

Fungos filamentosos crescidos em resíduos agroindústrias para uso em aplicações biotecnológicas

Filament fungi grown on agricultural waste for use in biotechnology applications

Hongos filamentosos cultivados en residuos agroindustriales para uso en aplicaciones biotecnológicas

Recebido: 10/07/2022 | Revisado: 24/07/2022 | Aceito: 26/07/2022 | Publicado: 04/08/2022

Ninive Bezerra Florêncio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8807-288X>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: ninive.florencio@gmail.com

Pérsio Alexandre da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6281-4515>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: persiosilva@gmail.com.br

Erik Jonne Vieira de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3151-0949>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: erikjonne@gmail.com

Gleyka Daisa de Melo Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1041-6977>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: santosgleyka@gmail.com

Norma Buarque de Gusmão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6700-9876>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: normagusmao@gmail.com

Resumo

Em todo o mundo são produzidos, diariamente, muitos resíduos agroindustriais provenientes de diferentes tipos de processos industriais. Ressaltando aqueles realizados por indústrias de polpas e sucos que descartam a maior parte do peso total das frutas (cascas e sementes). Esses resíduos contêm grandes quantidades de nutrientes, como açúcares, minerais e proteínas, que podem ser biotransformados em moléculas de interesse tecnológico através da aplicação de processos biotecnológicos. Dentre eles, os processos fermentativos com fungos filamentosos vêm como alternativa promissora, pois esses microrganismos são relatados como grandes produtores de metabólitos secundários com aplicação médica e farmacêutica. Como, por exemplo, os biocorantes que são substâncias que proporcionam cor e podem agregar atividade biológica aos produtos, como ação antioxidante e antimicrobiana. O presente trabalho trata-se de uma revisão narrativa sobre o potencial uso de diferentes tipos de resíduos agroindustriais como substratos nutritivos para crescimento fúngico e a produção industrial de seus metabólitos bioativos.

Palavras-chave: Descarte da agroindústria; Biotransformação; Microrganismos; Biocorantes.

Abstract

All over the world, many agro-industrial residues are produced daily from different types of industrial processes. Emphasizing those carried out by pulp and juice industries that discard most of the total weight of fruits (peels and seeds). These residues contain large amounts of nutrients, such as sugars, minerals and proteins, which can be biotransformed into molecules of technological interest through the application of biotechnological processes. Among them, the fermentative processes with filamentous fungi come as a promising alternative, as these microorganisms are reported as major producers of secondary metabolites with medical and pharmaceutical application. Such as, for example, biocolorants, which are substances that provide color and can add biological activity to products, such as antioxidant and antimicrobial action. The present work is a narrative review on the potential use of different types of agro-industrial residues as nutritive substrates for fungal growth and the industrial production of their bioactive metabolites.

Keywords: Disposal of agro-industry; Biotransformation; Microorganisms; Biodyes.

Resumen

En todo el mundo, diariamente se producen muchos residuos agroindustriales a partir de diferentes tipos de procesos industriales. Destacando aquellos realizados por industrias de pulpa y jugos que desechan la mayor parte del peso total

de frutos (cáscaras y pepitas). Estos residuos contienen gran cantidad de nutrientes, como azúcares, minerales y proteínas, que pueden ser biotransformados en moléculas de interés tecnológico mediante la aplicación de procesos biotecnológicos. Entre ellos, los procesos fermentativos con hongos filamentosos se presentan como una alternativa prometedora, ya que estos microorganismos se reportan como importantes productores de metabolitos secundarios con aplicación médica y farmacéutica. Como, por ejemplo, los biocolorantes, que son sustancias que proporcionan el color y pueden añadir actividad biológica a los productos, como la acción antioxidante y antimicrobiana. El presente trabajo es una revisión narrativa sobre el uso potencial de diferentes tipos de residuos agroindustriales como sustratos nutritivos para el crecimiento fúngico y la producción industrial de sus metabolitos bioactivos.

Palabras clave: Desechos de agroindustria; Biotransformación; Microorganismos; Biocolorantes.

1. Introdução

Grandes quantidades de resíduos agroindustriais, tais como cascas de frutas, bagaço, sementes e palhas, são produzidas diariamente por diferentes atividades econômicas. Em geral, pouco ou nenhum valor econômico é atribuído a esses resíduos, pois não costumam ser usados em outros tipos de processos. Entretanto, são resíduos ricos nutricionalmente, contendo açúcares, minerais e proteínas. Sendo assim, fontes naturais de compostos importantes como o carbono, o oxigênio e diversos minerais (Panesar, et al., 2016; Gaur, et al., 2022).

Em processos fermentativos, os gastos com componentes de meios de culturas são elevados, variando entre 38% e 73% do custo total de produção. Assim, matérias-primas alternativas de baixo custo, como os resíduos agroindustriais, vem despertando cada vez mais o interesse biotecnológico. Pois além dos benefícios econômicos, também viabilizam o estabelecimento e a implementação em escala industrial (Pandey, et al., 2000; Sánchez, 2009; Panesar, et al., 2015).

Métodos fermentativos com microrganismos, como bactérias, fungos filamentosos e leveduriformes, que visam a produção de moléculas bioativas destacam-se das demais fontes naturais (plantas, animais e insetos). Pois viabilizam a produção em grande quantidade desses compostos de interesse farmacológico e medicinal, como por exemplo antioxidantes, antibióticos, anticancerígenos, imunorreguladores, anti-inflamatórios, vitaminas e pigmentos (Dufossé, 2006; Samrat, et al., 2010; Sen, et al., 2018).

Entre os microrganismos produtores de moléculas bioativas, os fungos vêm sendo relatados, há décadas, como fontes potenciais de compostos terapêuticos importantes na história. Estando envolvidos, por exemplo, com a descoberta e produção do primeiro antibiótico de amplo espectro, a penicilina (Quinn, 2013). Esses metabólitos secundários, também conhecidos por produtos naturais, são produzidos por táxons fúngicos específicos, predominantemente por fungos filamentosos que pertencem ao filo Ascomycota e Basidiomycota (Krause, 2018; Keller, 2019).

Além dos produtos naturais apresentarem caráter sustentável e composição atóxica, também estimulam a valorização de recursos naturais, a redução do uso de insumos poluentes, a promoção da saúde e bem-estar (Miguel, 2011; dos Santos Cruz, et al., 2022). Assim, podem atender a demanda mundial por produtos naturais e orgânicos, que vem crescendo consideravelmente há alguns anos (Freire, 2015).

Nesse contexto, este estudo consistiu em uma revisão bibliográfica narrativa abordando sobre o uso de resíduos agroindustriais como substrato para o crescimento de fungos, visando aplicações biotecnológicas. Assim, agregando valor a material de descarte e os convertendo em produtos de valor agregado, como antioxidantes, enzimas e pigmentos.

