, por meio do método de captura de DPPH, com resultado de IC₅₀ a 1000 µg/mL para a fração 1 e 1143 µg/mL para a fração 2. Apesar do gênero *Pseudogymnoascus* sp. ser bastante comum ao ambiente antártico, até o momento, não há muitos estudos referentes à sua produção de pigmentos, principalmente de feomelanina. O pigmento vermelho extracelular e solúvel em água produzido pelo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I pode então representar um potencial para aplicações biotecnológicas.

Palavras-chave: Fungo antártico, pigmentos naturais, feomelanina.

ABSTRACT

The demand for natural pigments has been growing due to the harmful effects of some synthetic dyes and the search for more sustainable forms of consumption. In this context, fungal pigments provide a good alternative to synthetic ones. Antarctic microbial communities are of great importance for the production of secondary metabolites, such as pigments, due to their role in helping these organisms adapt to the extreme environment in which they live. Furthermore, because of their isolation, these communities can be a rich source of new products with unique structures. This study aimed to analyze the production of red pigments by the fungus *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I, isolated from antarctic marine sediments, as well as optimizing it, followed by purification and identification of the pigments produced. In order to do that, the production of red pigments was evaluated at temperatures of 15 and 25 °C and at pHs 3, 5, 7 and 9 in 2% Malt broth for 20 days of incubation at 150 rpm. The biggest production of pigments obtained, quantified in the absorbance reading at 500 nm, was at 15 °C and pH 5. No red pigments production was detected at 25 °C. The fungus was cultivated in 1% Malte Agar medium and pigments produced were extracted from the culture medium with acetone. The crude extract was subjected to C18 reversed-phase chromatography for its purification, in which three red fractions were eluted in 90 % methanol. The fractions were submitted to ¹H NMR and FT-IR analysis. Two of them were purified and were similar compounds. According to their spectra, the fractions are melanins, belonging to the pheomelanin category. The antibacterial activity of the crude extract and fractions was tested against the bacteria *Xanthomonas citri*, *X. passiflorae*, *Escherichia coli*, *Streptococcus aureus* e *Bacillus subtilis*, using the microdilution in wells method and reading of their O.D₆₀₀. No growth inhibition greater than 50% was observed. The antioxidant activity of the samples was also evaluated, using the DPPH scavenging activity method, with an IC₅₀ result of 1000 µg/mL for fraction 1 and 1143 µg/mL for fraction 2. Although the genus *Pseudogymnoascus* sp. is quite common in the Antarctic environment, there are not many studies regarding its production of pigments so far, specially pheomelanin. The extracellular, water-soluble red pigment produced by *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I could then represent a potential for biotechnological applications.

Keywords: Antartic fungus, natural pigments, pheomelanin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplos de fungos filamentosos produtores de pigmentos.....	18
Figura 2. Exemplos da estrutura química de alguns pigmentos produzidos por fungos filamentosos.....	22
Figura 3. Mapa da Ilha de Rei George, localizada ao norte do continente Antártico (voltado para a América do Sul).....	29
Figura 4. Extração dos pigmentos do meio sólido Ágar Malte 1% após 20 dias de incubação à 15 °C.....	32
Figura 5. Esquema de uma microplaca de 96 poços utilizada para o teste de atividade antibacteriana.....	34
Figura 6. Produção de pigmentos após o período de 20 dias de incubação a 15 °C e agitação a 150 rpm.....	38
Figura 7. Produção de pigmentos após o período de 20 dias de incubação a 25 °C e agitação a 150 rpm.....	41
Figura 8. Resultado da produção de pigmentos em meio sólido MA 1%.....	43
Figura 9. Placas de sílica da cromatografia em camada delgada do extrato obtido do fungo <i>Pseudogymnoascus</i> sp. 6DC145-I.....	43
Figura 10. Coluna cromatográfica C18 no decorrer do procedimento de fracionamento do extrato obtido do fungo <i>Pseudogymnoascus</i> sp. 6DC145-I.....	44
Figura 11. Amostras eluídas da purificação do extrato de <i>Pseudogymnoascus</i> sp 6DC415 em coluna C18 e fase móvel gradiente.....	45
Figura 12. Análise de RMN de ¹ H da fração 1 em D ₂ O.....	46
Figura 13. Análise de RMN de ¹ H da fração 2 em D ₂ O.....	46
Figura 14. Espectro de RMN de ¹ H da melanina biossintetizada em D ₂ O/amônia aquosa.....	47
Figura 15. Estrutura da feomelanina.....	48
Figura 16. Espectros de infravermelho (FT-IR) das frações 1 (F1) e 2 (F2).....	48
Figura 17. Espectro de infravermelho (FT-IR) da melanina intracelular do micélio de <i>Lachnum singerianum</i> YM296 (LIM-a).....	49
Figura 18. Teste de atividade antioxidante pelo método de captura de DPPH.....	52
Figura 19. Gráfico com os valores da porcentagem de inibição de DPPH x concentração (µg/mL) das frações e do ácido ascórbico.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. Corantes e pigmentos.....	11
2.1.1. História e novas tendências.....	11
2.1.2. Pigmentos naturais.....	14
2.1.3. Pigmentos produzidos por fungos filamentosos.....	17
2.2. Produção de pigmentos por fungos filamentosos antárticos.....	24
2.3. Gênero <i>Pseudogymnoascus</i>	26
3. OBJETIVOS.....	28
3.1. Objetivos gerais.....	28
3.2. Objetivos específicos.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1. Origem do fungo antártico.....	28
4.2. Avaliação da influência do pH e temperatura na produção de pigmentos.....	29
4.3. Produção e extração dos pigmentos naturais em meio sólido.....	30
4.4. Fracionamento do extrato.....	32
4.5. Identificação dos pigmentos.....	32
4.5.1. Análise de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN de ¹ H).....	32
4.5.2. Análise de infravermelho com transformação de Fourier (FT-IR).....	33
4.6. Avaliação <i>in vitro</i> da bioatividade dos pigmentos extraídos.....	33
4.6.1. Atividade antibacteriana.....	33
4.6.2. Atividade antioxidante.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1. Avaliação da influência do pH e temperatura na produção dos pigmentos.....	37
5.1.1. Cultivo em diferentes pHs sob temperatura de 15 °C.....	37
5.1.2. Cultivo em diferentes pHs sob temperatura de 25 °C.....	40
5.2. Produção e extração dos pigmentos naturais em meio sólido.....	42

5.3. Fracionamento do extrato.....	43
5.3.1. Teste em cromatografia de camada delgada.....	43
5.3.2. Cromatografia em coluna de fase reversa C18.....	44
5.4. Identificação dos pigmentos.....	46
5.4.1. Análise de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN de ^1H).....	46
5.4.2. Análise de Infravermelho com transformação de Fourier (FT-IR).....	48
5.5. Avaliação <i>in vitro</i> da bioatividade dos pigmentos extraídos.....	51
5.5.1. Atividade antibacteriana.....	51
5.5.2. Atividade antioxidante.....	52
6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
7. REFERÊNCIAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

Corantes são substâncias químicas capazes de atribuir cor a algum material e são essenciais na fabricação de bens de consumo em múltiplos setores da indústria, como a de alimentos, cosméticos, têxtil, de plásticos, entre outras (ALMEIDA et al., 2018). A necessidade de colorir produtos data de milhares de anos atrás, com registros do uso de pigmentos como agentes colorantes em comidas, vestuários, cosméticos e utensílios por povos de diversas localidades do globo (ABEROUMAND, 2011; COOKSEY, 2018; ARDILA-LEAL et al., 2021 VENIL et al., 2020). Esses pigmentos eram obtidos de produtos naturais vegetais, animais ou minerais (RAO et al., 2017), até o desenvolvimento da mauveína, a primeira cor sintética, em 1856, por Sir William Henry Perkin, dando início a uma revolução na história dos corantes sintéticos, que se propagaram rapidamente (DOWNHAM; COLLINS, 2000; ZANONI; YAMANAKA, 2016).

O mercado de cores sintéticas se fortaleceu devido às vantagens que estas apresentaram, como facilidade de produção, baixo custo e maior capacidade de colorir em relação aos corantes que existiam até então, fazendo com que seu uso fosse disseminado em diversos setores da indústria (LAGASHETTI et al., 2019 VENIL, et al. 2020). Porém, muitos desses corantes sintéticos são compostos por substâncias que podem ser nocivas à saúde e também ao ambiente, por apresentarem uma longa estabilidade, sendo de difícil degradação e, conseqüentemente, persistindo por muito tempo no ambiente (MANIKPRABHU; LINGAPPA, 2013; HASSAN; CARR, 2018). Assim, torna-se prioridade retomar a utilização de produtos naturais como alternativa aos sintéticos.

Plantas e micro-organismos são as principais fontes de pigmentos naturais (RAO et al., 2017). Os micro-organismos são produtores mais vantajosos que os vegetais, devido ao seu crescimento fácil e rápido, o qual independe de condições climáticas e geográficas, por permitirem um rendimento controlável e previsível, alta produtividade, além da possibilidade de produção a partir de resíduos industriais (MANIKPRABHU; LINGAPPA, 2013; PANESAR et al., 2015).

É conhecido que os fungos filamentosos são produtores de uma enorme variedade de pigmentos. Os pigmentos são produzidos pelos fungos como parte de seu metabolismo secundário, no qual passam a produzir compostos com funções antibióticas, tóxicas, inibitórias, entre outras, para auxiliar na sua sobrevivência e que podem trazer vantagens sobre outros organismos (LOPES, 2011; BRAKHAGE, 2013), possuindo uma função

ecológica para seus produtores (O'BRIEN; WRIGHT, 2011). Os pigmentos fúngicos podem então, além de serem utilizados para colorir, trazer potenciais benéficos para a saúde humana.

