

Luana Monteiro Fernandes¹, Janaina dos Santos Nascimento², Gustavo Luis de Paiva Anciens Ramos³

^{1,2} Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense (UFF)

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Pigmentos bacterianos e seu potencial de aplicação na indústria de alimentos e em outras áreas

Bacterial pigments and their potential for application in the food industry and other areas

Resumo. Em virtude dos riscos oferecidos à saúde e ao meio ambiente pelos pigmentos sintéticos, tem crescido a busca pela utilização de pigmentos naturais, oriundos de plantas, bactérias e fungos. Os pigmentos bacterianos, em geral, oferecem maior biodegradabilidade e maior compatibilidade com o ambiente. Esta revisão busca apresentar as aplicações gerais dos pigmentos bacterianos, em especial na indústria de alimentos. Na área de alimentos, existem poucos pigmentos bacterianos empregados em larga escala, sendo o principal a riboflavina produzida por *Bacillus subtilis*. Além de oferecer cor aos alimentos, os pigmentos bacterianos podem exibir outros efeitos benéficos, como ação antioxidante e pró-vitâmica. O gênero *Kocuria* se destaca na produção destes pigmentos, em especial, os carotenóides. Os pigmentos bacterianos também são aplicados em outras áreas como têxtil, saúde (atividade antimicrobiana e antiparasitária) e farmacêutica. **Palavras-chave:** pigmentos naturais, *Kocuria*, corante alimentício, antioxidante

Abstract. Due to the risks offered to health and the environment by synthetic pigments, the search for the use of natural pigments, derived from plants, bacteria and fungi, has grown. Bacterial pigments, in general, offer greater biodegradability and greater compatibility with the environment. This review seeks to present the general applications of bacterial pigments, especially in the food industry. In the food area, there are few bacterial pigments used on a large scale, the main one being riboflavin produced by *Bacillus subtilis*. In addition to providing color to foods, bacterial pigments can exhibit other beneficial effects, such as antioxidant and pro-vitamin action. The *Kocuria* genus stands out in the production of these pigments, especially the carotenoids. Bacterial pigments are also applied in other areas such as textiles, health (antimicrobial and antiparasitic activity) and pharmaceuticals. **Keywords:** natural pigments, *Kocuria*, food coloring, antioxidant

Introdução

A utilização de pigmentos sintéticos para fornecer cor a alimentos, cosméticos, vestuários e outros, tem sido realizada desde 1850. Sabe-se, entretanto, que estes pigmentos podem trazer certos riscos à saúde e ao meio ambiente e, por isso, cada vez mais os consumidores têm optado por utilizar produtos que possuem pigmentos naturais, ao invés dos sintéticos (RAO et al., 2017; AZMAN et al., 2018).

As principais fontes de pigmentos naturais são micro-organismos, incluindo bactérias e fungos, e plantas. Atualmente, muitos pigmentos naturais têm sido extraídos de micro-organismos como as bactérias, que possuem um ciclo de vida bastante curto e sua utilização proporciona facilidade em processos de modificação genética (USMAN et al., 2017; SEN et al., 2019). Além disso, os pigmentos bacterianos têm melhor biodegradabilidade e maior compatibilidade com o ambiente (AZMAN et al., 2018). Assim como fungos, algumas bactérias produzem pigmentos com diferentes cores (Tabela 1), como carotenóides, melaninas, indigotina e mais especificamente prodigiosina, piocianina, violaceína e ficocianina, sendo os carotenóides

os mais amplamente estudados principalmente na área de alimentos (USMAN et al., 2017; SEN et al., 2019; SAJJAD et al., 2020; VENIL et al., 2020).

Tabela 1: Exemplos de pigmentos produzidos por bactérias e suas respectivas cores.

Pigmentos	Coloração	Bactérias produtoras
Astaxantina (carotenóide)	rosa, vermelho	<i>Agrobacterium aurantiacum</i> , <i>Paracoccus carotinifaciens</i> , <i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>
Cantaxantina (carotenóide)	vermelho escuro	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
	laranja	<i>Bradyrhizobium</i> sp., <i>Lactobacillus pluvalis</i>
Estafiloxantina	dourado	<i>Staphylococcus aureus</i>
Ficocianina	azul, verde	<i>Pseudomonas</i> sp.
Indigoidina	azul	<i>Corynebacterium insidiosum</i> , <i>Erwinia chrysanthemi</i>
Melanina	marrom escuro, preto	<i>Pseudomonas guinea</i> , <i>Lysobacter oligotrophicus</i>
Piocianina	azul esverdeado	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Prodigiosina	vermelho	<i>Serratia marcescens</i> , <i>Serratia rubidaea</i>
		<i>Rugamonas rubra</i> , <i>Streptovorticillium rubrireticuli</i> , <i>Vibrio gaogenes</i> , <i>Pseudoalteromonas rubra</i>
Riboflavina	amarelo	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus</i> sp.
Violaceína	violeta	<i>Chromobacterium violaceum</i> , <i>Janthinobacterium lividum</i> , <i>Pseudoalteromonas tunicate</i>
Xantomonadina	amarelo	<i>Xanthomonas oryzae</i>
Zeaxantina (carotenóide)	amarelo	<i>Flavobacterium</i> sp., <i>Paracoccus zeaxanthinifaciens</i> , <i>Achromobacter</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Brevibacterium</i> sp.
	creme	<i>Achromobacter</i> sp.
	marrom	<i>Bacillus</i> sp.
	amarelo alaranjado	<i>Brevibacterium</i> sp.
	creme a esverdeado	<i>Corynebacterium michigannise</i>