2. Metodologia

A revisão bibliográfica narrativa é uma categoria de artigos que apresenta um papel fundamental para a educação continuada. Tendo em vista que proporciona ao leitor a obtenção de conhecimento ou atualização sobre uma temática específica em um menor período (Rother, 2007; Jahan, et al., 2016; Martinelli & Cavalli, 2019; Iser, et al., 2020; dos Santos Carvalho, et al., 2021). Essa categoria, possui metodologia empírica permitindo que as questões específicas não forneçam respostas quantitativas a reprodução dos dados. Assim, não informam a metodologia para busca das referências, nem os

critérios utilizados na avaliação e seleção dos trabalhos. Deste modo, os artigos de revisão narrativas devem ser considerados qualitativos (Bernardo, et al., 2004; Rother, 2007).

A presente revisão foi realizada através de buscas por artigos, sobre o tema em questão, publicados em periódicos científicos, revistas e bases de dados científicos como Scielo, PubMed, Medline e Google Acadêmico, ressaltando, busca manual nas listas de referências dos trabalhos selecionados. Na busca foram utilizados os seguintes termos (individualmente e combinados entre si): “agro-industrial waste”, “disposal of agro-industry”, “biotransformation”, “microorganisms”, “biodyes”, “filamentous fungi”, “microbial pigments”, “fungal pigments”, “fermentation processes”. Não foi determinada limitação de data, país do estudo, língua da publicação e a área de conhecimento. A seleção dos artigos abrangeu o período de 1977 a 2022.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Resíduos agroindustriais

Por definição os resíduos industriais englobam todos os resíduos que são gerados por processos industriais, seja na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas (Brasil, 2011). Os resíduos agroindustriais são compostos basicamente por resíduos sólidos, tais como cascas e sementes, resultantes de diversas culturas como as de banana, maracujá, laranja, uva e cevada (Saraiva, et al., 2018; Mitri, et al., 2022).

O desperdício dessas fontes nutricionais atinge 54% durante a manipulação após a colheita e na armazenagem, seguindo para um desperdício de 46% nas etapas de processamento, distribuição e consumo (FAO, 2017). Em países em desenvolvimento, as taxas de perdas após a colheita apresentam grande variação, podendo ultrapassar 50% (Gustavsson, et al., 2011). No Brasil, cerca de 20% a 30% da safra colhida de frutas e de outros vegetais são desperdiçados no caminho entre a lavoura e o consumidor (Rosa, et al., 2011). Ressaltando que além do desperdício, o acúmulo de biomassa em grandes quantidades resulta na degradação do ambiente tornando-se um impacto ambiental negativo (Woiciechowski, et al., 2013; Zainudin, et al., 2022).

Os resíduos agroindustriais, em sua maioria, possuem alto valor nutritivo e podem ser considerados fontes de proteínas, carboidratos, fibras e até mesmo de compostos bioativos (Saraiva, et al., 2018). Assim, a utilização desses resíduos orgânicos como substratos para a produção de produtos de valor agregado torna-se uma estratégia ecologicamente correta e economicamente vantajosa para setores da indústria farmacêutica, alimentícia e química (Zuin, et al., 2018; Martins, et al., 2020).

A transformação desses resíduos em bioprodutos de interesse industrial pode ser realizada por técnicas biotecnológicas com microrganismos, pois subprodutos como caules, sementes, bagaços, cascas, farelos e polpas são ricos em açúcares, materiais hidrolisáveis e fermentáveis. Assim, tornam-se substratos alternativos aos que são comumente utilizados em processos fermentativos (Takeyama, et al., 2020), como por exemplo a produção de enzimas através das fermentações em estado sólido ou fermentações submersas em torta de algodão, farelo e borra de soja (Farias, et al., 2014; Guedes, et al., 2021).

3.1.1 Cascas e Sementes

Na agroindústria, ocorre muito desperdício de frutas, principalmente de casca e sementes que, geralmente, representam a parte mais rica da fruta (Menon, et al., 2014; Giroto, et al., 2015). Como correspondem, em média, a 40% - 50% do peso total dos frutos, ocorre descarte em quantidades consideráveis. Havendo assim o desperdício de matéria-prima e das suas propriedades nutricionais. (SEBRAE, 2015; Moreira, 2016). Cerca de 75% desse tipo de resíduo podem ser transformados em farinhas aumentando a conservação de seus componentes (proteínas, fibras, vitaminas e minerais) e propriedades físicas e químicas, desse modo, ampliando os interesses tecnológicos e biológico (Marques, 2013; Cazarin, et al., 2014).

3.1.1.1 Resíduos de banana

As bananas comestíveis e de interesse tecnológico são pertencentes ao gênero *Musa*, com cerca de 30 espécies com frutos de polpa abundante e desprovidos de sementes. O gênero *Ensete*, por outro lado, agrupa as espécies com frutos ornamentais (Cruz, 1985; Ortiz, 1995; Gurgel, 2019; Rodrigues, 2022). As bananas comestíveis ocupam o quarto lugar de produto mais consumido no mundo, englobando todas as classes econômicas. Isso se dá principalmente pelos seus valores nutricionais, custo acessível de mercado e a versatilidade de consumo (EMBRAPA, 2012, Farinelli, et al., 2014).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de banana, sendo a bananicultura a nona cultura mais importante do país, ocupando o segundo lugar em volume de frutas produzidas, perdendo apenas para laranja (Da Cruz, et al, 2016). A produção nacional é de aproximadamente 7 milhões de toneladas por ano e mais de 95% da produção é destinada ao mercado interno e 1,5% são para a exportação (EMBRAPA, 2012). As principais variedades difundidas para o mercado interno são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola. Já para a exportação destacam-se as variedades: Nanica, Nanicão e Grand Naine, e as mais (Ormenese, 2010; EMBRAPA, 2012). Apesar de ser um grande produtor mundial, o país apresenta o maior índice de desperdício, chegando a 60 % em algumas regiões (Izidoro, 2007). Observou-se que cerca de 40 % de toda a produção do país é perdida no período pós-colheita. Isto devido à falta de interesse cuidados na comercialização, má conservação e contaminação (Ormenese, 2010).

A casca da banana representa um resíduo agroindustrial sem finalidade e corresponde a aproximadamente 35 a 50% do peso da fruta madura. Em análises químicas, a casca da banana demonstrou quantidades de nutrientes maiores do que a própria parte comestível e altos teores de fibras alimentares, proteínas e minerais. (Moraes, et al., 1998; Gondim, et al., 2005; De Carvalho, 2013). O investimento em tecnologias de reaproveitamento dessas cascas é promissor, pois além da diversidade de aplicações como na indústria alimentícia e indústria têxtil, também contribui para um desenvolvimento sustentável e para a redução de desperdícios e lixo orgânicos no país, (Travaglini, et al., 1993; Jackson, et al., 2003; Sodchit, et al., 2013; Pinheiro, 2021).

