



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

Nicolas Marsiglia Paolini

PRODUÇÃO DE COLORANTES NATURAIS

Araraquara, SP

2022

Nicolas Marsiglia Paolini

PRODUÇÃO DE COLORANTES NATURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Engenheiro de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro de Baptista Neto

Araraquara, SP

2022

P213p Paolini, Nicolaas Marsiglia.
Produção de colorantes naturais / Nicolas Marsiglia Paolini. –
Araraquara: [S.n.], 2022.
46 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Álvaro de Baptista Neto.

1. Colorantes naturais ; 2. Fontes microbianas. 3. Produção de colorante. I. Baptista Neto, Álvaro, orient. II. Título.

Diretoria do Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP - Campus de Araraquara

Esta ficha não pode ser modificada

PRODUÇÃO DE COLORANTES NATURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Engenheiro (a) de Bioprocessos e Biotecnologia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Alvaro de Baptista Neto
UNESP – Campus de Araraquara
Orientador

Profa. M.a. Marina Del Bianco Sousa
UNESP – Campus de Araraquara

Profa. Dra. Fernanda de Oliveira
UNESP – Campus de Araraquara

Araraquara - SP
26/04/2022

Dedicatória

Gostaria de dedicar esse trabalho a minha mãe: Rita Regina Marsiglia Paolini que sempre sonhou com a minha graduação.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e minha família, que desde sempre esteve ao meu lado em todas as ocasiões. A minha mãe, meu pai e irmãos por todo apoio e suporte na minha trajetória até agora. Por acreditarem em mim e apesar de muitas vezes passarem por dificuldades, nunca desistirem de me fornecer o melhor possível para minha conclusão acadêmica. Gostaria de agradecer também à minha segunda família: República Diretoria, que desde o início da graduação me apoiou, me ensinou e fez grande parte de quem sou hoje. Gostaria de agradecer também aos meus amigos de sala: Matheus Pelissari, Lucas Kubo, Victor Hugo, Pedro Henrique, Gabriel Tanganini, Victor Sanches e Vinicius Gonçalves por todo apoio em todo o período da graduação.

Resumo

O tema que será tratado ao longo do presente trabalho de conclusão de curso é “Produção de Colorantes Naturais”, assunto esse, que como oportunidade acadêmica, é de suma importância para estimular reflexões na área de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, por ser um tema em constante discussão na literatura nacional e internacional, com as indústrias procurando cada vez mais processos com um viés sustentável. Sendo discutida a amplitude das possibilidades de utilização dos colorantes naturais no mercado atual, os aspectos sobre a produção e extração de colorantes se demonstra muito importante, o que justifica a realização desse estudo tendo como objetivo a revisão bibliográfica a respeito da produção e extração de colorantes naturais, com ênfase na via microbiana, assim como os referentes mercados, afim de facilitar a pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas nesse setor. Através das perspectivas obtidas ao longo desse trabalho de conclusão de curso, métodos físicos, químicos e biológicos devem ser buscados para manter as propriedades dos colorantes extraídos estáveis ao longo do tempo, uma vez que muitos deles são sensíveis ao calor, instáveis em determinadas faixas de pH e/ou desbotam pela ação da luz. A discussão e apresentação dos estudos aqui presentes têm como intuito abranger de maneira panorâmica as condições nas quais cada colorante se mantém estável, garantindo sua vida útil e vantagem econômica nos alimentos nos quais são aplicados. Em conjunto com o exposto, novos métodos de extração devem ser buscados e/ou métodos atuais devem ser adequados, tanto para colorantes produzidos através de fontes animais, vegetais e microbianas.

Palavras-chave: Colorantes naturais. Fontes microbianas. Produção de colorante

Abstract

The theme that will be addressed throughout this course conclusion work is "Production of Natural Colorants", a subject that as an academic opportunity, is of paramount importance to stimulate reflections in the area of Bioprocess Engineering and Biotechnology, as it is a topic in constant discussion in the national and international literature, with industries increasingly looking for processes with a sustainable bias. Considering the breadth of possibilities for the use of natural dyes in the current market, discussing aspects of the production and extraction of dyes proves to be very important, which justifies carrying out this study with the objective of reviewing the literature on the production and extraction of dyes. natural resources, with an emphasis on the microbial route, as well as the related markets, in order to facilitate the research and development of new techniques in this sector. Through the perspectives obtained during this course conclusion work, physical, chemical and biological methods must be sought to maintain the properties of the extracted pigments stable over time, since many of them are sensitive to heat, unstable in certain ranges of pH and/or fade by the action of light. Finding the ideal settings for each pigment will keep the shelf life of the food on which it has been applied and, therefore, its organoleptic properties stable. In conjunction with the above, new extraction methods must be sought, both for endopigments and exopigments.

Keywords: Natural colorants. Microbial source. Colorant Production. Extraction.

Lista de Ilustrações, figuras

- Figura 1.** Relação número de pedidos de patente por ano de colorantes naturais alimentícios de acordo com as bases INPI e FAMPAT.....19
- Figura 2.** Classificação dos Colorantes Naturais Segundo a sua Origem..... 20

Lista de Tabelas

Tabela 1. Principais Colorantes Naturais Extraídos de Plantas e Animais..... 20

Tabela 2. Descrição das publicações por autor, título, ano, tipo e síntese 33

Lista de Abreviaturas e Siglas

pH - Potencial Hidrogeniônico..... 15

Sumário

1 Introdução	12
2 Revisão de Literatura.....	15
2.1 Colorantes Naturais.....	15
2.2 História	17
2.3 Colorantes, corantes e pigmentos	18
2.4 Revisão em Patentes	19
2.5 Classificação dos Colorantes Naturais.....	20
2.5.1 Com Base na Estrutura Química.....	22
2.5.2 Baseado em Fonte de Produção	23
2.5.3 Baseado em Método de Aplicação.....	26
2.6 Pigmentos Microbianos, Estabilidade e Extração	27
3 Metodologia	34
4 Resultados e Discussão	34
5 Conclusão	39

1 Introdução

O tema que será tratado ao longo do presente trabalho de conclusão de curso é “Produção de Colorantes Naturais”, assunto esse que como oportunidade acadêmica, é de suma importância para estimular reflexões na área de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, por ser um tema em constante discussão na literatura nacional e internacional, com as indústrias procurando cada vez mais processos com um viés sustentável.

Atualmente há um renascimento na aplicação de ingredientes naturais que podem ser observados em diferentes áreas da vida humana. Este renascimento diz respeito não só à fitoterapia, mas também à necessidade de criar diversos produtos à base de matérias-primas naturais, incluindo ingredientes de origem vegetal. Diversas indústrias estão se tornando mais ecológicas, menos prejudiciais ao meio ambiente e mais saudáveis para os consumidores. Um exemplo da ampla utilização de matérias-primas naturais observadas atualmente é o amplo uso de muitas ervas, óleos vegetais ou óleos essenciais em diferentes produtos (AGUIAR *et. al*, 2018).

Outro grupo de compostos muito utilizados são os colorantes, os quais são indispensáveis em várias aplicações. Os colorantes são responsáveis pela cor ou pela intensificação da cor com intuito de tornar um produto mais atrativo e satisfatório para os consumidores em diversos setores, como o têxtil, indústrias alimentícias ou cosméticas. Atualmente, a maior parte da produção de colorantes é majoritariamente voltada às indústrias alimentícias, têxteis, papel, cosméticos e na indústria química (ZANONI *et al.*, 2016).

Durante toda a história, os colorantes têm sido um fator crucial na cultura dos povos em todo o mundo, além de apenas colorir e deixar um item mais atraente, eles foram

capazes de gerar um marco e uma caracterização de diferentes culturas. Sem processamento químico, os colorantes de fontes naturais, como plantas, minerais, insetos e/ou animais, são atóxicos e não alérgicos, na maioria dos casos. Sendo assim, são ecologicamente corretos, inofensivos. (DOGNINI; LOPO; PAZA, 2018).

A invenção dos colorantes sintéticos no século XIX precursada por Perkin, mudou o cenário comercial referente a esse produto e conseqüentemente sua produção aumentou em grande velocidade à medida que encontraram preferências em relação as alternativas dos colorantes naturais em alimentos (DOS SANTOS *et. al*, 2019), cosméticos (ROSA, 2020), e empreendimentos comerciais materiais (KAWAKAMI, 2020), devido à simplicidade no tingimento e ao fator custo. Porém, considerando a economia de energia e a segurança ecológica, o uso de colorantes naturais tem sido cada vez mais significativo e exigido por especialistas e fabricantes (SK *et. al*, 2021).

Pesquisadores que trabalham nesta área estão agora tomando medidas para melhorar a extração de colorantes de materiais vegetais (IAMAMURA, 2015; BARBOSA; MARTINS, 2021), como pétalas, folhas, cascas e sementes, para aumentar a porcentagem de rendimento. Algumas técnicas com esse intuito são utilizadas, sendo elas agitação magnética, extração assistida por ultrassom, extração subcrítica com água e extração com fluido supercrítico (FONSECA, 2018).