Fonte: os autores.

As bactérias capazes de produzir pigmentos podem ser encontradas em diferentes ambientes, como o mar, solo, regiões desérticas e salinas, entretanto, há relatos de já terem sido isoladas de resíduos orgânicos, legumes e frutas estragadas e até mesmo frutos do mar (RAO et al., 2017).

Embora os corantes naturais, como os bacterianos, sejam mais sustentáveis, ainda se enfrentam alguns desafios para a sua produção, pois muitos destes corantes acabam sendo menos estáveis e a diversidade de tons desses possuem uma limitação. Além disso, há a necessidade de desenvolvimento de corantes que sejam resistentes à luz, ao calor e a ambientes ácidos (VENIL et al., 2013). Este trabalho tem por objetivo retratar, de forma sucinta, o potencial

de aplicação de pigmentos bacterianos tanto na indústria de alimentos quanto em outras áreas, assim como apresentar os principais obstáculos enfrentados para sua produção em escala industrial.

Aplicação de pigmentos bacterianos na indústria de alimentos

Sabe-se que a utilização de pigmentos produzidos industrialmente por fermentação ou outras técnicas depende inicialmente da sua aprovação pelas agências regulatórias e, posteriormente, da aceitabilidade no mercado e o investimento necessário para a comercialização do produto (DUFOSSÉ, 2006; MOHAMMADI et al., 2022).

Atualmente, 43 corantes são utilizados comercialmente para fins alimentícios. Esses corantes são aprovados pela EFSA (*European Food Safety Authority*) e aceitos na União Europeia, enquanto cerca de 30 corantes são permitidos nos EUA e autorizados pelo FDA (*Food and Drug Administration*). Desses, seis corantes são pigmentos microbianos, mas apenas um, denominado E101, a riboflavina, é produzido comercialmente em grande escala por uma bactéria (*Bacillus subtilis*). Os demais são produzidos por fungos ou microalgas (SCOTTER, 2015; NIGAM & LUKE, 2016; MOHAMMADI et al., 2022). No Brasil, a riboflavina e os outros cinco pigmentos microbianos também são aprovados para uso em alimentos classificados como corantes orgânicos naturais (ANVISA, 2015). A riboflavina, de coloração amarela, também conhecida como vitamina B₂, é amplamente utilizada como aditivo alimentar em cereais, massas, molhos, queijo fundido, produtos lácteos e bebidas energéticas.

Outros pigmentos bacterianos, entretanto, mostram-se promissores para utilização na indústria de alimentos devido ao fato de poderem ser produzidos em grande quantidade e a custos relativamente baixos, e devido ainda à toxicidade dos corantes sintéticos (NIGAM & LUKE, 2016).

Venil e colaboradores (2020), em um estudo recente, mostraram que pigmentos bacterianos podem ser capazes de substituir pigmentos sintéticos em relação às principais cores do espectro ótico (Figura 1). Esses pigmentos bacterianos poderiam ser empregados como corantes alimentícios em bolos, doces, gelatinas e queijos.

	Pigmento sintético: violeta reativo 2 Pigmento bacteriano: violaceína (<i>Chromobacterium violaceum</i>)
	Pigmento sintético: índigo Pigmento bacteriano: indigiosina (<i>Pantoea agglomerans</i>)
	Pigmento sintético: azul reativo Pigmento bacteriano: actinorrodina (<i>Streptomyces coelicolor</i>)
	Pigmento sintético: Vat Green Pigmento bacteriano: ficocianina (<i>Pseudomonas sp.</i>)
	Pigmento sintético: amarelo crepúsculo Pigmento bacteriano: carotenóides (<i>Kocuria sp.</i>)
	Pigmento sintético: Vat Orange Pigmento bacteriano: carotenóides (<i>Brevibacterium linens</i>)
	Pigmento sintético: Vat Red Pigmento bacteriano: prodigiosina (<i>Serratia marcescens</i>)

Figura 1: Pigmentos sintéticos e seus possíveis substitutos de origem bacteriana. As bactérias produtoras estão descritas entre parênteses.