3.1.1.2 Resíduos de maracujá

As plantas do gênero *Passiflora* produzem mais de 150 espécies de maracujá usados para o consumo humano, as espécies mais produzidas no Brasil e no mundo são as do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), maracujá-roxo (*Passiflora edulis Sims.*) e o maracujá-doce (*Passiflora alata*). O maracujá amarelo é o mais cultivado globalmente e corresponde a mais de 95% da produção desse tipo de fruta no Brasil, sendo utilizado na fabricação de sucos, preparação de sorvetes, vinhos, licores ou doces (SEBRAE, 2015; EMBRAPA, 2016).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, com produção aproximada de 1 milhão de toneladas por ano. Com a utilização de cultivares melhoradas geneticamente, aplicação de inovações tecnológicas e com as condições climáticas favoráveis ocorre um aumento da produtividade que ultrapassa 50 toneladas/ha/ano, tornando o cultivo ainda mais favorável no país (Vieira, 2013; EMBRAPA, 2016; De Oliveira, et al., 2022).

Na indústria de sucos e polpas, a casca e a semente tornam-se resíduos industriais em quantidade significativa, visto que aproximadamente de 40% a 50% do peso total do fruto são representados por elas (SEBRAE, 2015; Moreira, 2016). A casca desidratada possui cerca de 90,32% de fibra total, sendo 72,73% de fibra insolúvel e 17,59% de fibra solúvel (pectina, niacina, ferro, cálcio e fósforo). Já as sementes, são fontes de carboidratos, proteínas e minerais. Destacando-se a grande quantidade de ácidos poli-insaturados, tais como o ômega 6 (Santana, 2005; Zeraik, et al., 2010; SEBRAE, 2015).

A reutilização desses resíduos de maracujá vem sendo relatados na literatura, principalmente para fins terapêuticos e farmacológicos. Como por exemplo, suas aplicações como compostos eficientes para a redução da concentração de glicose, melhoras no perfil lipídico e redução nos níveis de colesterol total de pessoas com ou sem diabetes. Além disso, já foram

relatados como formadores de géis viscosos que retardam o esvaziamento gástrico e o trânsito intestinal (Janebro, et al., 2008; Miranda, et al., 2014).

3.1.1.3 Resíduos de laranja

As laranjas são frutas produzidas por plantas do gênero *Citrus* pertencente à família Rutaceae. As cultivares mais plantadas e comercialmente mais importantes são: Hamlin, Valência, Shamouti e Pêra (De Souza, 2020). Nos países que são grandes produtores de laranja, como os Estados Unidos e o Brasil, aproximadamente 96% do cultivo são transformados em suco. Esse tipo de processamento está diretamente associado com a produção de grande quantidade de resíduos que acabam sendo destinados para a alimentação animal ou descartados. Os resíduos equivalem a 50% do peso da fruta, sendo praticamente formados por casca, polpa, sementes, folhas de laranjeira e laranja inteira que não atingem os requisitos de qualidade (Martín, et al., 2010; Garcia-Castello, et al., 2011; Domingues, et al., 2021).

A laranja é uma fruta rica em nutrientes, como as vitaminas (C, A e B), minerais (cálcio, fósforo, potássio), fibra e compostos bioativos (flavonoides, aminoácidos, triterpenos, ácidos fenólicos e carotenoides) (Meléndez-Martínez, et al., 2008; Roussos, 2011). Entretanto, parte desses nutrientes ficam retidos na matéria de descarte, como por exemplos: as cascas, que são constituídas por açúcares solúveis (16,9%), celulose (9,21%), hemicelulose (10,5%) e pectina (42,5%), e as sementes, que tem quantidade significativa de ácidos graxos insaturados (35%), principalmente, de triacilgliceróis (>95%). Sendo assim, substratos potencialmente reutilizáveis em processos de conversão biológica (Nagy, et al., 1977; Abecitrus, 2011; Tavares, et al., 1998). Tais como na produção de moléculas bioativas através de processos fermentativos, com relatado por Cohen et al. (2002) e De Carvalho et al. (2010) que utilizaram resíduos de laranja como substrato para a obtenção de enzimas hidrolíticas e oxidativas (degradação de materiais lignocelulósicos), utilizando o fungo *Pleurotus ostreatus*.

3.2 Fungos

O Reino Fungi é composto por organismos formados por células eucarióticas, não formadoras de tecidos verdadeiros e com parede celular fundamentalmente composta de quitina (Tortora, et al., 2016). Os fungos estão classificados e distribuídos entre os Filo Chytridiomycota, Filo Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota e no grupo Deuteromycetes, que representa a forma conidial de Ascomycota e Basidiomycota (Teixeira et al., 2011). Dentre eles, o Filo Ascomycota destaca-se pela quantidade de espécies de fungos, tendo representantes leveduriformes (unicelulares), filamentosos (com hifas septadas) e até mesmo dimórficos (Tortora, et al., 2016).

Estão descritas cerca de 69.000 espécies de fungos, embora estejam estimadas 150.0000 espécies diferentes por todo o mundo. Por ser um grupo muito diversificado e numeroso ocupa quase todos os nichos ecológicos. Dentre as importantes funções que esses microrganismos desempenham, podemos destacar a degradação e reciclagem da matéria orgânica. E a contribuição na qualidade de vida através da produção de metabólitos bioativos úteis, como antibióticos e agentes imunossupressores (Brooks, et al., 2000).

Os fungos são organismos heterotróficos e não conseguem sintetizar seu próprio alimento, assim, necessitam de fontes orgânicas de carbono para fins estruturais e energéticos. Não somente, necessitam de outras macromoléculas (enxofre, potássio e fósforo) e micronutrientes (ferro, cálcio e zinco) (Teixeira, et al., 2011). De acordo com Treichel et al. (2010), às necessidades nutricionais para o crescimento microbiano, incluindo os fungos, podem ser satisfeitas por meios baseados em compostos definidos e por componentes complexos como peptona, extrato de levedura, meio de extrato de malte e, nas últimas décadas, resíduos agroindustriais, que podem conter todos os componentes necessários para a manutenção da vida desses microrganismos.