Os colorantes naturais contêm grupos hidroxila, podem ou não serem solúveis em água e geralmente contêm vários pigmentos, incluindo clorofila, caroteno, pétalas ou folhas de plantas (AGUIAR *et. al*, 2018; COPINI, 2018; KAWAKAMI, 2020). O uso de aprimoramento de extração e várias funcionalidades de pigmentos em diferentes processos de coloração natural tem sido um tópico de pesquisa recente. Entretanto, é necessário aprimorar as técnicas de extração para que estas sejam cada vez mais competitivas e eficazes. Um ponto importante e significativo para melhorar a extração é aumentar a

estabilidade do processo, enquanto que, a degradação do material é evitada. As causas da degradação são por fatores exógenos, como umidade, temperatura e iluminação. Sabe-se também que com ou sem intervenção de oxigênio, a solidez dos colorantes e as propriedades internas podem ser degradadas. Já como solventes a água destilada e o etanol são os mais eficazes devido sua afinidade com o sistema polar, obtendo maior desempenho para a extração dos colorantes orgânicos. (KAWAKAMI, 2020).

Sendo discutida a amplitude das possibilidades de utilização dos colorantes naturais no mercado atual, discutir aspectos sobre a produção e extração de colorantes se demonstra muito importante, o que justifica a realização desse estudo tendo como objetivo a revisão bibliográfica a respeito da produção e extração de colorantes naturais, com ênfase na via microbiana, assim como os referentes mercados afim de facilitar a pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas nesse setor. Como objetivos específicos, pretende-se:

- Conceituar e analisar a história dos colorantes naturais;
- Discutir a classificação geral dos colorantes;
- Analisar a extração de colorantes microbianos de acordo com diferentes estudos realizados na literatura, fornecendo uma visão ampla ao leitor.

Diante desses fatores, este trabalho se preocupa em discutir a utilização de colorantes a partir de microrganismos, apresentando suas vantagens quando o cultivo é feito de maneira controlada, visto a sua alta produtividade quando comparado com outros processos químicos (SANTOS-EBINUMA, 2013).

2 Revisão de Literatura

2.1 Colorantes Naturais

Os colorantes, de acordo com a Oxford Languages, são todas as substâncias que conferem cor a algo, agrupando tanto os corantes, quanto os pigmentos. Os colorantes naturais incluem todos aqueles obtidos a partir de uma fonte animal, vegetal ou microbiana sem (ou com pouco) tratamento químico. Em relação à fonte de extração de origem microbiana, os colorantes e pigmentos naturais são obtidos a partir de metabólitos secundários. Tais metabólitos são compostos orgânicos sintetizados pelo organismo, mas que não apresentam relação direta em seu crescimento ou reprodução (SANTOS-EBINUMA, 2013).

Os colorantes vegetais são encontrados na natureza associados a determinadas substâncias que intensificam ou modificam sua cor, estas têm o nome de copigmentos e podem ser flavonas, flavonóis, taninos, ácidos e outros compostos que não foram identificados. Também causas de sua modificação são a quelação com íons de metais pesados, como ferro, alumínio, ferro (+3), que produz coloração vermelha e molibdênio azul-púrpura. A maioria dos colorantes vegetais naturais, especialmente as antocianinas, são anfotéricos, seus sais ácidos são geralmente vermelhos, seus sais metálicos são geralmente azuis e suas soluções neutras são violetas (IAMAMURA, 2015; COSTA, 2021).

Ao contrário do que acontece com os metabólitos primários, a ausência de um metabólito secundário não impede a sobrevivência, embora seja afetada por ele, às vezes gravemente. Nem todos os metabólitos secundários são encontrados em todos os organismos. São sintetizados em pequenas quantidades e não de forma generalizada, sendo sua produção muitas vezes restrita a um determinado gênero, uma família ou mesmo a algumas espécies. (GIULIANI, 2020).

Atualmente, na indústria têxtil, os colorantes derivados de plantas são bastante utilizados apenas no tingimento artesanal. Atualmente, os colorantes derivados de plantas que podem ser usados em cosméticos, de acordo com as regulamentações aplicáveis, incluem, entre outros, β -caroteno, cantaxantina, urucum, licopeno, curcumina, carbono vegetal, riboflavina, caramelo, extrato de pimenta, capsantina, capsorubina, beterraba vermelho e uma variedade de antocianinas (cianidina, peonidina, malvidina, delphinidina, petunidina, pelargonidina) (ALVARADO MARTINEZ, 2015).

Além de os colorantes derivados de plantas serem biodegradáveis e compatíveis com o meio ambiente, também apresentam características antioxidante e antimicrobiana, entre outras características que só aperfeiçoam o material. Diferentemente dos sintéticos que, além do impacto ambiental também podem ser nocivos ao ser humano, sendo até proibidos em alguns países (KAWAKAMI, 2020).

Os colorantes de origem botânica tem em suas estruturas a presença de um ou mais grupos químicos, como os carotenóides, polifenóis, quinonas e alcalóides. Porém, isso torna esses colorantes instáveis quando submetidos a alta temperatura, luminosidade ou variação de pH, incentivando pesquisas e inovações, como a nanotecnologia e o encapsulamento, a fim de melhorar a estabilidade de colorantes com origem de plantas. Outro problema enfrentado é no uso desse colorante em produtos alimentícios e cosméticos levando em consideração as condições do meio externo (temperatura e umidade), por exemplo, levantando questões de como deve ser apresentação do colorante (pasta, líquido, pó), a permanência da cor por longos períodos, a toxicidade, entre outras (COSTA, 2021).

Portanto, com todos os desafios levantados na produção e uso de colorantes de origem botânica, a produção de colorante por essa via apresenta alto custo. Como forma para diminuir o valor e, assim, aumentar a sua demanda, existem empresas que utilizam

resíduos agroalimentares para extração dos colorantes presentes e reaplicação em novos produtos. Além do reaproveitamento, isso impacta diretamente a diminuição de desperdício. Contudo, ainda existem barreiras para abordagens mais ecológicas, como a falta de regulamentação e investimento (HENRIQUES, 2019).

Atualmente, os colorantes sintéticos são mais fáceis e baratos em produzir e por isso são a principal fonte para a indústria. Porém, os colorantes naturais sempre estiveram presentes na humanidade e foram fundamentais para a comunicação e registros que estão vivos mesmo após milhares de anos, então é preciso também estudar o passado para inverter esse cenário (FABRI; TERAMOTO, 2015).

2.2 História

O uso de colorantes tem início há centenas de anos em todas as sociedades do mundo. Mesmo antes de as pessoas começarem a tingir e usar roupas, terras coloridas e seivas de plantas eram aplicadas em sua pele para diversos fins. A cor dos tecidos marcou historicamente a diferenciação social, de autoridade, de casta, de religião, de sexo.

Prima *et. al* (2017) lembra que:

Em todas as civilizações havia a necessidade de dar cor aos tecidos, mas cada uma desenvolveu técnicas diferentes com colorantes diferentes, aproveitando os recursos naturais de seu ambiente, extraindo novas cores e aumentando o conhecimento das propriedades de tingimento de plantas, animais e minerais. Talvez o primeiro passo na história do tingimento tenha sido a identificação de potenciais plantas, animais ou minerais que poderiam ser usados para tingir, desde que se aprendesse por tentativa e erro. Mas mesmo com esse método rústico, conseguiram obter todas as cores do círculo cromático usando as matérias-primas que natureza oferece (PRIMA *et. al*, 2017, p. 116).

A lista de civilizações e materiais utilizados é extensa, a civilização chinesa usava açafrão para vermelho e índigo para azul como espécies de colorantes, na cultura mesopotâmica a cor preferida era o vermelho obtido do inseto Kermes, além desses exemplos, os fenícios monopolizaram a obtenção e os segredos do tingimento roxo (*Purple Snail Pansa*) que mais tarde foram aprendidos pelos bizantinos. Também pode-se citar que os egípcios usavam sais de cobre para tingir de verde, carbonatos para branquear e não usavam

mordentes para tingir com Rubia e que, na Grécia, usava-se líquens, especialmente Orsella Tintoria, Kermes, Saffron, Indigo (VARGAS GIRÓN; BERNAL-CASASOLA, 2019).

Com o desenvolvimento da industrialização, a fabricação de tecidos tornou-se progressivamente mais barata, apenas os colorantes naturais ainda eram excessivamente caros. No século 19, os químicos começaram a isolar e purificar compostos orgânicos e identificar elementos e estruturas moleculares, foi o primeiro passo para a recriação sintética em laboratório (AMCHOVA *et. al*, 2015).

O primeiro colorante sintético foi a mauveína (anilina roxa) sintetizada por William Henry Perkin em 1856. Esse marco iniciou uma nova era dentro das indústrias de tingimento e o uso dos colorantes em si. Os colorantes sintéticos por apresentarem vantagens em relação a estabilidade quanto a fatores externos como luz e temperatura, também apresentavam ampla faixa de coloração e processos mais baratos e fáceis de obtenção. Características as quais intensificaram a produção dos colorantes sintéticos frente aos colorantes naturais (CAZEIRO, 2019).