Além da capacidade de oferecer cor aos alimentos, alguns pigmentos microbianos possuem outras funções quando empregados em alimentos. Sua utilização não fornece uma boa solução somente para a questão ambiental, mas também o bem-estar e saúde dos seus consumidores, uma vez que muitas pessoas podem ter alergia a corantes sintéticos. Há, ainda, o fato de que alguns corantes produzidos sinteticamente podem apresentar outros efeitos tóxicos ao organismo, como potencial carcinogênico e de mutagenicidade (SAJJAD et al., 2020; MOHAMMADI et al., 2022).

Outro potencial de utilização dos pigmentos bacterianos relacionado à aplicação em alimentos está em sua ação antioxidante. Sabe-se que o aumento de radicais livres no organismo humano pode aumentar os riscos de doenças crônicas, como diabetes, doenças autoimunes e câncer. Logo, compostos antioxidantes doam elétrons para os radicais livres de modo a neutralizá-los, evitando, assim, danos celulares (PHANIENDRA et al., 2015; NIGAM & LUKE, 2016; SAJJAD et al., 2020). Muitos pigmentos bacterianos, com destaque para os carotenóides, apresentam atividade antioxidante.

Os carotenóides contribuem para o fortalecimento do sistema nervoso e têm potencial antioxidante, ou seja, eles podem atuar em diferentes áreas do organismo de forma positiva, podendo agir contra algumas doenças ou como auxiliares na prevenção do aparecimento de outras (AZMAN et al., 2018).

Estruturalmente, há dois tipos de carotenóides: os carotenos (hidrocarbonetos sem átomos de oxigênio) e as xantofilas (hidrocarbonetos oxigenados). Alguns carotenóides são usados comercialmente como fármacos (beta-caroteno), suplementos nutricionais (luteína), corantes alimentares (cantaxantina) para humanos e também como pigmentos para a alimentação de animais (YUSEF et al., 2014; RAO et al., 2017; REZAEYAN et al., 2017).

Dente os micro-organismos que se destacam na produção desses pigmentos, estão as bactérias do gênero *Kocuria*. Várias espécies de *Kocuria* sp. apresentam alta produção de carotenóides, de diferentes cores, como *K. flava*, *K. carniphila* e *K. palustris*, que produzem carotenóides amarelos, *K. polaris* e *K. marina*, produtoras respectivamente de beta-caroteno e beta-criptoxantina, ambas de coloração laranja e *K. rosea*, que produz pigmentos que podem variar de rosa a vermelho (YUSEF et al., 2014; MITRA & DUTRA, 2018; MENDES-SILVA et al., 2021).

Esses pigmentos são bastante utilizados devido às atividades antioxidante, fotoprotetora e pró-vitáminica, além de propriedades que podem resultar em possíveis funções benéficas à saúde, tais como a diminuição do risco de doenças degenerativas como a aterosclerose, a catarata, a degeneração macular relacionada com a idade e a esclerose múltipla. Além disso, podem auxiliar no fortalecimento do sistema imunológico (NIGAM & LUKE, 2016; SAJJAD et al., 2020). Por isso, a demanda por estes pigmentos aumenta cada vez mais ao longo dos anos.

Outras aplicações dos pigmentos bacterianos

Os pigmentos bacterianos possuem diversas propriedades biológicas e por isso, têm sido requisitados não somente na área de alimentos, como também em diferentes áreas como saúde, cosmética e indústria farmacêutica.

Na indústria têxtil, os pigmentos bacterianos são corantes ecológicos aplicados no tingimento de diversos tipos de tecidos (CHADNI et al., 2017). A violaceína, um pigmento extraído de *C. violaceum*, é capaz de tingir fibras naturais e sintéticas e vem ganhando importância cada vez maior na área têxtil (VENIL et al., 2016). Já foi relatado também que tecidos tingidos com prodigininas, obtidas de *Vibrio* sp., apresentaram atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (ALIHOSSEINI et al., 2008; RAO et al., 2017).

Na área da saúde, com o aumento de micro-organismos cada vez mais resistentes, a procura por antimicrobianos que possam combatê-los tem sido cada vez maior, pois o número de novos medicamentos eficazes que entraram no mercado nos últimos 25 anos tem diminuído. Assim, tem-se investigado novos agentes antimicrobianos e os pigmentos bacterianos podem ser uma boa alternativa, uma vez que há estudos que comprovam que muitos destes pigmentos possuem atividades antimicrobianas contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, como é o caso da violaceína (SEN et al., 2019; SAJJAD et al., 2020).