3.2.1 Fungos filamentosos

Diferente das leveduras, que são organismos unicelulares, esféricos, ovais ou cilíndricas, os fungos filamentosos são multicelulares e formam massas visíveis a olho nu, chamadas de micélio. Que são compostos por longos filamentos chamados de hifas que se ramificam e se entrelaçam (Takahashi, et al., 2017). Esses organismos são seres fermentadores, ou seja, a partir da fermentação conseguem obter energia a partir de compostos orgânicos do meio ambiente (Bourdichon, et al., 2012). Geralmente, no final do processo fermentativo, onde o fungo atinge a fase estacionária, é observada a produção de metabólitos secundários (Takahashi & Lucas, 2008). Esses metabólitos são essenciais para a regulação, equilíbrio e sobrevivência fúngica (Gunatilaka, 2006). Podendo ser produzidos para diferentes funções, como por exemplos: mecanismo de defesa contra predadores, envolvidos no processo reprodutivo de algumas espécies ou até mesmo para desenvolver funções biológicas específicas da espécie que o produz (Jenke-Kodama, et al., 2008).

Esses metabólitos são produtos naturais que comumente apresentam estrutura química complexa, baixa massa molecular e potencial farmacológico significativo. (Jenke-Kodama, et al., 2008). O uso de microrganismos para biotransformações ocorre há mais de seis mil anos, desde o início da conversão do açúcar em álcool para produção de cervejas e vinhos, mas considera-se que o primeiro relato científico seja datado do final do século XIX, quando Louis Pasteur resolveu uma mistura racêmica de ácido tartárico utilizando o *Penicillium glaucum* (Turner, 1998).

Um marco na história dos fungos quanto à produção de metabólitos secundários bioativos foi a descoberta da penicilina, em 1929, por Alexander Fleming a partir da espécie *Penicillium crysogenum* (Newman & Cragg, 2012). Revolucionando os estudos e pesquisas no século XX e sendo determinante para salvar inúmeras vidas, inclusive durante a Segunda Guerra Mundial.

Atualmente, os fungos filamentosos mais usados em processos fermentativos são *Actinomucor*, *Amylomyces*, *Aspergillus*, *Monascus*, *Mucor*, *Neurospora*, *Penicillium*, *Rhizopus*. Que se destacam por conferirem propriedades funcionais aos produtos fermentados e pela variedade de enzimas produzidas (como exemplo as pectinases, celulasas, hemicelulose, proteases, lipases) (Tamang, 2010; Nout & Aidoo, 2011).

3.3 Aplicações biotecnológicas de resíduos agroindustriais como substratos para produção de pigmentos de fungos filamentosos

3.3.1 Biocorantes

Os biocorantes são corantes biologicamente sintetizados a partir de microrganismos, geralmente, como metabólitos secundários. Fungos, bactérias e microalgas são bastantes descritos na literatura como produtores de diversificadas moléculas de pigmentos naturais, como: carotenóides, melaninas, flavinas, quinonas, monascinas, violaceína ou índigo (Dufossé, 2006 e 2016; Del Carmen Chavez-Parga, 2008; Vargas-Sinisterra & Ramírez-Castrillón, 2021). A produção dessas moléculas pode estar relacionada a diferentes fatores, como: defesa aos ataques de outros organismos, defesa a radiações eletromagnéticas danosas, proteção contra agentes oxidantes, proteção contra calor e frio extremos (Liu & Nizet, 2009; Patkar, et al., 2021).

A produção biotecnológica de pigmentos microbianos por meio da fermentação tem muitos benefícios, como por exemplo a viabilização de produções mais baratas a partir do uso de matérias-primas de baixo custo ou de resíduos industriais. Tornando-se um dos pontos chave para a viabilidade econômica destes corantes (Valduga, et. al, 2009; Panesar, et. al, 2015). Diferentes resíduos agroindustriais têm sido utilizados como substrato ou aditivos para a produção de pigmentos. Dado que, proporcionam fontes de nutrientes para o rápido crescimento e consequente aumento da produção de pigmentos, sendo capaz de atender às altas demandas da indústria. Além disso, o uso destes substratos também reduz o acúmulo de biomassa, que em grandes quantidades pode causar deterioração do ambiente (Panesar, et al., 2015; Grewal, et al., 2022).

3.3.2 Pigmentos fúngicos em resíduos agroindustriais

Os fungos são relatados como produtores de grandes quantidades de biopigmentos (Mortensen, 2006; Kirti, et al., 2014), que abrangem várias categorias de produtos químicos como: carotenoides, melaninas, flavinas, quinonas e, mais especificamente, monascinas (Dufossé, et al., 2014; Sánchez-Muñoz, et al., 2020). Além disso, de acordo com Ligia et al. (2017), também apresentarem variedades numa mesma classe química como, por exemplo, a produção de carotenoides por *Monascus sp.* (ancaflavina, monascorubramina), *Ashbya gossypii* (riboflavina) e *Penicillium oxalicum* (antraquinona). Os gêneros *Penicillium*, *Monascus* e *Aspergillus* são os mais usados na produção de biocorantes.

Esses biopigmentos apresentam várias características desejáveis, como a não toxicidade, a estabilidade química, a abundância de cores, a diversidade de perfis químicos, o caráter biodegradável, podem ser gerados a partir de matéria-prima barata e produzidos com facilidade em grandes quantidades (Da Costa, et al., 2016; Vendruscolo, et al., 2016; Grewal, et al., 2022). Por fim, muitos desses pigmentos têm atividades fisiológicas úteis como atividades antimicrobiana, antimutagênica, antioxidante, herbicida, anticâncer e antiobesidade (Feng, et al., 2012; Teixeira, et al., 2012).

O uso de diferentes tipos de resíduos agroindustriais como substrato alternativo para produção de pigmentos por fungos vem sendo relatado na literatura. Como por exemplo, a avaliação da produção de pigmento vermelho e laranja por *Monascus purpureus* ATCC16436 em sabugo de milho, casca de batata e bagaço de cana (Embaby, et al., 2018); o estudo comparativos entre espécies de *Monascus* e capacidade de produção de pigmentos vermelhos em casca de mandioca (*Manihot esculenta* L.) (Da Silva, et al., 2021); pesquisa em que cepa Amazônica de *Penicillium* foi testada quando a capacidade de produção de pigmentos em resíduos agroindustriais (cachos de pupunha, cachos de banana e em cascas de macaxeira), sendo relatada pigmentação apenas no resíduo de cachos de pupunha enriquecido com glicose (De Souza, et al., 2019). Não somente, em estudo mais recente, a casca de maracujá amarelo foi relatada como possível substrato para crescimento e produção de pigmento (carotenoides e betacaroteno) por leveduras (*Rhodotorula spp.*) (Silva, et al., 2021).