A partir das últimas décadas, o interesse comercial e produtivo dos colorantes naturais vêm crescendo devido a intensificação dos estudos de toxicidade e efeitos nocivos causados pelos colorantes sintéticos. Diversos estudos confirmam que o controle dos uso de colorantes sintéticos é necessário, assim que, em alta concentração apresentam alto potencial carcinogênico e efeitos tóxicos como mutagenicidade (SANTOS *et al*, 2021; CAZEIRO, 2019).

2.3 Colorantes, corantes e pigmentos

Apesar de muitas vezes serem tratados como sinônimos, existe uma diferença conceitual entre colorantes, corantes e pigmentos. A principal entre elas é que os

pigmentos são insolúveis, ou seja, necessitam de um composto adicional para serem capazes de incorporar no substrato. Já os colorantes são solúveis ou parcialmente solúveis, sendo assim, apresentam alguma afinidade com o material a se colorir, sendo incorporados de maneira livre em alguma etapa do processo. Aos compostos que não necessitam de aditivos para modificar o substrato, de maneira em que os raios de luz sofrem alteração na sua reflexão ou transmissão, são eles classificados como corantes (ZANONI *et al.*, 2016).

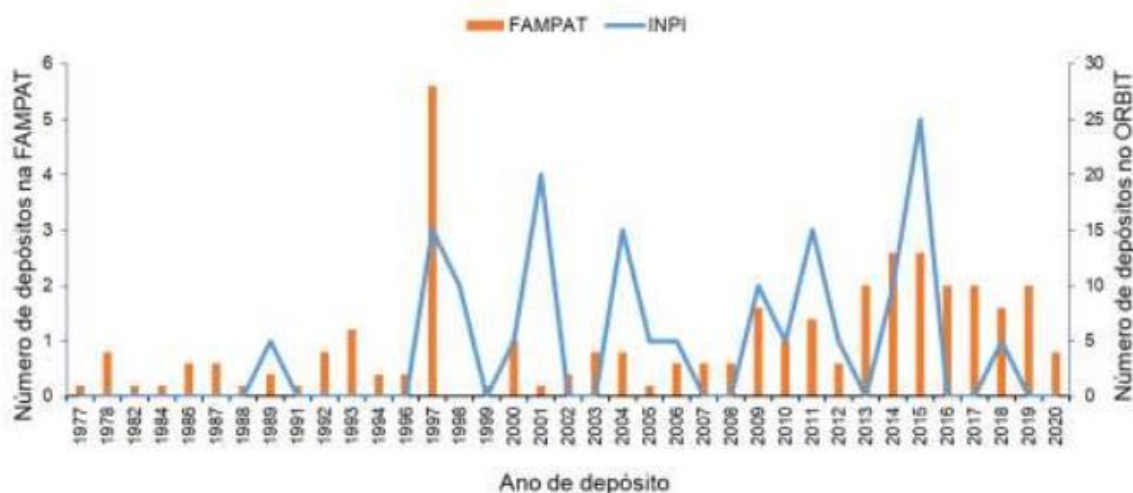
Considerando o modo de aplicação, os colorantes são incorporados no substrato por adsorção, solvatação, ligação iônica ou covalente, de maneira parcial ou total. Em casos de solubilidade parcial, aditivos podem ser utilizados afim de facilitar o processo. Os pigmentos, por sua vez, não são afetados de maneira nenhuma pelo substrato e sua incorporação deve-se comumente aos sistemas aglutinantes como aditivos, que permitem a dispersão mecânica e então a coloração por absorção seletiva (ZANONI *et al.*, 2016).

2.4 Revisão em Patentes

Quando se trata de inovação, o assunto em questão é estudado a fim de ser certificado como um produto inovador. Além disso, tomar conhecimento sobre as inovações, descobrindo seus pontos fortes e fracos, suas perspectivas e seu crescimento, abre-se lacunas para que tenhamos cada vez mais evoluções, desde que o produto seja comercialmente favorável (GHESTI *et al.*, 2017).

Ao falar sobre os colorantes naturais, é possível certificar sua evolução comercial a partir de suas patentes. Em nível nacional temos o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), mas diversas outras plataformas e bases de dados são utilizadas para encontrar patentes de outros países. Assim como fez Santos *et. al*, 2021 ao realizar a busca no INPI e utilizar a base de dados da FAMPAT através do software ORBIT, obtendo os resultados demonstrados na figura 1.

Figura 1. Relação número de pedidos de patente por ano de colorantes naturais alimentícios de acordo com as bases INPI e FAMPAT.



Fonte: SANTOS *et. al*, 2021

Nota-se que, apesar do Brasil obter baixo número de depósito, o crescimento da demanda acompanha os níveis globais e os principais responsáveis por esse número são algumas empresas privadas como Chr. Hansen®, Nestle®, Natura Cosméticos®, mas também universidades como a Uniersidade Federal de São Paulo e a Universidade Federal do Paraná (SANTOS *et al*, 2021).

2.5 Classificação dos Colorantes Naturais

Na tabela 1, são elencados diferentes grupos de compostos que podem ser fonte de colorantes já utilizados ou com potencial de uso em aplicações na indústria alimentícia, têxtil ou cosmética indicada em vários estudos referenciados ao longo desse trabalho.

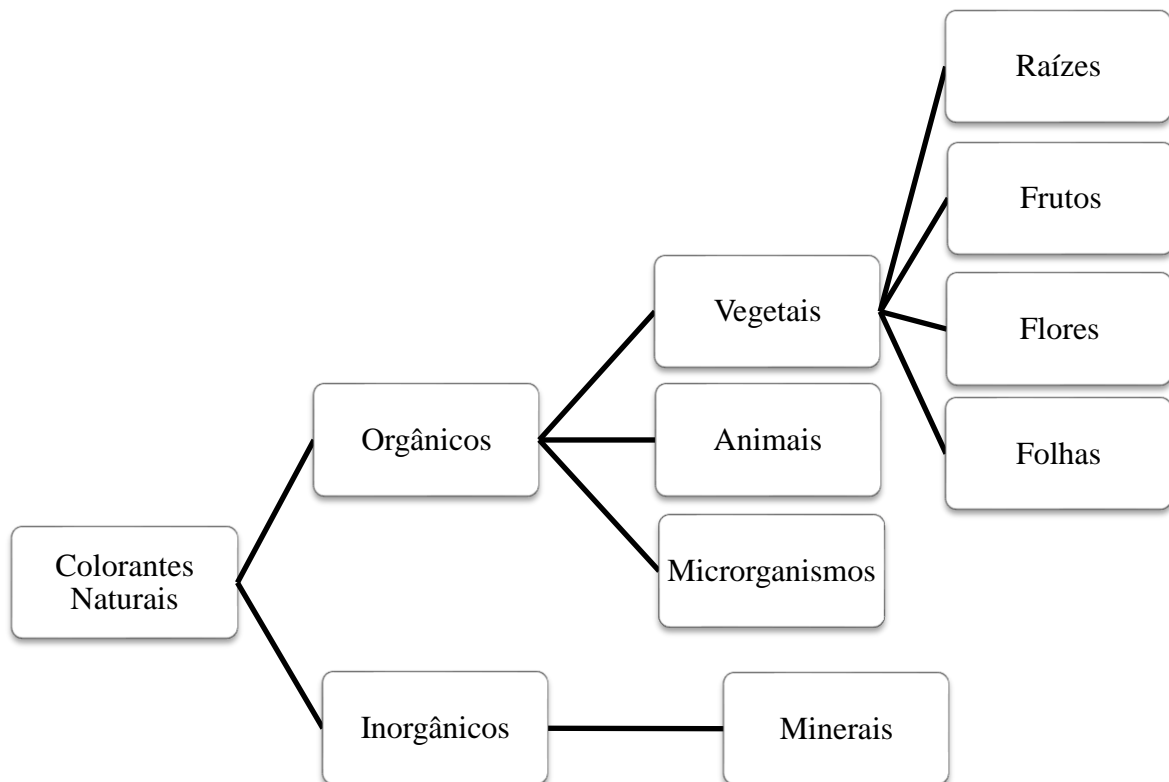
Tabela 1. Principais Colorantes Naturais Extraídos de Plantas e Animais

Classe	Corante	Cor	Fontes de obtenção
Tetrapirrol	Clorofila	Verde	folhas verdes
Tetraterpeno	β-Caroteno Astaxantina Bixina	Amarelo Vermelho Vermelho	cenoura microalgas, salmão, camarão sementes de urucum
Flavonóide	Luteolina Cianidina	Amarelo Vermelho	frutas, flores e vegetais frutas (cereja, morango, açaí)
Antraquinona	Ácido carmínico	Vermelho	Inseto (cochonilha)
Betalaina	Betanina	Vermelho	beterraba

Fonte: Mendonça (2011).

Os colorantes naturais foram classificados de várias maneiras. A principal base de classificação de colorantes naturais são suas fontes de produção, métodos de aplicação em têxteis e sua estrutura química.

Figura 2. Classificação dos Colorantes Naturais Segundo a sua Origem



Fonte: Elaboração própria (2022).