São inúmeros os gêneros de fungos que são produtores de pigmentos. O gênero mais popular e antigo no uso de pigmento fúngico é o *Monascus*, produtor de pigmentos amarelos, laranjas e roxos (RAO et al., 2017; CHEN et al 2017). Outros gêneros populares pela produção de pigmentos são *Fusarium* (FRANDSEN et al., 2016; SHAH et al. 2017; LEBEAU et al., 2018), *Aspergillus* (PAL et al., 2013; SARAVANAN et al., 2020), *Penicillium* (DUFOSSÉ, 2018; JIN et al., 2018; KHAN et al., 2021), e *Talaromyces* (CHADNI et al., 2017; MORALES-OYERVIDES et al., 2020). Busca-se a aplicação desses pigmentos fúngicos na indústria alimentícia (BABITHA, 2009; DUFOSSE, 2018) e para tingimento de tecidos, couro e madeira (HERNÁNDEZ et al., 2018; FUCK et al., 2018; YAN et al., 2019; LIU et al., 2020).

Na busca pela produção de novos compostos naturais como os pigmentos, há um interesse por organismos que vivem em ambientes extremos, por serem nichos poucos explorados e apresentarem características ambientais que induzem os micro-organismos a produzirem substâncias únicas, através de adaptações bioquímicas e fisiológicas e vias metabólicas diferenciadas, para enfrentar as condições extremas em que vivem (TIAN et al., 2017; DUFOSSE et al., 2014). Um desses ambientes é a Antártica, caracterizada pela temperatura extrema e com grandes variações, salinidade, escassez de nutrientes, mudanças climáticas acentuadas, alta incidência de radiação ultravioleta alternada com longos períodos de ausência de luz, além dos ciclos de congelamento e degelo (CLARKE, 2003; PIKUTA et al., 2007; ROSA, 2019). Assim, os organismos que ali habitam possuem um grande potencial biotecnológico (DUARTE et al, 2019).

Alguns dos relatos de fungos antárticos produtores de pigmentos envolvem aqueles conhecidos por produzirem melaninas (HASSAN et al., 2016; PACELLI et. al 2017), carotenoides (SINGH et al, 2014; ARCANGELI, CANNISTRARO et al., 2000), *Geomyces* sp.WNF-15A produtor de pigmento vermelho-púrpura (WANG et al., 2013) e o endêmico *Antarctomyces pellizariae* de coloração intracelular azul (MENEZES et al. 2017).

O fungo alvo deste estudo pertence ao gênero *Pseudogymnoascus*, espécies que estão presentes em abundância na Antártica, sendo relatadas em ambientes de solo (ARENZ; BLANCHETTE, 2011; GOMES et al., 2018; ROSA et al., 2020), associadas a líquens (SANTIAGO et al., 2015), musgos (TOSI et al., 2002), em permafrost (solo permanentemente

congelado) (DA SILVA et al., 2020), associadas a macroalgas endêmicas (FURBINO et al., 2014), invertebrados marinhos (GODINHO et al., 2019) e isoladas de lagos (GONÇALVES et al., 2012). Apesar de ser um gênero bastante presente no ambiente antártico, ainda não há estudos focados na produção de pigmentos por *Pseudogymnoascus* spp. isolados da Antártica.

Dessa maneira, considerando o potencial dos micro-organismos da Antártica para a obtenção de pigmentos naturais e outros produtos com usos biotecnológicos, o presente trabalho buscou purificar e identificar os pigmentos naturais produzidos pelo fungo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I, além de otimizar a produção de pigmentos pelo fungo em diferentes pHs e temperaturas. Buscou-se também avaliar a bioatividade dos pigmentos, avaliando sua atividade antibacteriana e antioxidante.

6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fungo antártico *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I produziu pigmentos vermelhos, liberados em meio extracelular. Na avaliação do efeito da temperatura e pH na produção desses pigmentos pelo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415- pode-se verificar que a temperatura foi a variável de maior influência. Na temperatura de 25 °C, não se obteve produção de pigmentos vermelhos, devido à natureza psicrotrófica do fungo. O melhor resultado de produção nas condições testadas foi o cultivo na temperatura de 15°C e pH 5.

A partir da purificação utilizando cromatografia em coluna de fase reversa C18 do extrato vermelho produzido pelo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I, foi possível obter três frações de coloração vermelha, das quais duas frações apresentaram alto nível de pureza. A partir das análises dos espectros de RMN de ¹H e de infravermelho (FT-IR) das duas frações, foi possível sugerir que os compostos são provavelmente melaninas, mais especificamente da categoria das feomelaninas. Este é seu primeiro registro da produção deste tipo de composto por um fungo do gênero *Pseudogymnoascus* isolado da Antártica.

O extrato bruto e as frações obtidas do extrato produzido pelo *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I não apresentaram atividade antibacteriana contra as bactérias testadas (*X. citri*, *X. passiflorae*, *E. coli*, *S. aureus* e *B. subtilis*), no intervalo de concentrações de 3 mg/mL para o extrato e 0,5 mg/mL para as frações.

Na avaliação da atividade antioxidante dos pigmentos produzidos, através do método da captura do radical DPPH, as frações apresentam atividade antioxidante com IC₅₀ nas concentrações de 1000 µg/mL e 1143 µg/mL para as frações 1 e 2, respectivamente.

Os pigmentos vermelhos produzidos pelo fungo antártico *Pseudogymnoascus* sp. 6DC415-I possuem o diferencial de serem solúveis em água, não exigindo solventes orgânicos. Isso os torna mais sustentáveis e menos custosos, podendo ser uma boa alternativa para substituir corantes sintéticos em aplicações nas indústrias de cosméticos, têxtil, farmacêutica e de alimentos.

7. REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZEEM, A. M., ABDEL-AZEEM, M. A., DARWISH, A. G., NAFADY, N. A., IBRAHIM, N. A. *Fusarium: biodiversity, ecological significances, and industrial applications*. Em: YADAV, A., MISHRA, S., SINGH, S., GUPTA, A., (eds). *Recent advancement in white biotechnology through fungi*. Fungal biology, volume 1: diversity and enzymes perspectives, 1 ed. Basel: Springer Nature, p. 201–261, 2019.
- ABEL, A. *The history of dyes and pigments*. 2 ed. Sawston (UK): Woodhead Publishing, p. 557–587, 2012.
- ABEROUMAND, A. A Review Article on Edible Pigments Properties and Sources as Natural Biocolorants in Foodstuff and Food Industry. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, v. 6, n. 1, p. 71-78, 2011
- AFSHARI, M., SHAHIDI, F., MORTAZAVI, S. A., TABATABAI, F., ES'HAGHI, Z. Investigating the influence of pH, temperature and agitation speed on yellow pigment production by *Penicillium aculeatum* ATCC 10409, *Natural Product Research*, v. 29, n. 14, p. 1300-6, 2015.
- AGBOYIBOR, C., KONG, W.-B., CHEN, D., ZHANG, A. M., NIU, S. Q. *Monascus* pigments production, composition, bioactivity and its application: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2018.
- AGHAJANYAN, A. A., ASATURIAN, R. A., HAMBARDZUMYAN, A. A., SARGSYAN, L. B., et al. Obtaining of water soluble microbial melanin and study of its some properties. *Applied Biochemistry and Microbiology*, v. 47, n. 5, p. 500–506, 2011.
- AGHAJANYAN, A. E., HAMBARDZUMYAN, A. A., HOVSEPYAN, A. S., ASATURIAN, et al. Isolation, purification and physicochemical characterization of water-soluble *Bacillus thuringiensis* melanin. *Pigment Cell Research*, v. 18, n. 2, p. 130–135, 2005.
- AGURTO, P., VEGA-GUTIERREZ, M. E., VAN COURT, S. M. , CHEN, H. L., ROBINSON, S. C. Oil-Based Fungal Pigment from *Scytalidium cuboideum* as a Textile Dye. *J Fungi (Basel)*., v. 6, n. 2, p. 53, 2020.
- AISHWARYA. A. D. Extraction of natural dyes from fungus—an alternative for textile dyeing. *J Nat Sci Res*, v. 4, p. 1–6, 2014.
- ALMEIDA, L. M. S. et al. Seleção de fungos quanto à capacidade de utilização de corantes. *Ceuma Perspectivas*, v. 31., 2018.
- ARCANGELI C, CANNISTRARO S. In situ Raman microspectroscopic identification and localization of carotenoids: approach to monitoring of UV-B irradiation stress on Antarctic fungus. *Biopolymers*, v. 57, p.179–186, 2000.

ARDILA-LEAL, L.D.; POUTOU-PIÑALES, R.A.; PEDROZA-RODRÍGUEZ, A.M.; Quevedo-Hidalgo, B.E. A Brief History of Colour, the Environmental Impact of Synthetic Dyes and Removal by Using Laccases. *Molecules*, v. 26, p. 3813, 2021.

ARENZ, B. E., BLANCHETTE, R. A. Distribution and abundance of soil fungi in Antarctica at sites on the Peninsula, Ross Sea Region and McMurdo Dry Valleys. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 43, n. 2, p. 308–315, 2011.

ARENZ, B.E., HELD, B.H., JURGENS, J.A., FARRELL, R.L., BLANCHETTE, R.A. Fungal diversity in soils and historic wood from the Ross Sea Region of Antarctica. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, v. 38, n. 10, p. 3057–3064, 2006.

ARIKAN, B. E.; Canli, O.; Caro, Y.; Dufossé, L.; Dizge, N. Production of Bio-Based Pigments from Food Processing Industry By-Products (Apple, Pomegranate, Black Carrot, Red Beet Pulps) Using *Aspergillus carbonarius*. *J. Fungi*, v. 6 p. 240, 2020.

ARUN, G., EYINI, M., GUNASEKARAN, P. Characterization and biological activities of extracellular melanin produced by *Schizophyllum commune* (Fries). *Indian J Exp Biol.*, v. 53, n. 6, p. 380-7, 2015.