Vale ressaltar que além de atribuir cor, os pigmentos microbianos, como carotenóides, melaninas, flavinas, quinonas e violaceína, são relatados como bons agentes antimicrobianos contra uma ampla gama de patógenos (Malik, et al., 2012). Cada vez mais, estudos vêm mostrando a ação antibiótica de diferentes pigmentos, como por exemplo: o estudo Teixeira et al. (2012) que demonstrou a atividade de pigmentos verde e amarelo-verde do *P. melinii* DPUA 1391 e do *P. simplicissimum* DPUA 1379, respectivamente, frente cepas de *E. coli*, de *Mycobacterium smegmatis* e de *S. aureus*; o relato de Pandey et al. (2018) que mostrou que os pigmentos alaranjados do *Penicillium sp.* (GBPI_P155) tem atividade antimicrobiana frente a *E. coli*, *B. subtilis* e *B. megaterium*. Em estudos mais recentes, o pigmento TD16, produzido pelo fungo filamentosso *Paecilomyces lilacinus* TD16, teve efeitos inibidores fortes contra bactérias gram-positivas (*S. aureus* e *B. subtilis*) e fraco contra bactérias gram-negativas (*E. coli*) (Yu, et al., 2021).

Ainda, destaca-se a variedade de classes químicas de biopigmentos que apresentam atividade antioxidante, como relatado por Kantifedaki (2018), ao usar resíduo de casca de laranja para produção de pigmentos, por cepa de *Monascus purpureus* e cepa de *Penicillium purpurogenum*, relatou a atividade antioxidante dos extratos testados; o teste de Jin et al. (2018) com cepas de *P. purpurogenum* que também demonstrou atividade antioxidante nos extratos pigmentados. No mesmo ano, extrato pigmentado de *P. flavigenum*, isolado de cavernas, também apresentou forte capacidade antioxidante (Tavares, et al., 2018). Recentemente, pigmento alaranjado de *P. sclerotiorum* também foi relatado com atividade antioxidante (Kallingal, et al., 2021).

4. Considerações Finais

Os resíduos agroindustriais são fontes consideráveis de nutrientes e devem ser vistos como potenciais substratos em processos fermentativos para a produção de compostos com valor agregado. Sendo assim uma estratégia ecologicamente

correta e economicamente vantajosa para setores da indústria farmacêutica, alimentícia e química.

Os fungos filamentosos são produtores de metabólitos secundários de grande interesse biotecnológico e com diversidade de aplicações nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. A grande capacidade adaptativa desses microrganismos torna o uso desses resíduos agroindustriais ainda mais promissor para a formação de substâncias biologicamente ativas.

Os pigmentos fúngicos tornando-se uma opção considerável de fonte natural de pigmentos com possíveis atividades biológicas. O que pode aumentar a comercialização dos produtos, visto que acompanham a tendência mundial por produtos naturais e seguros, contrapondo com os efeitos danoso à saúde e prejudiciais ao meio ambiente dos corantes artificiais.

Referências

- ABECITRUS - Associação Brasileira De Exportadores De Citrus. *Subprodutos da Laranja*. <http://www.abecitrus.com.br/>
- Bernardo, W. M., Nobre, M. R. C., & Jatene, F. B. (2004). Evidence based clinical practice: part II-searching evidence databases. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 50(1), 104-108. 10.1590/S0104-42302004000100045
- Bourdichon, F. et al. (2012). Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use. *International Journal of Food Microbiology*, 154, 87. 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.030
- Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego. (2011). Portaria SIT n. 227 - Alterar a Norma Regulamentadora n.º 25 - Resíduos Industriais. *Diário Oficial da União, Brasília*. <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-25.pdf>
- Brooks, G., Butel, J. S., Morse, S. A., & Voeux, P. J. (2000). *Jawets, Melnick & Adelberg: microbiologia medica*. (pp. x-611). São Paulo. AMGH Editora Ltda.
- Cazarin, C. B. B., Silva, J. K. D., Colomeu, T. C., Zollner, R. D. L., & Maróstica Junior, M. R. (2014). Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, 44, 1699-1704. 10.1590/0103-8478cr20131437
- Cohen, R., Persky, L., & Hadar, Y. (2002). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied microbiology and biotechnology*, 58(5), 582-594. 10.1007/s00253-002-0930-y
- Cruz, G. L. D. (1985). Dicionário das plantas úteis do Brasil. In Dicionário das plantas úteis do Brasil (pp. 599-599). ID: hom-11356
- da Costa Souza, P. N., Grigoletto, T. L. B., de Moraes, L. A. B., Abreu, L. M., Guimarães, L. H. S., Santos, C., & Cardoso, P. G. (2016). Production and chemical characterization of pigments in filamentous fungi. *Microbiology*, 162(1), 12-22. 10.1099/mic.0.000168
- da Cruz, A. C., Pimentel, T. C., & Klososki, S. J. (2016). Pastel a la Taza con Harina de Banana Verde con Cáscara (*Musa sapientum*) como Sustituto Parcial de la Harina de Trigo: Composición Química y Aceptación. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (25), 42-47. <http://www.scielo.org.ar/pdf/recyt/n25/n25a07.pdf>
- da Silva, T. T., da Silva, J. R., de França Queiroz, A. E. S., & Ribeiro, D. S. (2021). Comparative study between *Monascus* species for the production of natural pigments using agroindustrial waste as a substrate. *Research, Society and Development*, 10(11). 10.33448/rsd-v10i11.19558
- de Carvalho, C. S. M., Sales-Campos, C., & de Andrade, M. C. N. (2010). Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. *Interciencia*, 35(3), 177-182. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913157005.pdf>
- de Carvalho, K. H., et al. (2013). Development of the cupcake added flour banana peel: sensory and chemical characteristics/Desenvolvimento de cupcake adicionado de farinha da casca de banana: características sensoriais e químicas. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 23(3), 482. <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=googlescholar&id=GALE|A339919298&v=2.1&it=r&sid=AONE&asid=68e2473f>
- de Souza, G. S., Kaefer, G. G., Imbes, J. M., Rissi, J., & Trentin, R. F. (2020). *Revisão bibliográfica sobre o aproveitamento integral da laranja*. Trabalho integrador– Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Xanxerê, Curso Técnico em Alimentos, trabalho de conclusão de curso. 31p.
- de Souza, K. R., Rocha, F. D. S., de Sousa, T. F., da Silva, G. F., & Koolen, H. (2019). Seleção de substratos no processo de produção de pigmentos de fungos dos gêneros *Penicillium* e *Cladosporium*. In: *Congresso Brasileiro De Micologia*, 9., Manaus. Anais. Manaus: Inpa, 2019. <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2248>
- de Oliveira, P. V. C., Lima, T. L. S., de Oliveira, P. V. C., Pereira, A. S., de Carvalho Lima, M. H., Júnior, E. M. Z., & Pessoa, V. G. (2022). Frozen zero lactose com aproveitamento integral do maracujá (*Passiflora edulis*): desenvolvimento de produto e elaboração de informação nutricional. *Research, Society and Development*, 11(9). 10.33448/rsd-v11i9.31616
- del Carmen Chavez-Parga, M., Gonzalez-Ortega, O., Negrete, M. D. L. L. X., Vallarino, I. G., Alatorre, G. G., & Escamilla-Silva, E. M. (2008). Kinetic of the gibberellic acid and bikaverin production in an airlift bioreactor. *Process Biochemistry*, 43(8), 855-860. 10.1016/j.procbio.2008.04.007
- Domingues, L. F., Cruz, G. Q. N., de Castro, I. P., Archioli, I. A., Lopes, L. C., & de Oliveira, M. R. M. (2021). Produção de carvão a partir da casca de laranja ativado com cloreto de cálcio (CaCl₂) e sua aplicação em tratamento de água contaminada com nitrato (NO₃⁻). *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 404-413. 10.34117/bjdv6n7-030
- dos Santos Carvalho, A., Abdalla, P. P., da Silva, N. G. F., Júnior, J. R. G., Mantovani, A. M., & Ramos, N. C. (2021). Exercício físico e seus benefícios para a saúde das crianças: uma revisão narrativa. *Jair*, 13(1). <https://www.researchgate.net/profile/Pedro>