2.5.1 Com Base na Estrutura Química

A classificação de colorantes naturais com base na estrutura química é o sistema de classificação mais apropriado e amplamente aceito, pois identifica prontamente os colorantes pertencentes a um determinado grupo químico que possui certas propriedades características:

Indigoides: Os indigoides (índigo e púrpura de Tyrian) são talvez o grupo mais importante de colorantes naturais e os colorantes mais antigos usados pelas civilizações humanas. Este grupo apresenta coloração azul e é extraído de *Indigofera spp.* (*Indigofera tinctoria*), *Polygonum tinctorium* (algodão do tintureiro), *Perisicaria tinctoria* e *Isatis tinctoria* (pastilha). Porém atualmente a maior parte de índigo é de fonte sintética. O colorante Imperial Purple é um colorante natural roxo-avermelhado contendo bromo, derivado das glândulas hipobranquiais de vários caracóis marinhos predadores da família *Muricidae* (SOUZA, 2019).

Carotenóides: Os carotenóides também chamados de tetraterpenóides são pigmentos orgânicos naturais de cores vivas encontrados no cloroplasto e cromoplasto em quase todas as famílias de plantas e alguns outros organismos fotossintéticos. Apenas fungos, plantas e procariontes são capazes de sintetizar carotenóides. Sua cor é devido à presença de longas ligações duplas conjugadas em sua composição, as quais absorvem a luz na região de 400 e 500 nm, ficando na faixa dos tons amarelos, laranjas e vermelhos. *Bixa orellana*, *Curcuma longa* e *Cedrela toona*, são algumas das plantas fonte de carotenóides (SAMPAIO, 2019 ROSA *et. al*, 2020);

Quinonoides: São um grupo de compostos cuja cor pode variar do amarelo pálido ao quase preto, embora o verde e o azul sejam muito raros. Eles são abundantemente encontrados em plantas, mas também em animais como insetos (cochonilha), moluscos (lulas) e equinodermes invertebrados (estrelas do mar ou ouriços do mar). Sua resistência à luz

geralmente é boa; nesse grupo estão as antraquinonas que são quinonas tricíclicas e dentro das quinonas são o maior grupo. A alizarina e a purpurina pertencem a este grupo, dois dos componentes da Rubia (*rubia tinctoria*) e alguns dos colorantes animais mais conhecidos, como o Ácido Carmínico (*Cochonilha*) ou Ácido Kermésico (*Kermes*) também pertencem a este grupo (ALEIXO, 2021; ARBOITE; LUSSOLI, 2021)

Flavonóides: São um grande grupo dentro dos colorantes naturais, essas substâncias responsáveis pelas cores vermelha, azulada ou violeta da maioria das frutas e flores, embora apresentem moderada resistência à luz, podem ser classificados em xantonas, são estruturadas na forma de um anel, formado por seis átomos de carbono com múltiplas ligações duplas. (LIMA, 2000).

Betalaínas: As betalaínas são uma classe de nitrogênio solúvel em água contendo pigmentos vegetais da ordem *Caryophyllales* que comparam as betaxantinas amarelas e as betacianinas violetas. Tanto *Opuntia lasiacantha* quanto *Beta vulgaris* (Beterraba) contemplam, de maneira comum e natural, a presença de agentes da classe de colorantes betalaínas (COSTA, 2021);

Taninos: Em suma são encontrados no reino vegetal, são produtos adstringentes. São compostos fenólicos solúveis em água, seu peso molecular pode variar de 500 à 3000. Este produto advem de variadas fontes da composição de plantas, tais como folhas, cascas, vagens, frutos, cascas, entre outras. A classificação dos taninos está geralmente concentrada em dois grupos, distintos por uma característica principal. Uma das classes é a de taninos hidrolisáveis e a outra é a de taninos condensados (CASTEJON, 2011).

2.5.2 Baseado em Fonte de Produção

Há quatro classes de origem que diferem os colorantes naturais entre si, são elas:

Vegetal: representa a maioria dos colorantes naturais, composto por partes da planta como frutos, sementes, raízes e folhas.

Inseto/ Animal: na maioria dos casos apresenta coloração avermelhada, obtidos de corpos secos de insetos como *Cochonilha*, *Laccifer lacca/Kerria lacca*, *Kermes* e alguns moluscos com ácido carmínico (cochonilha), ácido laccaico (colorante Lac), ácido quermésico (Kermes), também púrpura de Tyrian fazem parte desta categoria (IAMAMURA, 2015).

Microbiana: método mais interessante pelo ponto de vista industrial, por apresentarem vantagens em sua produção, assim que, não há problemas de sazonalidade e por, muitas vezes, apresentarem características de estabilidade e solubilidade maiores do que os produzidos por plantas e animais (SANTOS-EBINUMA, 2013)

Origem Mineral: diversos pigmentos de sais e óxidos metálicos inorgânicos pertencem a esta categoria de colorantes naturais. Os pigmentos minerais mais importantes são os seguintes:

Pigmentos Vermelhos: Ocre Vermelho, Cinábrio, Chumbo Vermelho e Realgar são exemplos de pigmentos advindos de minerais. Ocre vermelho é um pigmento natural da terra, contém óxido de ferro anidro e hidratado. Comparado com o Cinábrio não é tão brilhante, mas pode ser encontrado em diversos tons, variando desde o amarelo até o laranja escuro. Uma das vantagens do Ocre Vermelho é sua estabilidade, por não ser tão afetado pela luz. Já o chumbo vermelho é um pigmento cristalino ou amorfo vermelho ou laranja muito utilizado em pinturas indianas. Já o realgar é um mineral composto de sulfeto de arsênio, mais conhecido como rubi enxofre ou rubi de arsênio. Ambos são sulfetos de arsênio, mas não são seguros e não têm sido muito usados em pinturas (GIULIANI, 2020; KAWAKAMI, 2020).;

Pigmentos Amarelos: sua singularidade é devido a presença de várias formas hidratadas de óxido de ferro, especialmente o mineral limonita. Seu pigmento mais famoso é o Terra Siena pertencente à classe Sienna. Juntamente com o Ocre é o pigmento mais utilizado em pinturas rupestres humanas, mas também utilizados em esmaltes, devido uma característica de transparência. Outro pigmento dessa classe é o Ouro-pigmento, advindo do mineral de sulfeto de arsênio com cor laranja-amarelo profundo. Apresenta característica brilhosa, muito utilizado na tintura de papéis, apresentando propriedade inseticida (KAWAKAMI, 2020).

Pigmentos Verdes: Terra Verde, Malaquita e Verdigris são composto de diversos minerais. A terra verde é uma mistura de hidrossilicatos de Fe, Mg, Al e K (glauconita e celadenita), por se tratar de mineiras, sua cor pode divergir conforme a localidade indo do verde amarelo ao cinza esverdeado. O pigmento Malaquita é um pigmento advindo do hidróxido de carbono de cobre $Cu_2(OH)_2CO_3$. É o acetato normal de cobre e é preparado pela ação do vinagre em folhas de cobre (KAWAKAMI, 2020; COSTA, 2021). Sua cor consiste num verde escuro e apresenta uma desvantagem de poder carbonizar o material devido sua composição química.

Pigmentos Azuis: são composto por dois principais: Azul Ultramarino e Azurita. Estes apresentam tonalidades completamente diferentes, sendo o Azul Ultramarino bem escuro e o Azurita mais claro. O Azul Ultramarino é proveniente de uma pedra semipreciosa chamada lápis-lazúli. Já o Azurita é produzido por intemperismo de minério de cobre o qual foi muito utilizado em pinturas chinesas (CATARINO, 2014).

Para os pigmentos brancos temos o Giz (Cal Branco), Chumbo Branco e Branco Zinco. O giz também é um pigmento muito antigo, mas que ainda é utilizado em pinturas. Este por sua vez é encontrado em depósitos de calcário e tem uma das formas de carbonato de cálcio. Chumbo branco ($PbCO_3$) e Branco Zinco (ZnO) são comumente utilizados

na pintura, porém na maioria dos casos preparado artificialmente (BALAN, 2017; DE AGUIAR; KUHN, 2018). Alguns outros pigmentos brancos são o Talco, Branco de Bário e Branco de Titânio;

Pigmentos Pretos: Advindos principalmente do carvão moído, sendo um pigmento homogêneo e fino. Também há o Preto de Marfim que é preparado a partir da carbonização do marfim e logo após sua moagem, lavagem e seca. (SILVA, 2018; SK *et. al*, 2021).

2.5.3 Baseado em Método de Aplicação

Neste método, os colorantes naturais são classificados em:

Mordentes: são os colorantes que podem tingir sem a necessidade de adicionar um mordente, produto químico que amplifica e mantém a cor aumentando a interação entre colorante e o material (GALETI NATIMATSU *et. al*, 2021).

Diretos: colorantes diretos apresentam estruturas orgânicas com solubilidade em água, permitindo a aplicação em fibras celulósicas, como o algodão. Entre suas principais vantagens está a produção de cores brilhantes e a fácil aplicação. Entretanto, devido a solubilidade em água sua resistência à lavagem é baixa, o que pode indesejavelmente tingir outros produtos e perder a cor. Para contornar esse problema, os fabricantes utilizam de um pós-tratamento para aumentar a resistência e vida útil. (GALETI NATIMATSU *et. al*, 2021).