ATALLA, M. M., EL-KHRISY, E. A. M., YOUSSEF, Y. A., MOHAMED, A. A., Production of textile reddish brown dyes by fungi. *Malays. J. Microbiol.*, v. 7, p. 33–40, 2011.

AVALOS, J., PARDO-MEDINA, J., PARRA-RIVERO, O., RUGER-HERREROS, M., RODRÍGUEZ-ORTIZ, R., HORNERO-MÉNDEZ, D., LIMÓN, M. Carotenoid Biosynthesis in *Fusarium*. *Journal of Fungi*, v. 3, n. 3, p. 39, 2017.

AYYOLATH, A., KALLINGAL, A., THACHAN KUNDIL, V., VARIYAR, E. J. Studies on the bioactive properties of *Penicillium mallochi* ARA-1 pigment isolated from coffee plantation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 30, 2020.

BABITHA, S. *Microbial pigments*. In: PANDEY, A.; NIGAM, P. S. *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*, Dordrecht:Springer, p. 147–162, 2009.

BARNETT, J. R., MILLER, S., PEARCE, E. Colour and art: A brief history of pigments. *Optics & Laser Technology*, v. 38, p. 445–453, 2006.

BASNET, B. B., LIU, L., ZHAO, W., LIU, R., MA, K., BAO, L., ... LIU, H. New 1, 2-naphthoquinone-derived pigments from the mycobiont of lichen *Trypethelium eluteriae* Sprengel. *Natural Product Research*, p. 1–7, 2018.

BATTERSBY, A. R. Tetrapyrroles: the pigments of life. *Natural Product Reports*, v. 17, n. 6, p. 507–526, 2000.

BERKE, H. Chemistry in ancient times: The development of blue and purple pigments. *Angew. Chem. Int. Ed.*, v. 41, p. 2483–2487, 2002.

BRAKHAGE, A. Regulation of fungal secondary metabolism. *Nat Rev Microbiol*, v. 11, p. 21–32, 2013.

BOUHRI, Y., ASKUN, T., TUNCA, B., DENIZ, G., AKSOY, S. A., MUTLU, M. The orange-red pigment from *Penicillium mallochii*: Pigment production, optimization, and pigment efficacy against Glioblastoma cell lines. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2019.

BU, C., ZHANG, Q., ZENG, J. et al. Identification of a novel anthocyanin synthesis pathway in the fungus *Aspergillus sydowii* H-1. *BMC Genomics*, v. 21, n. 29, 2020.

BUSZMAN, E.; PILAWA, B.; ZDYBEL, M.; et al EPR examination of Zn²⁺ and Cu²⁺ binding by pigmented soil fungi *Cladosporium cladosporioides*. *Science of The Total Environment*, v. 363(1-3), p. 195–205, 2006.

CAMBAZA, E. Comprehensive Description of *Fusarium graminearum* Pigments and Related Compounds. *Foods*, v. 7, n. 10, p. 165, 2018.

CARO, Y., VENKATACHALAM, M., LEBEAU, J., FOUILLAUD, M., DUFOSSÉ, L. *Pigments and Colorants from Filamentous Fungi*. In: J.-M. MÉRILLON, J. M., RAMAWAT, K. G (eds.). Fungal Metabolites, Springer: Suíça, p. 1–70, 2015.

CARVALHO, C., FERREIRA, M., GONÇALVES, V., SANTOS, A. R., CARVALHO-SILVA, M., CAMARA, P., et al. Cultivable fungi associated with bryosphere of bipolar mosses *Polytrichastrum alpinum alpinum* and *Polytrichum juniperinum* in Antarctica. *Polar Biol.*, v. 43, p. 545–553, 2020.

CELESTINO, J. D. R., DE CARVALHO, L. E., LIMA, M. D. P., et al. Bioprospecting of Amazon soil fungi with the potential for pigment production. *Process Biochem*, v. 49, p. 569–575, 2014.

CHADNI, Z., RAHAMAN, M. H., JERIN, I., HOQUE, K. M., REZA, M. A. Extraction and optimisation of red pigment production as secondary metabolites from *Talaromyces verruculosus* and its potential use in textile industries. *Mycology*, v. 8, n.1, p. 48–57, 2017.

CHEN, W. et al. Orange, red, yellow: biosynthesis of azaphilonepigments in *Monascus* fungi. *Chemical Science*, v. 8, p. 4917, abril 2017.

CIRM. Sobre o continente. Programa Antártico Brasileiro. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/proantar/a-antartica>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

CLARKE A. *Evolution, adaptation and diversity: global ecology in an Antartic context*. In: HUIKES, A. H. L, et al. (Ed.) *Antarctic biology in a global context*. Leiden: Backhuys Publishers, p. 3-17, 2003.

CONVEY, P.; CHOWN, S. L.; CLARKE, A.; BARNES, S. B.; et al. The spatial structure of Antarctic biodiversity. *Ecological Monographs*, v. 84, n. 2, p. 203-244, 2014.

- COOKSEY, C. J. The red insect dyes: carminic, kermesic and laccaic acids and their derivatives. *Biotechnic & Histochemistry*, v. 94, n. 2, p. 1–8, 2018.
- CORDERO, R. J. B., CASADEVALL, A. Quick Guide: Melanin. *Current Biology*, v. 30, R135–R158, 24 de fev., 2020.
- DA SILVA, T. H.; SILVA, D. A. S.; DE OLIVEIRA, F. S. et al. Diversity, distribution, and ecology of viable fungi in permafrost and active layer of Maritime Antarctica. *Extremophiles*, v. 24, p. 565–576, 2020.
- DAME, Z. T., SILIMA, B., GRYZENHOUT, M., VAN REE, T. Bioactive compounds from the endophytic fungus *Fusarium proliferatum*. *Nat. Prod. Res.*, v. 30, n. 11, p. 1301–1304, 2015.
- DE SOUZA, R.A., KAMAT, N.M., NADKARNI, V.S. Purification and characterization of a sulphur rich melanin from edible mushroom *Termitomyces albuminosus* Heim. *Mycology*, v. 9, p. 296–306, 2018.
- DERNTL, C., RASSINGER, A., SREBOTNIK, E., MACH, R. L., MACH-AIGNER, A. R. Identification of the Main Regulator Responsible for Synthesis of the Typical Yellow Pigment Produced by *Trichoderma reesei*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 82, n. 20, p. 6247–6257, 2016.
- DIESER, M.; GREENWOOD, M.; FOREMAN, C. M. Carotenoid Pigmentation in Antarctic Heterotrophic Bacteria as a Strategy to Withstand Environmental Stresses. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, v. 42, p. 396, 2010.
- DING, L., HUANG, H., LU, F., LU, J., ZHOU, X., ZHANG, Y., CAI, M. Transposon insertion mutation of Antarctic psychrotrophic fungus for red pigment production adaptive to normal temperature, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v. 49, n. 1, 2022.
- DOS SANTOS, J. A.; MEYER, E.; SETTE, L. D. Fungal Community in Antarctic Soil Along the Retreating Collins Glacier (Fildes Peninsula, King George Island). *Microorganisms*, v. 8, 2020.
- DOS SANTOS, P.O., FERRAZ, C.G., RIBEIRO, P.R., MIRANDA, F.M., DA SILVA, F., et al. Antioxidant and antibacterial activities of the chlorine pigment sclerotiorin from *Penicillium mallochii* and its chemotaxonomic significance. *Biochem. Syst. Ecol.*, v. 86, 2019.
- DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Coloring our foods in the last and next millennium. *Journal of Food Science and Technology*, v. 35, p. 5–22, 2000.
- DREWNOWSKA, J. M., ZAMBRZYCKA, M., KALSKA-SZOSTKO, B., FIEDORUK, K., SWIECICKA, I. Melanin-Like Pigment Synthesis by Soil *Bacillus weihenstephanensis* Isolates from Northeastern Poland. *PLOS ONE*, v. 10, n. 4, 2015.

- DUAN, F., XIN, G., NIU, H., HUANG, W. Chlorinated emodin as a natural antibacterial agent against drug-resistant bacteria through dual influence on bacterial cell membranes and DNA. *Sci. Rep.*, v. 7, n.1, 2017.
- DUARTE, A. W. F.; MENEZES, G. C. A. de; SILVA, T. R.; BICAS, J. L.; OLIVEIRA, V. M.; ROSA, L. H. *Antarctic Fungi as Producers of Pigments*. In: ROSA, L. H. (ed). *Fungi of Antarctica: Diversity, Ecology and Biotechnological Applications*. Springer, 2019.
- DUFOSSÉ, L.; FOUILLAUD, M.; CARO, Y.; MAPARI, S.A.; SUTTHIWONG, N. Filamentous fungi are large-scale producers of pigments and colorants for the food industry. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 26, p. 56, 2014.
- DUFOSSÉ, L. Red colourants from filamentous fungi: are they ready for the food industry?. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 69, 2018.
- DURÁN, N., JUSTO, G. Z., FERREIRA C. V., MELO, P. S., CORDI, L., MARTINS, D. Violacein: properties and biological activities. *Biotechnol. Appl. Biochem.* v. 48, p. 127–133, 2007.
- DURÁN, N., TEIXEIRA, M. F. S., DE CONTI, R., ESPOSITO, E. Ecological-Friendly Pigments From Fungi. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 42, n. 1, p. 53–66, 2002.
- EDWARDS, J., AUER, D., de ALWIS, S. K., SUMMERELL, B., AOKI, T., PROCTOR, RH, ... O'DONNELL, K. *Fusarium agapanthi* sp. nov., a novel bikaverin and fusarubin-producing leaf and stem spot pathogen of *Agapanthus praecox* (African lily) from Australia and Italy. *Mycologia*, v. 108, n. 5, p. 981–992, 2016.
- FOUILLAUD, M., VENKATACHALAM, M., GIRARD-VALENCIENNES, E., CARO, Y., DUFOSSÉ, L. Anthraquinones and Derivatives from Marine-Derived Fungi: Structural Diversity and Selected Biological Activities. *Mar Drugs*, v. 14, n. 4, p. 64, mar. 2017.
- FRANDSEN, R. J. N., RASMUSSEN, S. A., KNUDSEN, P. B., UHLIG, S., PETERSEN, D., LYSOE, E., ... LARSEN, T. O. Black perithecial pigmentation in *Fusarium* species is due to the accumulation of 5-deoxybostrycoidin-based melanin. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, 2016.
- FRISVAD, J. C., YILMAZ, N., THRANE, U., RASMUSSEN, K. B., HOUBRAKEN, J., SAMSON, R. A. *Talaromyces atroseus*, a New Species Efficiently Producing Industrially Relevant Red Pigments. *PLoS ONE*, v. 8, n. 12, 2013.
- FUCK, W. F. et al. Screening of natural dyes from filamentous fungi and leather dyeing with monascus purpureus extract. *Journal-Society of Leather Technologists and Chemists*, v. 102, n. 2, p. 69-74, mar. 2018.
- FUJITA, K., IKUTA, M., NISHIMURA, S., SUGIYAMA, R., YOSHIMURA, A., KAKEYA, H. Amphiol, an Antifungal Fungal Pigment from *Pseudogymnoascus* sp. PF1464. *Journal of Natural Products*, v. 84, n. 4, p. 986–992, 2021.