- Jackson, T., & Badrie, N. (2003). Utilization of banana (*Musa acuminata*) peel in wine produced in the Caribbean: Effects on physico-chemical, microbiological and sensory quality of wines. *Journal of food science and technology (Mysore)*, 40(2), 153-156. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=15184074>
- Jahan, N., Naveed, S., Zeshan, M., & Tahir, M. A. (2016). How to conduct a systematic review: a narrative literature review. *Cureus*, 8(11), 10.7759/cureus.864
- Janebro, D. I., Queiroz, M. D. S. R. D., Ramos, A. T., Sabaa-Srur, A. U., Cunha, M. A. L. D., & Diniz, M. D. F. F. (2008). Efeito da farinha da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) nos níveis glicêmicos e lipídicos de pacientes diabéticos tipo 2. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18, 724-732. 10.1590/S0102-695X2008000500016
- Jenke-Kodama, H., Müller, R., & Dittmann, E. (2008). Evolutionary mechanisms underlying secondary metabolite diversity. *Natural Compounds as Drugs*, 1, 119-140. 10.1007/978-3-7643-8117-2_3
- Jin, H. J., Zhang, X., Cao, H., Niu, Y. J., Li, C., & Liu, H. (2018). Chemical Composition, Security and Bioactivity of the Red Pigment from *Penicillium purpurogenum* Li-3. *Chemistry & biodiversity*, 15(12), e1800300. 10.1002/cbdv.201800300
- Kallingal, Anoop et al. (2021). Extraction and optimization of the pigment *Penicillium sclerotiorum* strain AK-1 for dyeing fabrics. *Journal of Basic Microbiology*. 61(10), pág. 900-909. 10.1002/jobm.202100349
- Kantifedaki, A., Kachrimanidou, V., Mallouchos, A., Papanikolaou, S., & Koutinas, A. A. (2018). Orange processing waste valorisation for the production of bio-based pigments using the fungal strains *Monascus purpureus* and *Penicillium purpurogenum*. *Journal of Cleaner Production*, 185, 882-890. 10.1016/j.jclepro.2018.03.022
- Keller, N. P. (2019). Fungal secondary metabolism: regulation, function and drug discovery. *Nature Reviews Microbiology*, 17(3), 167-180. 10.1038/s41579-018-0121-1
- Kirti, K., Amita, S., Priti, S., & Jyoti, S. (2014). Colorful world of microbes: carotenoids and their applications. *Advances in Biology*, 2014. <https://downloads.hindawi.com/archive/2014/837891.pdf>
- Krause, D. J., Kominek, J., Opulente, D. A., Shen, X. X., Zhou, X., Langdon, Q. K., & Hittinger, C. T. (2018). Functional and evolutionary characterization of a secondary metabolite gene cluster in budding yeasts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(43), 10.1073/pnas.1806268115
- Ligia, A. D. C. C., Karen, Y. F. K., & Susan, G. K. (2017). Microbial production of carotenoids – A review. *African journal of biotechnology*, 16(4), 139-146. <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/EB8DD9A62533>
- Liu, G. Y., & Nizet, V. (2009). Color me bad: microbial pigments as virulence factors. *Trends in microbiology*, 17(9), 406-413. 10.1016/j.tim.2009.06.006
- Malik, K., Tokkas, J., & Goyal, S. (2012). Microbial pigments: a review. *Int J Microbial Res Technol*, 1(4), 361-365. https://www.researchgate.net/profile/Kamla-Malik/publication/324835431_Microbial_Pigments_A_review/links/5af256dca6fdcc24364f1193/Microbial-Pigments-A-review.pdf
- Marques, T. R. (2013). *Aproveitamento tecnológico de resíduos de acerola: farinhas e barras de cereais*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 101 p. http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/669/1/DISSERTA%C3%87%20C3%83O_Aproveitamento%20tecnol%C3%B3gico%20de%20res%C3%ADuos%20de%20acerola%20%20farinhas%20e%20barras%20de%20cereais.pdf
- Martín, M. A., Siles, J. A., Chica, A. F., & Martín, A. (2010). Biomethanization of orange peel waste. *Bioresource technology*, 101(23), 8993-8999. 10.1016/j.biortech.2010.06.133
- Martinelli, S. S., & Cavalli, S. B. (2019). Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24, 4251-4262. 10.1590/1413-812320182411.30572017
- Martins, L. C., Monteiro, C. C., Semedo, P. M., & Sá-Correia, I. (2020). Valorisation of pectin-rich agro-industrial residues by yeasts: potential and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(15), 6527-6547. 10.1007/s00253-020-10697-7
- Meléndez-Martínez, A. J., Britton, G., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2008). The complex carotenoid pattern of orange juices from concentrate. *Food Chemistry*, 109(3), 546-553. 10.1016/j.foodchem.2008.01.003
- Menon, L., Majumdar, S. D., & Ravi, U. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) kernel flour as a potential ingredient in the development of composite flour bread. *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)*[Formerly Natural Product Radiance (NPR)], 5(1), 75-82. Retrieved from <http://op.niscpr.res.in/index.php/IJNPR/article/view/770>
- Miguel, Laís Mourão (2011). Tendências do uso de produtos naturais nas indústrias de cosméticos da França. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 1-15. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2494/2387>
- Miranda, G. S., Rennó, L. N., Machado, B. B., Silva, J. L., Pinto, R., & Oliveira, M. R. (2014). Efeito do consumo da aveia e farinha da casca de maracujá sobre a glicemia e lipemia em um grupo de voluntários. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 35(2). <http://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/137>
- Mitri, S., Koubaa, M., Maroun, R. G., Rossignol, T., Nicaud, J. M., & Louka, N. (2022). Bioprodução de 2-Feniletanol por Fermentação Levedura em Meio Sintético e em Resíduos e Subprodutos Agroindustriais: Uma Revisão. *Alimentos*, 11 (1), 109. 10.1021/acs.jafc.1c06888
- Moraes Neto, J. M. D., Cirne, L. E. D. M. R., Pedroza, J. P., & Silva, M. G. D. (1998). Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp.*) obtida por meio de secagem natural. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 2, 316-318. 10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p316-318