Devido à presença de estruturas orgânicas, o pH tem grande influência na aplicação nos diferentes materiais. Os colorantes diretos ácidos, como o açafrão, tem ácidos carboxílicos e sulfônicos em sua composição e que necessitam de um meio de baixo pH para sua aplicação. Fibras de poliamida como o nylon, seda e a lã são algum dos exemplos

de materiais que fazem uso colorantes diretos ácidos. Já os colorantes diretos básicos, como a berberina, necessitam de um meio de pH básico a neutro.

Dispersos: colorantes dispersos, diferente dos diretos, são insolúveis em água e são preferencialmente aplicados em fibras de poliéster e acetato, pois geralmente são materiais para produtos que tem muito contato com a água. Ainda existem estudos para compreender o princípio do tingimento disperso, visto que é um assunto recente quando se comparado ao tingimento natural (GALETI NATIMATSU *et. al*, 2021).

2.6 Pigmentos Microbianos, Estabilidade e Extração

As publicações científicas relacionadas à geração de pigmentos como metabólitos secundários têm se concentrado essencialmente no estudo de fungos filamentosos. Estes têm sido estudados quanto à sua atividade metabólica, medindo sua quantidade e capacidade de produção extracelular de pigmentos, de forma a facilitar os processos fermentativos, mas sua maior ênfase recai sobre os altos rendimentos de síntese obtidos (ISLAM, 2015).

Fungos pertencentes ao gênero *Monascus* sp. vêm sendo estudados há muito tempo e vários autores referem-se a esses fungos como potenciais produtores de pigmentos naturais (DEVI, 2014). Algumas espécies de *Monascus* sp. produzem pigmentos hidrossolúveis que se difundem pelo meio de cultura (exopigmentos) com tons de vermelho a amarelo; que foram aplicados com sucesso como ingredientes alimentares (NOGUEIRA *et. al*, 2017). O pigmento vermelho tem sido aplicado em koji, molho de soja, tofu, coalhada de feijão, vinhos tintos, carnes (salsichas e presuntos), produtos marinhos (como surimi e pasta de peixe), molho de tomate, sorvetes, doces e geleias.

Monascus sp não é o único microrganismo com potencial para produzir colorantes, outros microrganismos como os pertencentes ao gênero *Paecilomyces* sp. também produzem pigmentos em tons de vermelho, amarelo e violeta; em quantidades de até 4,73 g/L (EBRAHIM, 2016). Assim como o *Phaffia rhodozyma*, uma levedura utilizada para a produção de um pigmento vermelho amplamente utilizado na indústria alimentícia, a astaxantina, nome comercial "AstaXin", comercializado por Igene Biotechnology Inc., Columbia, Maryland; astaxantina da Mera Pharmaceuticals Inc. (BISHT *et. al*, 2020).

Outros estudos caracterizaram os pigmentos típicos de algumas espécies: piocianina em *Pseudomonas aeruginosa*; violaceína em *Chromobacterium violaceum*, rubixantina, um colorante de *Staphylococcus aureus*; prodigionina de *Serratia marcescens*; leproteína em *Mycobacterium phlei*; rodoviolaceína e flavocodina em *Rhodovibrio*; espiriloxantina de *Thyocystis*; sarcinaxantina em Sarcinas; e as bacterioruberinas alfa e beta em *Bacterium halobium* (TULI *et. al*, 2015; BISHT *et. al*, 2020; FRÖHNER *et. al*, 2003).

Outros pigmentos microbianos foram descritos como as benzoquinonas, metabólitos sintetizados por fungos como *spinulosina* (cor preto-púrpura e presente em *Penicillium spinolosum* Thom e *Aspergillus fumigatus*), ácido polipórico (cor marrom-púrpura e isolado com 20% de rendimento do fungo *Polyporus rutilans*), ácido fumarólico (cor marrom-amarronzado produzido por *Penicillium spinolosum* na presença de fenolases e *Aspergillus fumigatus*) (SANTOS-EBINUMA, 2013; TULI *et. al*, 2015). Em termos de importância comercial, temos os pigmentos de *Monascus*, astaxantina de *Xanthophyllomyces dendrorhous*, pigmento vermelho-rosado de *Penicillium oxalicum*, riboflavina de *Ashbya gossypii* e β -caroteno de *Blakeslea trispora* (TULI *et. al*, 2015).

Atualmente apenas a astaxantina extraída da alga verde *Haematococcus pluvialis* e do fungo *Xanthophyllomyces dendrorhous* podem competir com a astaxantina sintética,

pois produzem 30 e 4 mg de astaxantina por grama de peso seco, respectivamente, sendo os o maiores encontrados (SANTOS-EBINUMA, 2013; TULI *et. al*, 2015).

Tais microrganismos estão presentes nos mais de 100 depósitos em patentes nos últimos 10 anos, distribuídos principalmente na China, Coreia do Sul, Japão e Estados Unidos (SANTOS *et. al*, 2021). O consumo anual desses pigmentos se deu principalmente através da aplicação do pigmento descrita em termos de coloração de carnes processadas (linguiças e presuntos), produtos marinhos como pasta de peixe, surimi e molho de tomate (KUMAR *et. al*, 2015).

Outros pigmentos de interesse são ankaflavina e monascina (amarelo), rubropunctatina e monascorubrina (laranja) e rubropunctatina e monascorubramina, que são de cor roxa; todos eles presentes em *Monascus purpureus*. Embora esses pigmentos tenham potencial biotecnológico, eles apresentam alguns problemas: têm baixa solubilidade em água, são sensíveis ao calor, são instáveis em pH entre 2-10 e desbotam pela ação da luz (WANG; CHEN, 2017).

Alguns componentes são os principais por interferirem na estabilidade do pigmento, tais como oxigênio, temperatura, acidez e radiação de luz. Essa pigmentação é utilizada na coloração de alimentos como salsichas enlatadas e patês. As condições de conservação necessárias para manter a boa qualidade dos alimentos foi com armazenamento à 4 °C, por no máximo três meses. As patentes que mais se destacam abordam temas como extração de pigmentos , estabilidade e solubilização.

Naturalmente, para que se façam solúveis em água, os pigmentos estão susceptíveis à reagirem com grupos de amino que estejam dispersos no meio. O vermelho-rosado de *Penicillium oxalicum*, outro pigmento de importância comercial, tem patentes contínuas da Ascolor Biotech na República Checa, onde se delineia uma nova estirpe do referido fungo

com propriedades sintetizadoras de um pigmento vermelho que pode ser aplicado na indústria alimentar (DUFOSSÉ et. al, 2014).

A cepa de *Penicillium oxalicum* CCM 8242, como era chamada, foi isolada do solo e gera um cromóforo do tipo antraquinona. Seu cultivo em caldo líquido requer a aplicação de carboidratos (como sacarose e melão), nitrogênio (através do uso de extrato de milho, autolisado ou extrato de levedura), além de sulfato de zinco e sulfato de magnésio. As condições ótimas para a execução da produção microbiológica foram determinadas, e correspondem a um valor de pH de 5,6-6,2, e uma temperatura de 27 a 29°C. No segundo dia de incubação, um colorante vermelho é liberado no caldo, cuja concentração aumenta até 1,5 a 2,0 g/L de caldo após 3-4 dias. Posteriormente, o processo de biossíntese ser finalizado, o caldo passa por filtração/centrifugado, a fim de que se separe da biomassa. No meio reacional, reduz-se o pH para níveis de 2,5 à 3 para que haja precipitação do colorante. Então, o precipitado é filtrado depois de estar dissolvido em álcool etílico. Depois de remover o dissolvente, o colorante se encontra em forma cristalina vermelho escuro. As propriedades de tonalidade das cores não são alteradas conforme modificação do Ph e permanecem estáveis por até 30 minutos. (KARA, 2020; DUFOSSÉ et. al, 2014).

A riboflavina, vitamina B2, de *Ashbya gossypii* é aplicada como colorante amarelo em alimentos como bebidas e sorvetes. Este pigmento apresenta afinidade específica para produção de alimentos compostos por cereais, com uso limitado em decorrência de seu odor, principalmente. Dentre os microrganismos produtores naturais de riboflavina através de fermentação estão os superprodutores fracos (geram valores iguais ou menores que 100 mg/L, i.e: *Clostridium acetobutylicum*), superprodutores moderados (geram até 600 mg/L, i.e: *Candida guilliermundii*, e também superprodutores fortes, que geram mais de 1 g/L, como o fungos *Ashbya gossypii*) (ABEROUMAND, 2011).

Mais um colorante de interesse para a indústria, o β -caroteno de *Mucor circinelloides* do tipo selvagem é de cor amarela. As características básicas da via dos carotenóides reage à luz azul e ativa a biossíntese do produto pigmentar. As cepas selvagens, que são cultivadas no escuro apresentam níveis mínimos da presença de β -caroteno. Se passarem por exposição a um pulso de luz pode ocorrer elevação na concentração do pigmento, devido a aumento da transcrição dos genes. Novas pesquisas estão agora se concentrando em mutantes semelhantes a leveduras (*M. circinelloides* é um fungo dimórfico que cresce na forma de uma levedura ou na forma de micélio) e que poderia ser útil em uma produção biotecnológica (FRASER et. al, 1996; TAUK-TORNISIELO et. al, 2009). O β -caroteno também pode ser extraído de *Phycomyces blakesleeanus*.