- FURBINO, L. E.; GODINHO, V. M.; SANTIAGO, I. F. et al. Diversity Patterns, Ecology and Biological Activities of Fungal Communities Associated with the Endemic Macroalgae Across the Antarctic Peninsula. *Microb Ecol*, v. 67, p. 775–787, 2014.
- GARZOLI, L., RICCUCCI, M., PATRIARCA, E. et al. First Isolation of *Pseudogymnoascus destructans*, the Fungal Causative Agent of White-Nose Disease, in Bats from Italy. *Mycopathologia* 184, 637–644, 2019.
- GESSLER, N. N., EGOROVA, A. S., BELOZERSKAYA, T. A. Fungal anthraquinones. *Appl. Biochem. Microbiol.*, v. 49, n. 2, p. 85–99. doi:10.1134/s000368381302004x, 2013.
- GHATTAVI, K., HOMAEI, H., KAMRANI, E., KIM, S. Melanin pigment derived from marine organisms and its industrial applications. *Dyes and Pigments*, v. 201, 2022.
- GMOSER, R., FERREIRA, J.A., LENNARTSSON, P.R. et al. Filamentous ascomycetes fungi as a source of natural pigments. *Fungal Biol Biotechnol*, v. 4, n. 4, 2017.
- GODINHO, V. M.; DE PAULA, M. T. R.; SARAIVA, D. A. S., PARESQUE, K.; MARTINS, A. P., et al. Diversity and distribution of hidden cultivable fungi associated with marine animals of Antarctica. *Fungal Biology*, v. 123, p. 507-516.
- GOMES, E. C. Q., GODINHO, V. M., SILVA, D. A. S. et al. Cultivable fungi present in Antarctic soils: taxonomy, phylogeny, diversity, and bioprospecting of antiparasitic and herbicidal metabolites. *Extremophiles*, v. 22, p. 381–393, 2018.
- GONÇALVES, R. C. R., LISBOA, H. C. F., POMBEIRO-SPONCHIADO, S. R. Characterization of melanin pigment produced by *Aspergillus nidulans*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.28, n. 4, p. 1467–1474, 2011.
- GONÇALVES, V. N.; VAZ, A. B. M.; ROSA, C. A.; ROSA, L. H. Diversity and distribution of fungal communities in lakes of Antarctica. *Microbiology Ecology*, v. 82, n. 2, p. 459–471, 2012.
- GU, S.; CHEN, Z.; WANG, F.; WANG, X. Characterization and inhibition of four fungi producing citrinin in various culture media. *Biotechnol Lett.* 2021 Mar;43(3):701-710. doi: 10.1007/s10529-020-03061-2.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B.; Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, 2000.
- GUPTA, C.; SHARMA, D.; AGGARWAL, S.; NAGPAL, N. Pigment production from *Trichoderma* sp. for dyeing of silk and wool. *Int. J. Sci. Nat.*, v. 4, p. 351–355, 2013.
- GUPTA, P., VAKHLU, J., SHARMA, Y.P. et al. Metagenomic insights into the fungal assemblages of the northwest Himalayan cold desert. *Extremophiles*, v. 24, p. 749–758, 2020.
- GUTIERREZ, V. S. M.; STONE, D.W.; HE, R.; VEGA GUTIERREZ, P.T.; WALSH, Z.M.; ROBINSON, S.C. Potential Use of the Pigments from *Scytalidium cuboideum* and

Chlorociboria aeruginosa to Prevent ‘Greying’ Decking and Other Outdoor Wood Products. *Coatings*, v. 11, p. 511, 2021.

HAIDAR, S., AICHELE, D., BIRUS, R., HIELSCHER, J., LAITINEN, T., POSO, A., JOSE, J. In Vitro and in Silico Evaluation of Bikaverin as a Potent Inhibitor of Human Protein Kinase CK2. *Molecules*, v. 24, n. 7, p. 1380, 2019.

HAJJAJ, H., FRANÇOIS, J. M., GOMA, G., BLANC, P. J. Effect of Amino Acids on Red Pigments and Citrinin Production in *Monascus ruber*. *J. Food Sci.*, v. 77, n. 3, p. 156-159, 2012.

HASSAN, M. M.; CARR, C. M. A critical review on recent advancements of the removal of reactive dyes from dyehouse effluent by ion-exchange adsorbents. *Chemosphere*, v. 209, n. 1, p. 201-219, 2018.

HASSAN, N.; RAFIQ, M.; HAYAT, M.; SHAH, A. A.; HASAN, F. Psychrophilic and psychrotrophic fungi: a comprehensive review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, v. 15, p. 137-172, 2016.

HAVSTEEN, B. H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, v. 96, n. 2–3, p. 67-202, 2002.

HAYES, M. A. The Geomyces Fungi: ecology and distribution. *BioScience*, Washington, v. 62, n. 9, p. 819-823, 2012.

HEIDER, S. A. E., PETERS-WENDISCH, P., WENDISCH, V. F., BEEKWILDER, J., BRAUTASET, T. Metabolic engineering for the microbial production of carotenoids and related products with a focus on the rare C50 carotenoids. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 98, n. 10, p. 4355–4368, 2014.

HENRÍQUEZ, M., VERGARA, K., NORAMBUENA, J., BEIZA, A., MAZA, F., UBILLA, P., ... VACA, I. Diversity of cultivable fungi associated with Antarctic marine sponges and screening for their antimicrobial, antitumoral and antioxidant potential. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 30, n. 1, p. 65–76, 2014.

HEO, Y. M., KIM, K., KWON, S. L., NA, J., LEE, H., JANG, S., ... KIM, J. J. Investigation of Filamentous Fungi Producing Safe, Functional Water-Soluble Pigments. *Mycobiology*, v. 46, n. 3, p. 269–277, 2018.

HERNÁNDEZ V, GALLEGUILLOS F, SAGREDO N, MACHUCA A. A Note on the dyeing of wool fabrics using natural dyes extracted from rotten wood-inhabiting fungi. *Coatings*, v. 8, p.7, 2018.

HERNÁNDEZ, V.A., MACHUCA, Á., SAAVEDRA, I. et al. *Talaromyces australis* and *Penicillium murcianum* pigment production in optimized liquid cultures and evaluation of their cytotoxicity in textile applications. *World J Microbiol Biotechnol*, v. 35, n. 60, 2019a.

- HERNÁNDEZ, V.A., GALLEGUILLOS, F., THIBAUT, R., MÜLLER, A., Fungal dyes for textile applications: testing of industrial conditions for wool fabrics dyeing. *J. Text. Inst.*, v. 110, p. 61–66, 2019b.
- HOSOE, T., MORI, N., KAMANO, K. et al. A new antifungal yellow pigment from *Aspergillus nishimurae*. *J Antibiot*, v. 64, p. 211–212, 2011.
- HSU, Y. W., HSU, L. C., LIANG, Y. H., KUO, Y. H., PAN, T.M. New Bioactive Orange Pigments with Yellow Fluorescence from *Monascus*-Fermented Dioscorea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 9, p. 4512–4518, 2011.
- HUANG, D., CUI, L., SAJID, A., ZAINAB, F., WU, Q., WANG, X., YUAN, Z. The epigenetic mechanisms in *Fusarium* mycotoxins induced toxicities. *Food and Chemical Toxicology*, v. 123, p. 595–601, 2019.
- HUANG, H., DING, L., LU, J., WANG, N., & CAI, M. Combinatorial strategies for production improvement of red pigments from Antarctic fungus *Geomyces* sp. *Journal of Food Science*, v. 85, n. 10, p. 3061–3071, 2020.
- HUGHES, K. A.; LAWLEY, B.; NEWSHAM, K. K. Solar UV-B Radiation Inhibits the Growth of Antarctic Terrestrial Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 69, p.1488, 2003.
- INFORSATO. Fungos de sedimentos marinhos da Antártica: diversidade e prospecção de enzimas. Tese (Mestrado). 134 p. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2017.
- ISBRANDT, T., TOLBORG, G., ØDUM, A., WORKMAN, M., LARSEN, T. O. Atrorosins: a new subgroup of *Monascus* pigments from *Talaromyces atroroseus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2019.
- JIA, X. Q.; XU, Z. N.; ZHOU L. P.; SUNG, C. K. Elimination of the mycotoxin citrinin production in the industrial important strain *Monascus purpureus* SM001. *Metab Eng.*, v. 12, n.1, p. 1-7, 2010.
- JAROLIM, K., WOLTERS, K., WOELFLINGSIEDER, L., PAHLKE, G., BEISL, J., PUNTSCHER, H., MARKO, D. The secondary *Fusarium* metabolite aurofusarin induces oxidative stress, cytotoxicity and genotoxicity in human colon cells. *Toxicol. Lett.*, v. 284, p. 170–183, 2018.
- JIE, L.; LONGLONG, D.; YUDONG, G.; YUE, M.; NENGFEI, W. The comparison stability between Antarctic fungus red pigment and *Monascus* red pigment. *Food and Fermentation Industries*, v. 43, n.2, p. 90-94, 2017.
- JIN, B., WANG, N., ZHANG, M., ZHAO, Q., WANG, Y., ZANG, J. The stability comparison of Antarctic red pigment and cochineal pigment. *Food and Fermentation Industries*, v. 40, n. 2, p. 164–169, 2014.
- JIN, H. J., ZHANG, X., CAO, H., NIU, Y. J., LI, C., LIU, H. Chemical composition, security and bioactivity of the red pigment from *Penicillium purpurogenum* Li-3. *Chem.*

Biodivers., v. 15, 2018.