- Moreira, K. C. D. A. (2016). *Aceitabilidade de geleia desenvolvida com casca de maracujá amarelo (Passiflora edulis Sims)*. Monografia de Graduação, Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Brasília. 40 páginas, <https://bdm.unb.br/handle/10483/14986>
- Mortensen, A. (2006). Carotenoids and other pigments as natural colorants. *Pure and Applied chemistry*, 78(8), 1477-1491.10.1351/pac200678081477
- Nagy, S., Shaw, P. E., & Veldhus, M. K. (1997). Citrus science and technology. *Westport: Avi*, (1). <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015025406>
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2012). Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of natural products*, 75(3), 311-335.10.1021/np200906s
- Nout, M. J. R., & Aidoo, K. E. (2011). Asian Fungal Fermented Food. In: Hofrichter, M. (eds) Industrial Applications. *The Mycota*, vol 10. Springer, Berlin, Heidelberg.10.1007/978-3-642-11458-8_2
- Ormenese, R. C. S. C., Queiroz, F. P. C., & Vitali, A. A. (2010). *Obtenção de farinha de banana verde por diferentes processos de secagem e aplicação em produtos alimentícios*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <https://ainfo.cnpia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36240/1/TS-0795.pdf>
- Ortiz, R. (1995). Musa genetics. In: GOWEN, S. *Bananas and plantains*. London: Chapman & Hall, p. 84-109. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/100890>
- Pandey, N., Jain, R., Pandey, A., & Tamta, S. (2018). Optimisation and characterisation of the orange pigment produced by a cold adapted strain of *Penicillium* sp. (GBPI_P155) isolated from mountain ecosystem. *Mycology*, 9(2), 81-92. 10.1080/21501203.2017.1423127
- Pandey, A., Soccol, C. R., Nigam, P., & Soccol, V. T. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. *Bioresource technology*, 74(1), 69-80.10.1016/S0960-8524(99)00142-X
- Panesar, R., Kaur, S., & Panesar, P. S. (2015). Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: a review. *Current Opinion in Food Science*, 1, 70-76.10.1016/j.cofs.2014.12.002
- Panesar, S. Parmjit et al. (2016). Bioprocessing of agro-industrial residues for the production of food-grade enzymes: advances and perspectives. *Biocologia Alimentar Aplicada*, 3 (4), 208-227. <https://iranjournals.nlai.ir/handle/123456789/728859>
- Patkar, S., Shinde, Y., Chindarkar, P., & Chakraborty, P. (2021). Evaluation of antioxidant potential of pigments extracted from *Bacillus* spp. and *Halomonas* spp. isolated from mangrove rhizosphere. *BioTechnologia. Journal of Biotechnology Computational Biology and Bionanotechnology*, 102(2). https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-62397e23-4f6b-4faf-8404-d30ea0db9519/c/157_169.pdf
- Pinheiro, L. F. *Fibra de bananeira (Musa sp.): processo de extração, beneficiamento e sua aplicabilidade em produtos têxteis*. Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo. 10.11606/D.100.2021.tde-04052021-193527
- Quinn, R. (2013). Rethinking antibiotic research and development: World War II and the penicillin collaborative. *American journal of public health*, 103(3), 426-434.10.2105/AJPH.2012.300693
- Rodrigues, J. M. (2022). *Características tecnológicas da farinha da casca da banana verde liofilizada em diferentes estádios de maturação. Características tecnológicas da farinha da casca da banana verde liofilizada em diferentes estádios de maturação*. <http://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2526>
- Rosa, M. F., Souza Filho, M. S. M., Figueiredo, M. C. B., Morais, J. P. S., Santaella, S. T., & Leitão, R. C. (2011). Valorização de resíduos da agroindústria. II *Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais-II SIGERA*, 1(2011), 98-105. <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf>
- Rother, E. T. (2007). Revisión sistemática X Revisión narrativa. *Acta paulista de enfermagem*, 20, v-vi. 10.1590/S0103-21002007000200001
- Roussos, P. A. (2011). Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. *Scientia horticulturae*, 129(2), 253-258. 10.1016/j.scienta.2011.03.040
- Samrat, C., Upasana, G., & Somnath, C. (2010). Fungi: its importance in biotechnology-a review on its past, present and future prospects. *Journal of Pharmacy Research*, 3(12), 3059-3060. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113062496>
- Sánchez, C. (2009). Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology advances*, 27(2), 185-194. 10.1016/j.biotechadv.2008.11.001
- Sánchez-Muñoz, S., Mariano-Silva, G., Leite, M. O., Mura, F. B., Verma, M. L., da Silva, S. S., & Chandel, A. K. (2020). Production of fungal and bacterial pigments and their applications. In *Biotechnological production of bioactive compounds* (pp. 327-361). Elsevier. 10.1016/B978-0-444-64323-0.00011-4
- Santana, M. D. F. D. (2005). *Caracterização físico-química de fibra alimentar de laranja e maracujá*. Campinas, SP, Unicamp, 188. <https://www.semanticscholar.org/paper/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o-fisico-quimica-de-fibra-alimentar-de-Santana-Gasparetto/08ad229fa6aa91893ad3abbe15e5768e5cee66>
- Saraiva, B. R., Vital, A. C. P., Anjo, F. A., De Cesaro, E., & Pintro, P. T. M. (2018). Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. *Pubsáude*, 1(1), 1-10. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Anjo/publication/329050382_Valorizacao_de_residuos_agroindustriais_fontes_de_nutrientes_e_compostos_bioativos_para_a_alimentacao_humana/links/5bf4a4ae299bf1124fe21185/Valorizacao-de-residuos-agroindustriais-fontes-de-nutrientes-e-compostos-bioativos-para-a-alimentacao-humana.pdf
- SEBRAE. (2015). O cultivo e o mercado do maracujá. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. <https://respostas.sebrae.com.br/cultivo-e-mercado-do-maracuja/>
- Sen, T., Barrow, C. J., & Deshmukh, S. K. (2019). Microbial pigments in the food industry—challenges and the way forward. *Frontiers in Nutrition*, 6, 7. 10.3389/fnut.2019.00007