A astaxantina de *Xanthophyllomyces dendrorhous*, anteriormente conhecida como *Phaffia rhodozyma*, destina-se a ser adicionada à dieta de salmonídeos para conferir a coloração vermelho-alaranjada distinta que os torna atraentes para os consumidores no mercado. Entre os poucos microrganismos produtores de astaxantina, *Xanthophyllomyces dendrorhous* é um dos melhores candidatos para produção comercial. Fontes complexas de nutrientes como peptona, extratos de malte e levedura devem ser fornecidas para o crescimento das culturas; além de subprodutos agrícolas (melaço), hidrolisados enzimáticos de madeira, milho, bagaço de cana e suco de uva. A principal desvantagem de seu uso é que esses substratos são de composição variável (CHOCIAI, 2002).

Bradyrhizobium sp., produtor de cantaxantina teve, seu cluster de genes carotenóides completamente sequenciado. Este ceto-carotenoide também foi encontrado em outro microrganismo, uma bactéria halófila extrema do gênero *Halobacterium* pertencente. Em comparação com a grande quantidade de pesquisa de *Xanthophyllomyces dendrorhous*, a produção de astaxantina usando *Agrobacterium aurantiacum* foi

investigado em menor grau. A primeira descrição da biossíntese de astaxantina nesta bactéria foi publicada por Avalos *et. al* (2017).

Os autores (AVALOS *et. al*, 2017) descreveram a via biossintética, a influência das condições de crescimento na produção de carotenóides e a ocorrência de glicosídeo de astaxantina em dois artigos subsequentes. Como os carotenóides representam um grupo de pigmentos que tem ganhado crescente interesse comercial nos últimos anos, inúmeras triagens têm sido feitas para caracterizar novas fontes biológicas de astaxantina e, assim, isoladas positivamente de *Paracoccus carotinifaciens* e *Halobacterium salinarium*. Três resultados interessantes foram relatados no último artigo: (i) concentrações extremas de NaCl (aproximadamente 20%) foram usadas no meio de cultura para evitar contaminação com outros organismos (assim a esterilização não é necessária); (ii) concentrações de NaCl inferiores a 15% induzem lise bacteriana, portanto, nenhuma técnica especial de ruptura celular é necessária; e (iii) os pigmentos podem ser extraídos diretamente com óleo de girassol em vez de solventes orgânicos, eliminando assim possíveis reações tóxicas devido ao arrastamento das concentrações de acetona ou hexano e facilitando assim a assimilação do pigmento pelos animais.

Os pigmentos carotenóides, de alto valor comercial, estão presentes em algas, fungos e bactérias. Em fungos, destaca-se o licopeno em *Blakeslea trispora*, e a astaxantina na levedura *Phaffia rhodozyma*; em algas verdes, luteína foi identificada em *Spongiococcum excentricum* e *Chlorella pyrenoidosa* e astaxantina em *Haematococcus pluvialis*.

Os fungos das espécies *Monascus pilosus*, *M. purpureus* e *M. ruber*, pertencem a família *Monascaceae*, da classe *Ascomyceta*, produzem metabólitos secundários apresentando intensa coloração nas cores amarela, vermelha e laranja, devido à presença de estruturas policetílicas. *M. pilosus* e *M. purpureus* são mais conhecidos e utilizados na

produção de colorantes, enquanto o *M. ruber*, que está mais relacionado a decomposição de alimentos, está no início das pesquisas. Dentre os pigmentos produzidos pela *Monascus*, os tintos são considerados os mais importantes industrialmente, pois podem ser usados como substitutos de nitritos em produtos cárneos e de colorantes sintéticos como a eritrosina. Países orientais, como o Japão, fazem uso extensivo desses pigmentos há décadas – inicialmente como colorantes amarelos solúveis em água aplicados em doces, ou como mencionado acima como pigmento vermelho para vinho tinto de arroz (CHEN *et. al*, 2017).

Tal como acontece com outros fungos, as diferentes estirpes de *Monascus* também produzem micotoxinas. Neste caso, a micotoxina produzida é a citrinina, substância nefrotóxica que também possui propriedades antibióticas, por isso, em termos industriais, foram selecionadas cepas que produzem grandes quantidades de biopigmentos, mas com pouca ou nenhuma citrinina. Da mesma forma, foram feitas tentativas de superexpressar metabólitos do gênero, como as monacolinhas K e L, um conjunto de anti-hiperlipidêmicos (CHEN, 2017; ROSA, 2020).

A aplicação de xantofilas tem sido utilizada com sucesso na dieta de aves produtivas, uma vez que são absorvidas em níveis apreciáveis e transportadas para a gema do ovo e massa muscular. Em termos práticos, sua dieta foi suplementada com diferentes pigmentos para favorecer a coloração amarelo-alaranjada da gema do ovo e da pele das galinhas. A cor ideal da gema é obtida pela adição de um pigmento de base amarelo (como luteína, éster etílico de ácido β -apo-w-caroteno) e um pigmento de base vermelho-alaranjado, preferencialmente um cetocarotenoide (como astaxantina, cantaxantina e/ou zeaxantina) (SANDESKI, 2013).

3 Metodologia

A metodologia que permitiu a elaboração deste trabalho, foram compilados por meio de pesquisas em diferentes fontes de informação, como livros, artigos científicos, monografias e trabalhos com relevância acadêmica, retirados de bancos de dados confiáveis como SciVerse Scopus, ScienceDirect e Google Scholar.

A metodologia pode ser classificada da seguinte forma:

- Pesquisa bibliográfica e documental;
- Leitura de livros, periódicos, teses de dissertações de mestrado, artigos e publicações que possam oferecer alguma contribuição relevante ao tema estudado;
- Levantamento de produções bibliográficas nacionais e internacionais;
- Exegese de conceitos gerais e específicos.

As publicações utilizadas foram reunidas e organizadas em forma de pesquisa e revisão de literatura. A pesquisa bibliográfica foi realizada mediante a literatura aplicada de diferentes áreas, extraindo-se citações consideradas relevantes sobre a produção de colorantes naturais.

4 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a revisão descreveram os principais fatores que afetam a produção de pigmentos por *Monascus*, *Xanthophyllomyces dendrorhous* e muitos outros, bem como os diferentes resíduos utilizados e os potenciais remanescentes que podem ser utilizados na produção de pigmentos. Os colorantes produzidos por via microbiológica têm apresentado potencial de aplicação nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e

têxtil, na tabela 2 será apresentada algumas considerações importantes obtidas através de diferentes estudos.

Tabela 2. Descrição das publicações por autor, título, ano, tipo e síntese.

PUBLICAÇÕES	
AUTOR	SILVA, Wesley Santiago
TÍTULO	Produção de pigmentos fúngicos e seu uso no tingimento de tecidos
ANO	2013
TIPO	Estudo descritivo
SÍNTESE	A pesquisa realizada por Silva teve como objetivo principal a seleção de microrganismos com potencial para produção de biopigmentos, expondo métodos de recuperação do biopigmento da biomassa, crescimento microbiano e produção de pigmentos, além da sua aplicação na indústria têxtil. O foco do estudo foi o <i>Fusarium oxysporum</i> CCT7620, sendo que os produtos obtidos se revelou adequado para o tingimento de plásticos e tecidos.
AUTOR	MARTINEZ, Verônica Alvarado
TÍTULO	Colorantes y Pigmentos Microbianos
ANO	2015
TIPO	Revisão narrativa
SÍNTESE	Este artigo trata da história e dos processos de produção de cosméticos. A primeira parte procura aprofundar os diferentes aspectos em que os cosméticos influenciaram as civilizações antigas e o papel social que desempenham hoje. Por sua vez, a segunda parte tenta expor como a biotecnologia associada a produção de colorantes e pigmentos microbianos tem ganhado destaque na indústria de cosméticos. Os resultados obtidos, destacam que as propriedades dos

	<p>carotenóides têm sido utilizadas, não apenas para dar cor a diversos produtos, mas também como antioxidantes em cremes fotoprotetores. Além disso, eles têm sido usados como ingredientes ativos em cremes que retardam o envelhecimento.</p>
AUTOR	ZOZ, L et al
TÍTULO	Torularhodin and Torulene: Bioproduction, Properties and Prospective Applications in Food and Cosmetics - a Review.
ANO	2015
TIPO	Artigo de revisão
SÍNTESE	<p>Nesse estudo foram empregados dois tipos de carotenóides microbianos pouco estudados: Torularhodina e tolueno. Esses pigmentos, apresentam características provitamina-A, são vermelhos e apresentam grande potencial no uso como aditivos de colorantes na indústria de cosméticos e de alimentos. É possível identificar diversas melhorias que podem ser empregadas quanto a biossíntese desse alimento. A composição dos meios de cultura e a irradiação de luz no processo de produção teve um aumento em até 25% em relação as culturas não irradiadas. Os resultados obtidos indicam que a biomassa pode ser extraída diretamente usando solventes não polares, como hexano ou uma mistura de hexano-acetona, sem necessidade de ruptura celular e a purificação extensiva não é necessária para usar os pigmentos como aditivos alimentares ou cosméticos, mas ainda é necessário avaliar a bioatividade dos pigmentos em humanos.</p>
AUTOR	Ferreira, Micheli <i>et. al</i>
TÍTULO	Astaxanthin: its use as natural food dye
ANO	2014
TIPO	Artigo de revisão
SÍNTESE	Ferreira <i>et. al</i> (2014) testaram onze cepas quanto à sua capacidade de usar