KALRA, R., CONLAN, X. A., GOEL, M. Fungi as a Potential Source of Pigments: Harnessing Filamentous Fungi. *Frontiers in Chemistry*, v. 8, 2020.

KANE, P. M. Proton Transport and pH Control in Fungi. *Adv Exp Med Biol.*, v. 892, p. 33-68, 2016.

KEEKAN, K.K., HALLUR, S., MODI, P.K. et al. Antioxidant Activity and Role of Culture Condition in the Optimization of Red Pigment Production by *Talaromyces purpureogenus* KKP Through Response Surface Methodology. *Curr Microbiol*, v. 77, p. 1780–1789, 2020.

KHAN, N., AFROZ, F., BEGUM, M. N., ROY, S. R., SHARMIN, S., MONI, F., MAHMOOD, C. H., SHAHA, K, SOHRAB, M. H. Endophytic *Fusarium solani*: A rich source of cytotoxic and antimicrobial naphthaquinone and aza-anthraquinone derivatives. *Toxicol. Reps.*, v. 5, p. 970–976, 2018a.

KHAN, S.; MALIK, A. Toxicity evaluation of textile effluents and role of native soil bacterium in biodegradation of a textile dye. *Environmental Science and Pollution Research - International*, v. 25, n. 5, p. 4446-4458, 2018.

KHAN, A. A., ALSHABI, A. M., ALQAHTANI, Y. S., ALQAHTANI, A. M., BENNUR, R. S., SHAIKH, I. A., ... MAQBUL, M. S. Extraction and identification of fungal pigment from *Penicillium europium* using different spectral studies. *Journal of King Saud University - Science*, v. 33, n. 4, 2021.

KHANKHET, J., VANDERWOLF, K. J., MCALPINE, D. F., MCBURNEY, S., OVERY, D. P., SLAVIC, D., XU, J. Clonal Expansion of the *Pseudogymnoascus destructans* Genotype in North America Is Accompanied by Significant Variation in Phenotypic Expression. *PLoS ONE*, v. 9, n. 8, 2014.

KHATIB, M.A.; HARIR, M.; COSTA, J.; BARATTO, M.C.; SCHIAVO, I.; TRABALZINI, L. Spectroscopic Characterization of Natural Melanin from a *Streptomyces cyaneofuscatus* Strain and Comparison with Melanin Enzymatically Synthesized by Tyrosinase and Laccase. *Molecules*, v. 23, p. 1916, 2018.

KIMURA, T., FUKUDA, W., SANADA, T., IMANAKA, T. Characterization of water-soluble dark-brown pigment from Antarctic bacterium, *Lysobacter oligotrophicus*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 120, n. 1, p. 58–61, 2015.

KISCHKELL, B. et al. Produção de pigmentos extracelulares por espécies de *Fusarium* e *Aspergillus*. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 16, n.4, p. 115-119, out./dez. 2018.

KRISHNAMURTHY, S., NARASIMHA MURTHY, K., THIRUMALE, S. Characterization of ankaflavin from *Penicillium aculeatum* and its cytotoxic properties. *Natural Product Research*, 1–6, 2018.

- KUMAR, C. G., MONGOLLA P., POMBALA, S., KAMLE, A., JOSEPH, J. Physicochemical characterization and antioxidant activity of melanin from a novel strain of *Aspergillus bridgeri* ICTF-201. *Lett Appl Microbiol.* v. 53, n.3, p 350-8, 2011.
- KUMAR, A.; PRAJAPATI, S.; NIKHIL, N. S.; NEOGI, T. G. *Industrially Important Pigments from Different Groups of Fungi*. Industrially Important Pigments from Different Groups of Fungi. In: YADAV, A., SINGH, S., MISHRA, S., GUPTA, A. (eds). Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi. Fungal Biology. Springer, Cham., p. 285–301, 2019
- KUNDU, A., SAHA, S., WALIA, S., DUTTA, T. K. Anti-nemic secondary metabolites produced by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *J. Asia Pac. Entomol.*, v. 19, n. 3, p. 631–636, 2016.
- KURIAN, N. K.; BHAT, S. G. Photoprotection and Anti-Inflammatory Properties of Non-Cytotoxic Melanin from Marine Isolate *Providencia rettgeri* Strain BTKKS1. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, v. 14, n.4, p. 1475-1484, dec. 2017.
- LA FUENTE, R., SONAWANE, N. D., ARUMAINAYAGAM, D., VERKMAN, A. S. Small molecules with antimicrobial activity against *E. coli* and *P. aeruginosa* identified by high-throughput screening. *British Journal of Pharmacology*, v. 149, n. 5, p. 551–559, 2006.
- LAGASHETTI, A. C.; DUFOSSÉ, L; SINGH, S.K.; SINGH, P.N. Fungal Pigments and Their Prospects in Different Industries. *Microorganisms*, v. 7, n. 12, p. 604, 2019.
- LAGASHETTI, A.C.; SINGH, S.K.; DUFOSSÉ, L.; SRIVASTAVA, P.; SINGH, P.N. Antioxidant, Antibacterial and Dyeing Potential of Crude Pigment Extract of *Gonatophragmium triuniae* and Its Chemical Characterization. *Molecules*, v. 27, n. 2, 2022.
- LEBEAU, J., PETIT, T., CLERC, P., DUFOSSÉ, L., CARO Y. Isolation of two novel purple naphthoquinone pigments concomitant with the bioactive red bikaverin and derivatives thereof produced by *Fusarium oxysporum*. *Biotechnol. Prog.*, v. 35, n. 1, 2018.
- LEE, J. H., HYUN, C. K. Insulin-Sensitizing and Beneficial Lipid-Metabolic Effects of the Water-Soluble Melanin Complex Extracted from *Inonotus obliquus*. *Phytotherapy Research*, v. 28, n. 9, p. 1320–1328, 2014.
- LEE, S.S.; LEE, J.H.; LEE, I. Strain improvement by overexpression of the *laeA* gene in *Monascus pilosus* for the production of monascus-fermented rice. *J. Microbiol. Biotechnol.*, v. 23, p. 959–965, 2013
- LELLIS, B.; FÁVARO-POLONIO, C. Z.; PAMPHILE, J. A.; POLONIO, J. C.; Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. *Biotechnology Research and Innovation*, v. 3, n. 2, 2019.
- LEUSHKIN, E.V., LOGACHEVA, M.D., PENIN, A.A. et al. Comparative genome analysis of *Pseudogymnoascus* spp. reveals primarily clonal evolution with small genome fragments exchanged between lineages. *BMC Genomics*, v. 16, p. 400, 2015.

- LI, C.; JI, C.; TANG, B. Purification, characterization and biological activity of melanin from *Streptomyces* sp. *FEMS Microbiol. Lett.*, v. 365, n. 19, 2018.
- LIN, C. P., LIN, Y. L., HUANG, P. H., TSAI, H. S., CHEN, Y. H. Inhibition of endothelial adhesion molecule expression by *Monascus purpureus*-fermented rice metabolites, monacolin K, ankaflavin, and monascin. *J Sci Food Agri*, v. 91, n. 10, p. 1751–1758, 2011.
- LIN, Y. R., LO, C. T., LIU, S.-Y., PENG, K. C. Involvement of Pachybasin and Emodin in Self-Regulation of *Trichoderma harzianum* Mycoparasitic Coiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 9, p. 2123–2128, 2012.
- LIU, Q.; XIAO, J.; LIU, B.; ZHUANG, Y.; SUN, L. Study on the Preparation and Chemical Structure Characterization of Melanin from *Boletus griseus*. *International Journal of Molecular Science*, v. 19, n. 12, p. 3736, 2018.
- LIU, Y et al. Microbial dyes: dyeing of poplar veneer with melanin secreted by *Lasioidiplodia theobromae* isolated from wood. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 104, n. 1, april 2020.
- LLANTEN, D. N.; AMENABAR, M. J.; BLAMEY, J. M. Antioxidant Capacity of Novel Pigments from an Antarctic Bacterium. *The Journal of Microbiology*, v. 50, p. 374–379, 2012.
- LOPES, F. C. *Produção e análise de metabólitos secundários de fungos filamentosos. Dissertação* (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- LONDOÑE-BAILON, P., SÁNCHEZ-ROBINET, C., ALVAREZ-GUZMAN, G. In vitro antibacterial, antioxidant and cytotoxic activity of methanol-acetone extracts from Antarctic lichens (*Usnea antarctica* and *Usnea aurantiaco-atra*), *Polar Science*, v. 22, 2019.
- LORCH, J. M., LINDNER, D. L., GARGAS, A., MULLER, L. K., MINNIS, A. M., BLEHER, D. S. A culture-based survey of fungi in soil from bat hibernacula in the eastern United States and its implications for detection of *Geomyces destructans*, the causal agent of bat white-nose syndrome. *Mycologia*, v. 105, n. 2, 2013.
- MAGGI, O., TOSI, S., ANGELOVA, M., LAGOSTINA, E., FABBRI, A. A., PECORARO, L., ... BUZZINI, P. Adaptation of fungi, including yeasts, to cold environments. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, v. 147, n. 1, p. 247–258, 2013.
- MAPARI, S. A.; MEYER, A. S.; THRANE, U.; FRISVAD, J. C. Identification of potentially safe promising fungal cell factories for the production of polyketide natural food colorants using chemotaxonomic rationale. *Microbial Cell Factories*, v. 8(1), p. 24, 2009.
- MAPARI, S. A. S.; THRANE, U.; MEYER, A. S. Fungal polyketide azaphilone pigments as future natural food colorants. *Trends Biotechnol*, v. 28, p. 300–307, 2010.