- Silva, T. M., da Silva Neto, A. B., Teixeira, J. M., Cerqueira-Silva, C. B. M., Gualberto, S. A., & de Freitas, J. S. (2021). Optimization of pigment production by *Rhodotorula minuta* URM 5197 and *Rhodotorula mucilaginosa* URM 7409 using yellow passion fruit peel (*Passiflora edulis*). *Research, Society and Development*, 10(17). 10.33448/rsd-v10i17.24311
- Sodchit, C., Tochampa, W., Kongbangkerd, T., & Singanusong, R. (2013). Effect of banana peel cellulose as a dietary fiber supplement on baking and sensory qualities of butter cake. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 35(6), 641-646. <https://core.ac.uk/download/pdf/26113306.pdf>
- Takahashi, J. A., & Lucas, E. M. F. (2008). Ocorrência e diversidade estrutural de metabólitos fúngicos com atividade antibiótica. *Química Nova*, 31, 1807-1813. 10.1590/S0100-40422008000700036
- Takahashi, J. A., Lima, G. S., dos Santos, G. F., Lyra, F. H., Hughes, A. F., & Gonçalves, F. A. G. (2017). Fungos filamentosos e química: velhos conhecidos, novos aliados. *Revista virtual de química*, 9(6), 2351-2382. https://www.researchgate.net/profile/Alice-Ferreira-Silva/publication/322249839_Filamentous_Fungi_and_Chemistry_Old_Friends_New_Allies/links/5ebee90ca6fdcc90d67a18a8/Filamentous-Fungi-and-Chemistry-Old-Friends-New-Allies.pdf
- Takeyama, M. M., Kawaguti, H. Y., Koblitz, M. G. B., & Fai, A. E. C. (2020). Resíduos agroindustriais como insumos promissores para obtenção de bioprodutos por leveduras-uma breve revisão. *Research, Society and Development*, 9(7). 10.33448/rsd-v9i7.4488
- Tamang, J. P., & Kailasapathy, K. (Eds.). (2010). *Fermented foods and beverages of the world*. CRC press: CRC Press: Boca Raton. 10.1201/EBK1420094954
- Tavares, D. G., et al. (2018). Atividade antioxidante e compostos fenólicos do extrato de fungos produtores de pigmentos isolados de cavernas brasileiras. *Biotatálise e biotecnologia agrícola*, v. 16, p. 148-154. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/13047>
- Tavares, V. B., Sivieri, K., Ceron, C. R., Silva, R. D., Trabuco, E., Lombardi, F. R., & Gomes, E. (1998). Utilização do resíduo líquido de indústria de processamento de suco de laranja como meio de cultura de *Penicillium citrinum*: depuração biológica do resíduo e produção de enzima. *Química nova*, 21, 722-725. 10.1590/S0100-40421998000600010
- Teixeira, M. F. S. (Ed.). (2011). *Fungos da Amazônia: uma riqueza inexplorada:(aplicações biotecnológicas)*. EDUA - Editora da Universidade Federal do Amazonas, Amazonas. 224 p.
- Teixeira, M. F., Martins, M. S., Da Silva, J. C., Kirsch, L. S., Fernandes, O. C., Carneiro, A. L., & Durán, N. (2012). Amazonian biodiversity: pigments from *Aspergillus* and *Penicillium*-characterizations, antibacterial activities and their toxicities. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 6(3), 300-311. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ctbp&volume=6&issue=3&article=004>
- Tortora, G. J., Case, C. L., & Funke, B. R. (2016). *Microbiologia* (12ª Edição). Editora Artmed.
- Travaglini, D. A., Neto, M. P., Bleinroth, E. W., & LEITÃO, M. D. F. (1993). Banana-passa princípios de secagem, conservação e produção industrial. *ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica*, Vol. 12. http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000211&pid=S0100-6916200400020002800009&lng=pt
- Treichel, H., de Oliveira, D., Mazutti, M.A. et al. (2010). A Review on Microbial Lipases Production. *Food Bioprocess Technol*, 3, 182–196. 10.1007/s11947-009-0202-2
- Turner, M. K. (1998). Perspectives in biotransformations. *Biotechnology: Biotransformations I*, 8, 5-23. 10.1002/9783527620906.ch1
- Valduga, E., Tatsch, P. O., Tiggemann, L., Treichel, H., Toniazzo, G., Zeni, J., & Fúrigo Júnior, A. (2009). Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. *Química Nova*, 32(9), 2429-2436. http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol32No9_2429_35-RV08473.pdf
- Vargas-Sinisterra, A. F., & Ramírez-Castrillón, M. (2021). Yeast carotenoids: production and activity as antimicrobial biomolecule. *Archives of Microbiology*, 203(3), 873-888. 10.1007/s00203-020-02111-7
- Vendruscolo, F., Bühler, R. M. M., de Carvalho, J. C., de Oliveira, D., Moritz, D. E., Schmidell, W., & Ninow, J. L. (2016). *Monascus*: a reality on the production and application of microbial pigments. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 178(2), 211-223. 10.1007/s12010-015-1880-z
- Vieira, G. P. (2013). *Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e alcaloides em folhas e frutos (pericarpo, polpa e sementes) de Passifloras spp.* Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo. 10.11606/D.9.2014.tde-13052014-143742
- Woiciechowski, A. L., Carvalho, J. C., Spier, M. R., & Soccol, C. (2013). Emprego de resíduos agroindustriais em bioprocessos alimentares. *Biotecnologia de Alimentos*, 1, 143-171. https://www.academia.edu/download/43750397/Emprego_de_Resduos_Agroindustriais_em_Bi20160315-9800-1nzbeyz.pdf
- Yu, X. et al. (2021). Separation, quantification and characterisation of the pigment produced by *Paecilomyces lilacinus* TD16. *Natural Product Research*, p. 1-5. 10.1080/14786419.2021.1912750
- Zainudin, M. H. M., Zulkarnain, A., Azmi, A. S., Muniandy, S., Sakai, K., Shirai, Y., & Hassan, M. A. (2022). Aprimoramento do processo de compostagem de resíduos agroindustriais via inoculação microbiana: uma breve revisão. *Agronomia*, 12 (1), 198. 10.3390/agronomia12010198
- Zeraik, M. L., et al. (2010). Maracujá: um alimento funcional? *Revista Brasileira de Farmacologia*, 20 (3), 459-471. 10.1590/S0102-695X2010000300026
- Zuin, V. G., Segatto, M. L., & Ramin, L. Z. (2018). Plants as resources for organic molecules: Facing the green and sustainable future today. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 1-7. 10.1016/j.cogsc.2017.10.001