	<p>compostos como única fonte de carbono. A biossíntese de carotenóides foi maior em baixos níveis de amônio ou fosfato no meio de cultura e o citrato apresentou pontos de variações nos resultados. As condições ideais para a maior estimulação da astaxantina foram: temperatura de 19,7 °C, concentração de carbono de 11,25 g/L, pH 6,0, inóculo de 5% e concentração de nitrogênio de 0,5 g/L, sendo o teor de astaxantina de 8,1 mg/L nessas condições. Por outro lado, o trabalho apresentou a sintetização de pigmentos carotenóides usando leveduras do gênero <i>Rhodotorula</i>. Os principais compostos produzidos por essas leveduras são o tolueno e a torularhodina, com quantidade mínima de β-caroteno; no entanto, esforços têm sido feitos para aumentá-lo através de melhoria de cepas, mutação, otimização do meio e manipulação das condições de cultura (temperatura, pH, aeração, relação C:N).</p>
AUTOR	MONTEIRO, Aline Bessa.
TÍTULO	Produção de pigmento vermelho pelo fungo <i>Monascus ruber</i> por fermentação em estado sólido e sua aplicação na elaboração de pães
ANO	2016
TIPO	Análise experimental
SÍNTESE	<p>Colorantes artificiais são muito usados na indústria de alimentos pelo seu baixo custo e facilidade de obtenção, porém, o mercado consumidor vem ficando cada vez mais exigente em relação a sustentabilidade e produtos saudáveis, e uma alternativa interessante são os colorantes naturais. A proposta do trabalho de Monteiro foi produzir o pigmento vermelho através da fermentação de trigo pelo fungo <i>Monascus ruber</i>, demonstrando todo o processo de produção e extração. Os resultados demonstraram a viabilidade de produção do pigmento vermelho por meio do trigo.</p>

AUTOR	Chociai, Miriam <i>et. al</i>
TÍTULO	Cultivo da levedura <i>Phaffia rhodozyma</i> (<i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>) em processo descontínuo alimentado para produção de astaxantina
ANO	2002
TIPO	Análise Experimental
SÍNTESE	<i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i> é uma levedura produtora de astaxantina, pigmento carotenóide amplamente usado na aquicultura de peixes e crustáceos. O cultivo foi realizado por processo descontínuo alimentado, não sofrendo alimentação de fonte de carbono. Os resultados obtidos expressam que aliando o uso de caldo de cana, material abundante no Brasil e matéria prima barata, consegue-se aumentar a produtividade do processo de extração em 84% comparativamente com outros métodos.

Diante do que vem sendo estudado, é necessário observar que as pesquisas devem ser orientadas para a identificação de novas espécies microbianas, com potenciais novos biopigmentos, ou que sintetizem aquelas já conhecidas, mas que apresentem altas taxas de geração de pigmentos e em alta velocidade de crescimento de acordo com as condições ideais de cultivo, tanto as condições nutricionais quanto físico-químicas de cada espécie.

Por outro lado, mais estudos devem ser realizados em relação à genética molecular de cada uma das linhagens já identificadas, conseguindo um mapeamento completo de seus genes, tanto em linhagens selvagens quanto mutantes. Além disso, a função biológica dos metabólitos primários e secundários desses microrganismos deve ser determinada especificamente, com ênfase na funcionalidade de pigmentos com potencial de uso na indústria alimentícia. Outra linha de pesquisa deve focar na biossegurança dos pigmentos obtidos, identificando todos aqueles biocolorantes potencialmente tóxicos para os

consumidores, e assim aplicar métodos bioquímicos e biotecnológicos que consigam modificar as propriedades de cada um deles, eliminando a parte nociva e expressando neles outros constituintes que agregam valor a cada pigmento, como concentrações de certas vitaminas, aminoácidos e outros constituintes com benefício para os consumidores.

A engenharia de bioprocessos alinhada a outras especialidades deve promover estudos sobre a geração de cepas superprodutivas de biopigmentos, superinduzindo a expressão de genes transcricionais e focando na expressão de pigmentos exógenos naquelas cepas que não os expressam naturalmente, como é o caso de *Escherichia coli* para a síntese de carotenóides, um organismo de fácil manuseio tanto em nível laboratorial quanto industrial.

O mesmo exemplo é o praticado por Bon *et al.* (1997), que obtiveram um mutante de *Phaffia rhodozima* que sintetizou 1688 µg/g de biomassa, contra os 330 produzidos pela cepa selvagem, ou o caso da cepa mutante, que teve uma produção de 1515,63 µg/g de células, enquanto a cepa selvagem produziu apenas 565,08 µg/g de células. Seguindo a lógica acima, o estudo deve focar na produção e melhoria de bactérias e fungos que são fortes superprodutores de pigmentos; ou seja, aqueles que sintetizam mais de 1 g/L desses colorantes, como é o caso dos fungos *Eremothecium ashbyii* e *Ashbya gossypii*, que produzem tais concentrações de riboflavina.

5 Conclusão

O trabalho visou mostrar o panorama geral dos colorantes existentes e produzidos de todas as fontes naturais possíveis, assim como os estudos mais recentes frente a esse tema. O uso dos micro-organismos como fonte de produção se mostrou como a fonte mais vantajosa e com o maior potencial dentre as fontes naturais. Métodos físicos, químicos e biológicos devem ser buscados para manter as propriedades dos pigmentos extraídos

estáveis ao longo do tempo, uma vez que muitos deles são sensíveis ao calor, instáveis em determinadas faixas de pH e/ou desbotam pela ação da luz. Encontrar as configurações ideais para cada colorante conseguirá manter estável a vida útil do substrato no qual foi aplicado, assim como suas características originais. Como entendimento final, fica-se acordado que fatores como capital financeiro, aprovações regulatórias, e a própria aceitação comercial, são incisivos para o sucesso na produção de um colorante advindo de fermentação microbiana. De qualquer forma, o uso de biopigmentos é uma alternativa muito mais segura do que o uso de sua contraparte sintética, além disso, ultimamente o movimento e a cultura do "natural" tem sido enfatizado pelos consumidores, por isso o interesse dos empresários de investir na obtenção de biopigmentos de origem microbiana, uma vez que é visto como uma boa fonte de lucro.

Referências

AGUIAR, CRL *et al.* **Tingimento de seda e algodão com pigmentos naturais: comparação entre processo de impressão botânica e esgotamento.** Congresso científico têxtil e moda, 6. ed. Brusque: Abtt. v. 1, p. 1-11, 2018.

ABEROUMAND, A. A review article on edible pigments properties and sources as natural biocolorants in foodstuff and food industry. **World J. Dairy Food Sci.** v. 6, p. 71–78, 2011.

AISHWARYA, A. D. Extraction of natural dyes from fungus—An alternate for textile dyeing. **J. Nat. Sci. Res.**, v. 4, n. 7, p. 1-7, 2014.

ALEIXO, TRP. **Tingimento natural e impressão botânica: um caminho para o eco fashion.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia e *Design* de Moda), Instituto Federal de Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2310#:~:text=Resumo%3A,meio%20para%20o%20Eco%20Fashion>. Acesso em 28-03-2022.

ALVARADO MARTÍNEZ, V. *et al.* Corantes y pigmentos microbianos. **Revista digital universitária**, v. 16, n. 4, artículo 32, 2015. Disponível em: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num4/art32/>.

AMCHOVA, P *et al.* Health, safety issues of synthetic food colorants. **Regul. Toxicol. Pharmacol.** v. 73, n. 3, p. 914-922, 2015.

ANDRIGHETTI-FRÖHNER, C. R. *et al.* Cytotoxicity and potential antiviral evaluation of violacein produced by *Chromobacterium violaceum*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 6, p. 843-848, 2003.

ARBOITE, C.G; LUSSOLI, R.J. Extração do corante natural das sementes de urucum para aplicação em tecido de algodão utilizando ácido acético como agente fixador de cor. **Química Nova**. v. 30, n. 7, 2021.

AVALOS, Javier *et al.* Carotenoid biosynthesis in *Fusarium*. **Journal of Fungi**, v. 3, n. 3, p. 39, 2017.

BALAN, D. de S. L. Corantes naturais de aplicação têxtil: avaliação preliminar da toxicidade de urucum *Bixa orellana* L.(Malvales: Bixaceae) e hibisco *Hibiscus sabdariffa* L.(Malvales: Malvaceae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 151-157, 2017.

BARBOSA, P.N; MARTINS, P.I. O reaproveitamento de descartes de madeira e de vegetais utilizados na gastronomia para a extração de corantes naturais. **Revista Calafiori**, v. 5 n. 2, p. 120-136, 2021. Disponível em: <https://calafiori.emnuvens.com.br/Calafiori/issue/view/12>.