- MANIKPRABHU, D.; LINGAPPA, K. Actinorhodin a natural and attorney source for synthetic dye to detect acid production of fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 20, p. 163–168, 2013.
- MASCARENHAS, J. M. O. *Corantes em alimentos: perspectivas, usos e restrições*. Tese (Mestrado). 158 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1998.
- MAVRODI, D. V., PEEVER, T. L., MAVRODI, O. V., PAREJKO, J. A., et al. Diversity and Evolution of the Phenazine Biosynthesis Pathway. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 76, n. 3, p. 866–879, 2010.
- MEINICKE, R. M., VENDRUSCOLO, F., MORITZ, D. E., de OLIVEIRA, D., et al. Potential use of glycerol as substrate for the production of red pigments by *Monascus ruber* in submerged fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1, n. 3, p. 238–242, 2012.
- MÉNDEZ, A., PÉREZ, C. et al. Red pigment production by *Penicillium purpurogenum* GH2 is influenced by pH and temperature. *J Zhejiang Univ-Sci B (Biomed & Biotechnol)*, v. 12, n. 12, 961-968, 2011.
- MENEZES, G. C. A.; GODINHO, V. M.; PORTO, B. A.; GONÇALVES, V. N.; ROSA, L. H. *Antarctomyces pellizariae* sp. nov., a new, endemic, blue, snow resident psychrophilic ascomycete fungus from Antarctica. *Extremophiles*, v. 21, p. 259-269, 2017.
- MÉRILLON, J. M., RAMAWAT, K. G. (eds.) *Co-Evolution of Secondary Metabolites*. Springer Nature, Switzerland, pp 1–37, 2018.
- MINNIS, A. M., LINDNER, D. L. Phylogenetic evaluation of *Geomyces* and allies reveals no close relatives of *Pseudogymnoascus destructans*, comb. nov., in bat hibernacula of eastern North America. *Fungal Biol.*, v. 117, p. 638–649, 2013.
- MICILLO, R.; PANZELLA, L.; KOIKE, K.; MONFRECOLA, G.; NAPOLITANO, A.; D'ISCHIA, M. “Fifty Shades” of Black and Red or How Carboxyl Groups Fine Tune Eumelanin and Pheomelanin Properties. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 17, 746, 2016.
- MOJIB, N.; PHILPOTT, R.; HUANG, J. P.; NIEDERWEIS, M.; BEJ, A. K. Antimycobacterial activity in vitro of pigments isolated from Antarctic bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoekv.*, v. 98, p. 531, 2010.
- MORALES-OYERVIDES, L., RUIZ-SÁNCHEZ, J. P., OLIVEIRA, J. C., et al. Biotechnological approaches for the production of natural colorants by *Talaromyces/Penicillium*: A review. *Biotechnology Advances*, 2020.
- MUKHERJEE, G., MISHRA, T., DESHMUKH, S. K. Fungal Pigments: An Overview. *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology*, p. 25–541, 2017.
- MUKHERJEE, G., SINGH, S. K. Purification and characterization of a new red pigment from *Monascus purpureus* in submerged fermentation. *Process Biochemistry*, v. 46, p. 188–192, 2011.

- NAGIA, F. A., EL-MOHAMEDY, R. S. R. Dyeing of wool with natural anthraquinone dyes from *Fusarium oxysporum*. *Dyes and Pigments*, v. 75, n. 3, p. 550–555, 2007.
- NAMBELA, L., HAULE, L. V., MGANI, Q. A review on source, chemistry, green synthesis and application of textile colorants. *Journal of Cleaner Production*, v. 246, 2020.
- NIRMALADEVI, D., VENKATARAMANA, M., CHANDRANAYAKA, S. et al. Neuroprotective Effects of Bikaverin on H₂O₂-Induced Oxidative Stress Mediated Neuronal Damage in SH-SY5Y Cell Line. *Cell Mol. Neurobiology*, v. 34, 'p. 973–985, 2014.
- OBEID, M. T., HUSSAIN, W. A., RADHI, W. A., JABIR, A. A., ABD-ALAMMAM, D. A. Linear optical properties of pheomelanine pigment extraction from red wool. *JZS*, v. 17, n. 1, 2015.
- O'BRIEN, J., WRIGHT, G. D. An ecological perspective of microbial secondary metabolism. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 22, n. 4, p. 552–558, 2011.
- OGAKI, M.B., COELHO, L.C., VIEIRA, R. et al. Cultivable fungi present in deep-sea sediments of Antarctica: taxonomy, diversity, and bioprospecting of bioactive compounds. *Extremophiles*, v. 24, p. 227–238, 2020.
- OGBONNA, C. N. Production of food colourants by filamentous fungi. *African Journal of Microbiology Research*, v. 10, n. 26, p. 960–971, 2016.
- OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. *Rev. bras. plantas med.*, v. 17, n. 1, jan-mar, 2015.
- OLIVEIRA, F. PEDROLI, D. B., TEIXEIRA, M. F. S., SANTOS-EBINUMA, V. C. Water-soluble fluorescent red colorant production by *Talaromyces amestolkiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 103, p. 6529-6541, jun. 2019.
- ONOFRI, S.; SELBMANN, L.; PACELLI, C.; DE VERA, J.P.; HORNECK, G.; HALLSWORTH, J.E.; ZUCCONI, L. Integrity of the DNA and Cellular Ultrastructure of Cryptoendolithic Fungi in Space or Mars Conditions: A 1.5-Year Study at the International Space Station. *Life*, v. 8, n. 23, 2018.
- ORLANDI, V. T., MARTEGANI, E., GIARONI, C., BAJ, A., BOLOGNESE, F. Bacterial pigments: A colorful palette reservoir for biotechnological applications. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 2021.
- PACELLI, C.; BRYAN, R. A.; ONOFRI, S. et al. Melanin is effective in protecting fast and slow growing fungi from various types of ionizing radiation. *Environmental Microbiology*, v. 19, p. 1612–1624, 2017.
- PACELLI, C.; BRYAN, R. A.; ONOFRI, S.; SELBMANN, L., et al. Survival and redox activity of *Friedmanniomyces endolithicus*, an Antarctic endemic black meristematic fungus, after gamma rays exposure. *Fungal Biology*, v. 122, p. 1222-1227, 2018.

- PACELLI, C.; CASSARO, A.; MATURILLI, A. et al. Multidisciplinary characterization of melanin pigments from the black fungus *Cryomyces antarcticus*. *Appl Microbiol Biotechnol*, v. 104, p. 6385–6395, 2020.
- PAL, A. K., GAJJAR, D. U., VASAVADA, A. R. DOPA and DHN pathway orchestrate melanin synthesis in *Aspergillus* species. *Medical Mycology*, 2013.
- PALMER, J.M., DREES, K.P., FOSTER, J.T. et al. Extreme sensitivity to ultraviolet light in the fungal pathogen causing white-nose syndrome of bats. *Nat Commun*, v. 9, n. 35, 2018.
- PANDIT, S. G., PUTTANANJAIH, M. H., HAROHALLY, N. V., DHALE, M. A. Functional attributes of a new molecule-2-hydroxymethyl-benzoic acid 2'-hydroxy-tetradecyl ester isolated from *Talaromyces purpureogenus* CFRM02. *Food Chemistry*, v. 255, p. 89–96, 2018.
- PANESAR, R.; SHUBHNEET, K.; PANESAR, P. S. Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: a review. *Current Opinion in Food Science*, v. 1, p. 70-76, 2015.
- PEREZ-CUESTA, U., APARICIO-FERNANDEZ, L., GURUCEAGA, X. et al. Melanin and pyomelanin in *Aspergillus fumigatus*: from its genetics to host interaction. *Int Microbiol.*, v 23, p 55–63, 2020.
- PIKUTA, E. V.; HOOVER, R. B.; TANG, J. Microbial Extremophiles at the Limits of Life. *Critical Reviews in Microbiology*, v. 33, p. 183-209, 2007.
- POORNIAMMAL, R.; PARTHIBAN, M.; GUNASEKARAN, S.; MURUGESAN, R.; THILAGAVATHI, G. Natural dye production from *Thermomyces* sp fungi for textile application. *Indian J. Fibre Text. Res.*, p. 276–279, 2013.
- PRALEA, I. C.; MOLDOVAN, R. C.; PETRACHE, A. M.; ILIEȘ, M.; HEGHEȘ, S. C.; IELCIU, I.; NICOARĂ, R. From Extraction to Advanced Analytical Methods: The Challenges of Melanin Analysis *Int. J. Mol. Sci.*, v. 20, p. 3943, 2019.
- PUKALSKI, J., MARCOL, N., WOLAN, N., PŁONKA, P. M., RYSZKA, P., KOWALSKI, T., LATOWSKI, D. Detection of a pheomelanin-like pigment by EPR spectroscopy in the mycelium of *Plenodomus biglobosus*. *Acta Biochim Pol.*, v. 67, n.3, p. 295-301, 2020.
- PURIC, J., VIEIRA, G., CAVALCA, L. B., SETTE, L. D., FERREIRA, H., VIEIRA, M. L. C., SASS, D. C. Activity of Antarctic fungi extracts against phytopathogenic bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, v. 66, n. 6, p. 530–536, 2018.
- RAILLO, A. Beitrage zur Kenntnis der Boden-Pilze. Centralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. *Zweite Abtheilung*, v. 78: 515e524., 1929.