BISHT, G *et al.* Applications of red pigments from psychrophilic *Rhodospirillum rubrum* GL8 in health, food and antimicrobial finishes on textiles. **Process. Biochem.** v. 94, p. 15–29, 2020.

BON, J.A *et al.* Isolation of astaxanthin-overproducing mutants of *Phaffia rhodozyma*. **Biotechnology Letters**, v. 19, n. 2, p. 109-112, February 1997.

CATARINO, L. G.; GIL, F. Pigmentos de origem mineral: caso de estudo dos revestimentos do Centro Histórico de Coimbra. In: DINIS, P.A.; GOMES, A.; MONTEIRO RODRIGUES, S., eds. **Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal**. Coimbra: Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário, 2014. ISBN 978-989-97140-2-1. p 227-241.

CAZEIRO, Larissa Fernanda. **Estudos Preliminares de Extração de Corante Natural por Cromatografia**. 2019, Dissertação (Mestrado Profissional) – Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Unesp, Araraquara, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/183310>.

COPINI, M.S. **Comportamento tintorial dos ésteres de luteína extraídos de *Tagetes erecta* L. no tingimento de substrato de algodão**. 2018, 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

COSTA, Júlia Vieira Xavier da. **Aproveitamento do resíduo da beterraba (*beta vulgaris*) como corante natural para a indústria de cosméticos e na produção de bioetanol como etapa preliminar de tratamento dos extratos secados em leito de jorro**. 2021. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

CHEN W *et al.* Orange, red, yellow: biosynthesis of azaphilone pigments in *Monascus* fungi. **Chem. Sci.** v. 8, p. 4917–4925, 2017.

CHOCIAI, M.B *et al.* Cultivo da levedura *Phaffia rhodozyma* (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) em processo descontínuo alimentado para produção de astaxantina.

Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences v. 38, n. 4, out./dez., 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322002000400008>.

DE AGUIAR, C. R. L.; KUHN, D. **Determinação do mecanismo de tingimento de corantes naturais, diretos, ácidos e catiônicos**. 6º CONTEXMOD, v. 1, n. 6, 2018.

DOGNINI, DA; LOPO, WN; PAZA, R. O uso do eletrólito no tingimento de corantes naturais. **Química Têxtil**, Barueri, v. 132, n. 42, p. 6-16, 2018.

DOS SANTOS, G.M *et al.* Verification of additives in industrialized foods intended for the public for children. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 14, n. 83, Supl. I, p. 1016-1022, 15 Dec. 2019. Disponível em: https://link.gale.com/apps/doc/A643331788/AONE?u=unesp_br&sid=bookmark-AONE&xid=c7812e47.

EBRAHIM, Weaam *et al.* Metabolites from the fungal endophyte *Aspergillus austroafricanus* in axenic culture and in fungal–bacterial mixed cultures. **Journal of Natural Products**, v. 79, n. 4, p. 914-922, 2016.

FABRI, Eliane Gomes; TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura brasileira**, v. 33, p. 140-140, 2015.

FONSECA, Carla Marisa Silva. **Production, extraction and characterization of a natural fungal pigment**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2018.

FU XIZHE, BT *et al.* Sono-physical and sono-chemical effects of ultrasound: primary applications in extraction and freezing operations and influence on food components. **Ultrason. Sonochem.** v. 60, 104726, January 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104726>.

GALETI NARIMATSU, BM *et al.* Corantes naturais como alternativa sustentável na indústria têxtil. **Revista Valore**, v. 5, p. e-5030, jan. 2021.

GIULIANI, D.I. **Antocianine dai batteri: i pigmenti vegetali hanno una nuova fonte?** 2020. Disponível em: <https://thesis.unipd.it/bitstream/20.50.12608/12612/1/cpyFB.pdf>
Acesso em 05-04-2022.

HENRIQUES, M. *et al.* Soluções sustentáveis para a valorização de produtos naturais e resíduos industriais de origem vegetal. **Revista da Associação Portuguesa de Horticultura**, n. 132, p. 32-34, março, 2019.

JOSHI, V.K *et al.* Microbial pigments. **Indian J. Biotechnol.** 2003, 2, 362–369.

KALRA R, CONLAN XA, GOEL M. Fungi as a Potential Source of Pigments: Harnessing Filamentous Fungi. **Frontiers in Chemistry**. v. 8, may, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fchem.2020.00369>.

KAWAKAMI, Hisako. **Tingimento natural – Técnicas para extrair pigmentos de plantas e flores**. São Paulo: Vox Gráfica, 2020.

KUMAR, A *et. al.* Microbial pigments: Production and their applications in various industries. **Int. J. Pharm. Chem. Biol. Sci.** v. 5, p. 203–212, 2015.

IAMAMURA, P. N. **Corantes naturais do Cerrado para a produção do design de superfícies têxteis desenvolvidos com teares manuais: região de Carmo do Rio Claro-Furnas/MG.** 2015. 212 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ISLAM, MF. Natural colorants in the presence of anchors so-called mordants as promising coloring and antimicrobial agents for textile materials. **ACS Sust Chem Eng.** v.3, n.10, p.2361-2375, 2015.

LIMA, Leonardo Ramos Paes de. **Efeitos farmacológico, toxicológico e mecanismo de ação dos flavonóides e corantes naturais extraídos do urucum (Bixa orellana L.) no metabolismo lipídico de coelhos.** 2000. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

MENDONÇA, JN. **Identificação e isolamento de corantes naturais produzidos por actinobactérias.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

MONTEIRO, ABP. **Produção de pigmento vermelho pelo fungo *monascus ruber* por fermentação em estado sólido e sua aplicação na elaboração de pães.** 2016, 75f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, 2016.

NOGUEIRA, C. do R. M.; NORONHA, R. G.; SANTOS, D. M. The natural dyes extracted in são joão de côrtes, alcântara, maranhão: an approach oriented to sustainable design. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 93-107, 2017.

PRIMA EC *et. al.* A combined spectroscopic and TDDFT study of natural dyes extracted from fruit peels of Citrus reticulata and Musav. acuminata for dye-sensitized solar cells. **Spectrochim. Acta part A, Mol. Biomol. Spectrosc.** v. 171, p. 112-125, jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.07.024>.

ROSA, SS. **Produção de pigmento vermelho por *Monascus ruber* em escala piloto: projeto conceitual e especificações de processo.** 2020. 59f. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Engenharia de Alimentos, 2020.

SAMPAIO, AH. **Corantes artificiais x corantes naturais: uma visão gastronômica.** 2019. 27 f. Artigo (Graduação em Gastronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANDESKI, Lígia Mara. **Otimização da pigmentação da gema do ovo.** 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, 2013.

SANTOS, FA. **Estudo de propriedades ópticas não lineares de derivados de dibenzalacetona.** 2019. 107 f. Tese (Doutorado em Física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SANTOS-EBINUMA, VC. **Produção e extração de corantes naturais de *Penicillium purpurogenum* DPUA 1275**. Dissertação (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, Mayane Santana Vieira *et al.* Prospecção tecnológica em bases de patentes com foco em corantes e pigmentos alimentícios obtidos de fontes naturais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e53810313603-e53810313603, 2021.

SK, MDS *et. al.* Review on Extraction and Application of Natural Dyes. **Textile & Leather Review**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31881/TLR.2021.09>.

SILVA, Márcia Gomes da. **Corantes Naturais no Tingimento e Acabamento Antimicrobiano e Anti-UV de Fibras Têxteis**. Tese de Doutorado: Doutorado em Engenharia Têxtil. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2018.

SOUZA, SA. **Identificação e aplicação de corantes naturais de espécies arbóreas de ocorrência no Cerrado**. 39 f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2019.

TAUK-TORNISIELO, S M. *et al.* Lipid formation and γ -linolenic acid production by *Mucor circinelloides* and *Rhizopus* sp., grown on vegetable oil. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 40, n. 2, p. 342-345, 2009

TULI, Hardeep S. *et al.* Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 8, p. 4669-4678, 2015.

WANG C., CHEN D., QI J. Biochemistry and molecular mechanisms of *Monascus* pigments. In: WANG,C. *et al.* **Bio-pigmentation and Biotechnological Implementations**, ed Singh, 2017. <https://doi.org/10.1002/9781119166191.ch8>.

VARGAS GIRÓN, JM; BERNAL-CASASOLA, D. **Datos arqueométricos de los ocre, corantes y pigmentos en El Olivillo. ¿Evidencias indirectas de las tintorerías gadiritas?** 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348372894_Datos_arqueometricos_de_los_ocres_corantes_y_pigmentos_en_El_Olivillo_Evidencias_indirectas_de_las_tintorerias_gadiritas Acesso em: 02-04-2022.

ZANONI, MARIA V. BOLDRIN; YAMANAKA, HIDEKO. **Corantes: Caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

ZOZ, Liliana *et al.* Torularhodin and Torulene: Bioproduction, Properties and Prospective Applications in Food and Cosmetics - a Review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 58, n. 2, p. 278-288, 2015.