- RAO, M. P. N.; XIAO, M.; LI, W. Fungal and Bacterial Pigments: Secondary Metabolites with Wide Applications. *Frontiers in Microbiology*. v.8, p. 1113, 2017.
- ROBICHEAU, B., ADAMS, S., PROVENCHER, J., ROBERTSON, G., MALLORY, M., WALKER, A., et al. Diversity and keratin degrading ability of fungi isolated from Canadian Arctic marine bird feathers. *Arctic*, v. 72, 3p. 47–359, 2019.
- ROBINSON, S. C, TUDOR, D., COOPER, P. A. Utilizing pigment-producing fungi to add commercial value to American beech (*Fagus grandifolia*). *Appl Microbiol Biotechnol.*, v. 93, n. 3, p. 1041-8, 2012.
- ROSA, L. H. (Ed). Fungi of Antarctica - Diversity, Ecology and Biotechnological Applications. Springer Nature: Switzerland, 2019.
- ROSA, L. H., PINTO, O. H. B., ŠANTL-TEMKIV, T. et al. DNA metabarcoding of fungal diversity in air and snow of Livingston Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Sci Rep*, v. 10, 2020.
- RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado técnico online - EMBRAPA, 2007.
- SAINI, A. S; MELO, J. S. One-pot green synthesis of eumelanin: process optimization and its characterization. *RSC Adv.*, v. 5, p. 47671–47680, 2015.
- SÁNCHEZ-MUÑOZ, S., MARIANO-SILVA, G., LEITE, M. O., MURA, F. B., VERMA, M. L., SILVA, S. S., CHANDEL, A. K. *Chapter 11 - Production of fungal and bacterial pigments and their applications*. Em: VERMA, M. L., CHANDEL, A. K (eds). *Biotechnological Production of Bioactive Compounds*, Elsevier, p. 327-361, 2020.
- SANTIAGO, I. F., SOARES, M. A., ROSA, C. A. et al. Lichensphere: a protected natural microhabitat of the non-lichenised fungal communities living in extreme environments of Antarctica. *Extremophiles*, v. 19, p. 1087–1097, 2015.
- SARAVANAN, A.; JAYASREE, R.; KUMAR, et al. Production of pigment using *Aspergillus tamarii*: New potentials for synthesizing natural metabolites. *Environmental Technology & Innovation*, v. 19, 2020.
- SELVAKUMAR, R. S., PERIASAMY, K., RAAMAN, N. Isolation and characterization of melanin pigment from *Pleurotus cystidios* (telomorph of *Antromyces macrocapa*). *World J. Microbiol. Biotechnol.*, v. 24, p. 2125-2131, 2008.
- SHAH, A., RATHER, M. A., HASSAN, Q. P., AGA, M. A., MUSHTAQ, S., SHAH, A. M., HUSSAIN, A., BABA, S. A., AHMAD, Z. Discovery of anti-microbial and anti-tubercular molecules from *Fusarium solani*: an endophyte of *Glycyrrhiza glabra* . *J. Appl. Microbiol.*, v. 122, n. 5, p. 1168–1176, 2017.

SHAH, S.G., SHIER, W.T., JAMALUDDIN, TAHIR, N., HAMEED, A., AHMAD, S., ALI, N. *Penicillium verruculosum* SG: a source of polyketide and bioactive compounds with varying cytotoxic activities against normal and cancer lines. *Arch. Microbiol.* 196, 267–278, 2014.

SILBIR, S., GOKSUNGUR, Y. Natural Red Pigment Production by *Monascus Purpureus* in Submerged Fermentation Systems Using a Food Industry Waste: Brewer's Spent Grain. *Foods*, v. 8, n. 5, p. 161, 2019.

SILVA, I. C.; REGASINI, L. O.; PETRÔNIO, M. S.; SILVA, D. H. S.; BOLZANI, V. S.; BELASQUE JR, J.; SACRAMENTO, L. V. S.; FERREIRA, H. Antibacterial activity of alkyl gallates against *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. *Journal of Bacteriology*, v. 195, n. 1, p. 85-94, 2013.

SIMON, J. D.; PELES, D. N. The Red and the Black. *Accounts of Chemical Research*, v. 43, n. 11, p. 1452–1460, 2010.

SINGH, S. M.; SINGH, P. N; et al. Pigment, fatty acid and extracellular enzyme analysis of a fungal strain *Thelebolus microsporus* from Larsemann Hills, Antarctica. *Polar Record*, v. 50, p 31-35, 2014.

SINGH, S., NIMSE, S. B., MATHEW, D. E., DHIMMAR, A., SAHASTRABUDHE, H., et al. Microbial melanin: Recent advances in biosynthesis, extraction, characterization, and applications. *Biotechnology Advances*, 2021.

SOLANO, F. Melanins: Skin Pigments and Much More—Types, Structural Models, Biological Functions, and Formation Routes. *New Journal of Science*, v. 2014, 2014.

SOUMYA, K.; NARASIMHA, K. M., SREELATHA, G. L.; TIRUMALE, S. (2018). Characterization of a red pigment from *Fusarium chlamydosporum* exhibiting selective cytotoxicity against human breast cancer MCF-7 cell lines. *Journal of Applied Microbiology*, v. 125, n. 1, p. 148–158, 2018.

STEPIEN, Ł., LALAK-KANCZUGOWSKA, J., WITASZAK, N., URBANIAK, M. *Fusarium* Secondary Metabolism Biosynthetic Pathways: So Close but So Far Away. Em:

STUDT, L., TRONCOSO, C., GONG, F., HEDDEN, P., TOOMAJIAN, C., LESLIE, J. F., HUMPF, H. U., ROJA, M. C., TUDZYNSKI, B. Segregation of secondary metabolite biosynthesis in hybrids of *Fusarium fujikuroi* and *Fusarium proliferatum*. *Fungal Genet. Biol.*, v. 49, n. 7, p. 567–577, 2012.

SURENDIRAKUMAR, K., PANDEY, R. R., MUTHUKUMAR, T. et al. Characterization and biological activities of melanin pigment from root endophytic fungus, *Phoma* sp. RDSE17. *Arch Microbiol*, v. 204, 171, 2022.

SUWANNARACH, N., KUMLA, J., NISHIZAKI, Y. et al. Optimization and characterization of red pigment production from an endophytic fungus, *Nigrospora*

aurantiaca CMU-ZY2045, and its potential source of natural dye for use in textile dyeing. *Appl Microbiol Biotechnol*, v. 103, p. 6973–6987, 2019.

TAJUDDIN, N., RIZMAN-IDID, M., CONVEY, P., ALIAS, S. A. Thermal adaptation in a marine-derived tropical strain of *Fusarium equiseti* and polar strains of *Pseudogymnoascus* spp. under different nutrient sources. *Botanica Marina*, v. 61, n. 1, p. 9–20, 2018.

TAN, H., XING, Z., CHEN, G., TIAN, X., WU, Z. Evaluating Antitumor and Antioxidant Activities of Yellow *Monascus* Pigments from *Monascus ruber* Fermentation. *Molecules*, v. 23, n. 12, p. 3242, 2018.

TAVARES, D. G., BARBOSA, B. V. L., FERREIRA, R. L., DUARTE, W. F., CARDOSO, P. G. Antioxidant activity and phenolic compounds of the extract from pigment producing fungi isolated from Brazilian caves. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 16, p. 148-154, 2018.

TEIXEIRA, M. F. S., MARTINS, M. S., SILVA, J. C. D., KIRSCH, L. S., et al. Amazonian biodiversity: pigments from *Aspergillus* and *Penicillium* - characterizations, antibacterial activities and their toxicities. *Curr Trends Biotechnol Pharm*, v. 6, p. 300–311, 2012.

TIAN, Y.; LI, Y. L; ZHAO, F.C. Secondary Metabolites from Polar Organisms. *Marine Drugs*, v. 15, p. 28, 2017.

TOLBORG, G., ISBRANDT, T., LARSEN, T. O., WORKMAN, M. *Establishing novel cell factories producing natural pigments in Europe*. Em: SINGH, O. V. *Bio-pigmentation and biotechnological implementations*. John Wiley & Sons, 2017.

TOSI, S.; CASADO, B.; GERDOL, R. Fungi isolated from Antarctic mosses. *Polar Biol*, v. 25, p. 262–268, 2002.

TOSI, S., KOSTADINOVA, N., KRUMOVA, E. et al. Antioxidant enzyme activity of filamentous fungi isolated from Livingston Island, Maritime Antarctica. *Polar Biol*, v. 33, p. 1227–1237, 2010.

TRAN-LY, A. N., REYES, C., SCHWARZE, F., RIBERA, J. Microbial production of melanin and its various applications. *World journal of microbiology & biotechnology*, v. 36, n. 11, p. 170, 2020.

TUDOR, D., ROBINSON, S. C., COOPER, P. A. The influence of pH on pigment formation by lignicolous fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 80, p. 22–28, 2013.

TURICK C. E., KNOX A. S., BECNEL J. M., EKECHUKWU A. A., MILLIKEN C. E. Properties and function of pyomelanin. *Biopolymers*, p. 449–472, 2010.

TURNER, J. M., MESSENGER, A. J. Occurrence, Biochemistry and Physiology of Phenazine Pigment Production. *Advances in Microbial Physiology*, v. 27, p. 211–275, 1986.

- VASANTHAKUMAR, A., DE ARAUJO, A., SCHILLING, M., MAZUREK, J., MITCHELL, R. Pyomelanin production in *Penicillium chrysogenum* is stimulated by l-tyrosine. *Microbiology*, v. 161, n.6, p. 1211–1218, 2015.
- VELMURUGAN, P., KAMALA-KANNAN, S., BALACHANDAR, V., LAKSHMANAPERUMALSAMY, P., CHAE, J. C., OH, B. T. Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. *Carbohydrate Polymers*, v. 79, n. 2, p. 262–268, 2010.
- VENDRUSCOLO, F., BÜHLER, R.M.M., DE CARVALHO, J.C. et al. *Monascus*: a Reality on the Production and Application of Microbial Pigments. *Appl Biochem Biotechnol*, v. 178, p. 211–223, 2016.
- VENDRUSCOLO, F., MÜLLER, B. L., MORITZ, D. E., de OLIVEIRA, D., SCHMIDELL, W., NINOW, J. L. Thermal stability of natural pigments produced by *Monascus ruber* in submerged fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 2, n.3, p. 278–284, 2013.
- VENDRUSCOLO, F., TOSIN, I., GIACHINI, A. J., SCHMIDELL, W., NINOW, J. L. Antimicrobial activity of *Monascus* pigments produced in submerged fermentation. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 38, n. 4, p. 1860–1865, 2014.
- VENIL, C.K.; VELMURUGAN, P.; DUFOSSÉ, L.; RENUKA DEVI, P.; VEERA RAVI, A. Fungal Pigments: Potential Coloring Compounds for Wide Ranging Applications in Textile Dyeing. *J. Fungi*, v. 6, n. 68, 2020.
- VENKATACHALAM, M., MAGALON, H., DUFOSSÉ, L., FOUILLAUD, M. Production of pigments from the tropical marine-derived fungi *Talaromyces albobiverticillius*: new resources for natural red-colored metabolites. *J. Food Compos. Anal.*, v. 70, p. 35–48, 2018.
- VIEIRA, G., PURIĆ, J., MORÃO, L. G., DOS SANTOS, J. A., INFORSATO, F. J., SETTE, L. D., ... SASS, D. C. Terrestrial and marine Antarctic fungi extracts active against *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. *Letters in Applied Microbiology*, v. 67, n. 1, p. 64–71, 2018.
- VIGGIANO, A., SALO, O., ALI, H., SZYMANSKI, W., LANKHORST, P. P., NYGÅRD, Y., ... DRIESSEN, A. J. M. Pathway for the Biosynthesis of the Pigment Chrysogine by *Penicillium chrysogenum*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 84, n. 4, 2017.
- VILLANUEVA, P., VÁSQUEZ, G., GIL-DURÁN, C., OLIVA, V., DÍAZ A., et al. Description of the First Four Species of the Genus *Pseudogymnoascus* From Antarctica. *Front. Microbiol.*, v. 12, nov. 2021.
- VINCENT, W. F., Evolutionary origins of Antarctic microbiota: invasion, selection and endemism. *Antarctic Science*, v. 12, n. 3, p. 374–385, 2000.
- WANG, C.; CHEN, D.; QI, J. *Biochemistry and Molecular Mechanisms of Monascus Pigments*. In: SINGH, O. V (Org). *Bio-Pigmentation and Biotechnological Implementations*, p. 173–191, 2017.

- WANG, F.; XU, B.; SUN, Y.; ZANG, J.; LI, X.; WANG, N. Identification of an Antarctic fungus and property analysis of its secretory pigment. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, v. 13, p. 189-195, 2013.
- WANG, J. F., LIU, X. J., LIU, R. S., LI, H. M., TANG, Y. J. Optimization of the mated fermentation process for the production of lycopene by *Blakeslea trispora* NRRL 2895 (+) and NRRL 2896 (-). *Bioprocess Biosyst Eng.*, v. 35, n. 4, p. 553-64, 2012.
- WANG, N., ZHAO, Q., ZHANG, P. Antarctic fungus coloring compound. Patent. People's Republic of China: CN 104804007 A, 2015.07.29. 2015.
- WOO, P. C. Y., LAM, C.-W., TAM, E. W. T., LEE, K.-C., YUNG, K. K. Y., LEUNG, C. K. F., ... YUEN, K.Y. The biosynthetic pathway for a thousand-year-old natural food colorant and citrinin in *Penicillium marneffeii*. *Scientific Reports*, v. 4, n.1, 2014.
- WENTZEL, L.C.P., INFORSATO, F.J., MONTOYA, Q.V. et al. Fungi from Admiralty Bay (King George Island, Antarctica) Soils and Marine Sediments. *Microb Ecol.*, v. 77, p. 12–24, 2019.
- WESTPHAL, K.R.; WOLLENBERG, R.D.; HERBST, F.A.; SØRENSEN, J.L.; SONDERGAARD, T.E.; WIMMER, R. Enhancing the production of the fungal pigment aurofusarin in *Fusarium graminearum*. *Toxins*, v. 10, 485, 2018.
- WU, Z., Zhang, M., Yang, H., Zhou, H., Yang H. Production, physico-chemical characterization and antioxidant activity of natural melanin from submerged cultures of the mushroom *Auricularia auricula*. *Food Bioscience*, v. 26, p. 49-56, 2018.
- YAN, B. Yellow pigment of *Metarhizium anisopliae* and its application to the dyeing of fabrics. *Color Technology*, 2019.
- YE, M.; CHEN, X.; LI, G. W.; GUO, G. Y.; YANG, L. Structural Characteristics of Pheomelanin-Like Pigment from *Lachnum singerianum*. *Advanced Materials Research*, v. 284-286, p. 1742–1745, 2011.
- YE, M.; GUO, G.; LU, Y.; SONG, S.; WANG, H.; YANG, L. Purification, structure and anti-radiation activity of melanin from *Lachnum* YM404. *Int. J. Biol. Macromol.*, v. 63, p. 170–176, 2014.
- YE, Z.; LU, Y.; ZONG, S.; YANG, L.; SHAIKH, F.; LI, J.; YE, M. Structure, molecular modification and anti-tumor activity of melanin from *Lachnum singerianum*. *Process Biochemistry*, v. 76, p 203-212, 2019.
- YILMAZ, N., HOUBRAKEN, J., HOEKSTRA, E.S.S., FRISVAD, J.C.C., VISAGIE, C.M.M., SAMSON, R.A.A. Delimitation and characterisation of *Talaromyces purpurogenus* and related species. *Persoonia - Mol. Phylogeny Evol. Fungi*, v. 29, p. 39–54, 2012.
- YOUNGCHIM, S.; MORRIS-JONES, R.; HAY, R. J.; HAMILTON, A. J. Production of melanin by *Aspergillus fumigatus*. *J. Med. Microbiol.*, v. 53, p. 175–181, 2004.

- YUSUF, M.; SHABBIR, M.; MOHAMMAD. Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects. *Natural products and bioprospecting*, v.7, n. 1, p. 123–145, 2017.
- ZABALA, A. O., XU, W., CHOOI, Y.H., TANG, Y. Characterization of a Silent Azaphilone Gene Cluster from *Aspergillus niger* ATCC 1015 Reveals a Hydroxylation-Mediated Pyran-Ring Formation. *Chemistry & Biology*, v. 19, n. 8, p. 1049–1059, 2012.
- ZACCARIM, B. R. et al. Sequencing and phylogenetic analyses of *Talaromyces amestolkiae* from Amazon: A producer of natural colorants. *Biotechnology Progress*, jul. 2019.
- ZAHAN, K. A., ISMAIL, N. S., LEONG, C. R., RASHID, S. A., TONG, W. Y. Monascorubin production by *Penicillium minioluteum* ED24 in a solid-state fermentation using sesame seed cake as substrate. *Materials Today: Proceedings*, 2020.
- ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H. (Org). *Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento*. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.
- ZERRAD A., ANISSI J., GHANAM J., SENDIDE K., EL HASSOUNI, M. Antioxidant and antimicrobial activities of melanin produced by a *Pseudomonas balearica* strain. *Journal of Biotechnology Letters*, v. 5, n. 1, 2014.
- ZHAN, J., BURNS, A. M.; LIU, M. X.; FAETH, S. H.; GUNATILAKA, A. A. Search for cell motility and angiogenesis inhibitors with potential anticancer activity: beauvericin and other constituents of two endophytic strains of *Fusarium oxysporum*. *J Nat Prod*, v. 70, p. 227–232, 2007.
- ZHANG, Z. Y., SHAO, Q. Y., LI, X., CHEN, W. H., LIANG J. D, HAN, Y. F., et al. Culturable fungi from urban soils in China I: description of 10 new taxa. *Microbiol. Spectr.*, 2021.
- ZHANG, Y., WU, X., HUANG, C., ZHANG, Z., GAO, W. Isolation and identification of pigments from oyster mushrooms with black, yellow and pink caps. *Food Chemistry*, v. 375, mar. 2022.
- ZONG, S., LI, L., LI, J. et al. Structure Characterization and Lead Detoxification Effect of Carboxymethylated Melanin Derived from *Lachnum* Sp.. *Appl Biochem Biotechnol*, v. 182, p. 669–686, 2017.
- ZOU, Y., HU, W., MA, K., TIAN, M. Physicochemical properties and antioxidant activities of melanin and fractions from *Auricularia auricula* fruiting bodies. *Food Science and Biotechnology*, v. 24, n. 1, p. 15–21, 2015a.
- ZOU, Y.; ZHAO, Y.; HU, W. Chemical composition and radical scavenging activity of melanin from *Auricularia auricula* fruiting bodies. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 35, n. 2, p. 253–258, 2015b.