Pigmentos bacterianos também têm sido alvo de estudos para combater diferentes doenças parasitárias, como a malária. Atualmente têm-se enfrentado algumas dificuldades com os agentes antimaláricos, uma vez que existe uma resistência crescente do parasita a diferentes medicamentos atuais, o que leva há uma busca de novos alvos terapêuticos para combatê-la. Há estudos que comprovam que a prodiginosina, um corante vermelho, possui atividade antimalárica em ensaios *in vitro* e *in vivo* quando comparada a conhecidos compostos antimaláricos. Já a

violaceína, um pigmento roxo, possui eficácia contra parasitas jovens e maduros (USMAN et al., 2017; AZMAN et al., 2018; VENIL et al., 2020).

Na indústria farmacêutica, alguns pigmentos, como os carotenóides, têm grande aplicação em cosméticos, sendo uma delas a proteção contra processos foto-oxidativos. Eles atuam como antioxidantes eficazes na captação de radicais peróxilas e de oxigênio singlete (YUSEF et al., 2014). Há evidências crescentes em estudos com humanos demonstrando que estes pigmentos protegem a pele contra os danos causados pelo excesso de exposição à radiação solar (RAO et al., 2017).

Além disso, estudos também têm comprovado que os pigmentos microbianos têm eficácia quando utilizados como agentes anticancerígenos contra diferentes tipos de câncer, como é o caso de alguns carotenóides, que apresentam atividade contra câncer de esôfago. Também já foi observado que a prodigiosina pode causar apoptose em diferentes células tumorais e que a violaceína, de acordo com alguns estudos, é capaz de induzir a citotoxicidade e a apoptose em células de fibroblasto pulmonar, entre outras (USMAN et al., 2017; AZMAN et al., 2018).

Desafios para a obtenção de pigmentos microbianos

Em linhas gerais, a produção de pigmentos produzidos por bactérias e por outros micro-organismos em larga escala é controlada pela composição do meio de cultura, pela presença de suplementos e pela otimização das condições de crescimento. No entanto, a extração de altas concentrações de pigmentos em um estado purificado continua sendo um desafio.

Para a obtenção desses pigmentos em escala industrial, é necessário que a relação entre os processos de extração e o produto final seja rentável (MOHAMMADI et al., 2022). Uma das formas de redução de custos seria a utilização de resíduos agroindustriais para crescimento dos micro-organismos produtores, uma vez que os meios de crescimento sintéticos apresentam custo elevado (PANESAR et al., 2015).

Algumas técnicas, entretanto, precisam ser utilizadas para a obtenção dos pigmentos a partir dos meios de cultura, como por exemplo, o uso de solventes, sonicação, extração enzimática, extração por alta pressão hidrostática, extração por campo elétrico de pulso, entre outras (PARMAR e PHUTELA, 2015; NUMAN et al., 2018).

A engenharia genética também tem atuado como importante ferramenta para a produção industrial de pigmentos, quando as cepas selvagens dos micro-organismos secretores os produzem em baixas quantidades. Em geral, é realizada a manipulação genética do micro-organismo produtor visando melhorar sua capacidade de produção ou secreção, seja por meio de mutação genética ou por outras ferramentas de engenharia metabólica (MOHAMMADI et al., 2022).

Outro desafio é a estabilidade dos pigmentos, especialmente quando expostos a estresses ambientais, como os raios ultravioleta, que podem resultar em sua degradação (NIGAM & LUKE, 2016). A estabilidade à luz, ao pH, à temperatura e à radiação ultravioleta é de suma importância para a aplicação industrial dos pigmentos microbianos (RANA et al., 2021). Algumas estratégias visando garantir essa estabilidade podem ser utilizadas, sendo a encapsulação uma das mais conhecidas. Nesta técnica, o pigmento pode ser embalado em matrizes (sendo as de dextrina, goma guar, amido, gelatina, proteínas do leite ou de lipídios as mais comuns), que liberam o seu conteúdo sob condições específicas (SEN et al., 2019; BOER et al., 2019). A encapsulação confere

uma proteção significativa aos pigmentos contra diversas condições ambientais, tais como o aumento de temperatura, a oxidação e a fotodegradação. Segundo Boer e colaboradores (2019), a encapsulação permite, ainda, a melhora da estabilidade ao se encapsular, junto com o pigmento, antioxidantes e outros agentes estabilizadores.

Conclusões

Considerando os fatos apresentados, pode-se concluir que os pigmentos naturais têm sido cada vez mais requisitados pela população e que as indústrias, sejam elas alimentícias, cosméticas, farmacêuticas ou outros segmentos, têm optado por utilizar estes pigmentos devido à baixa toxicidade e por serem benéficos à saúde e ao meio ambiente.

Estudos comprovam que pigmentos bacterianos possuem uma vasta diversidade de propriedades biológicas e por isso têm sido cada vez mais requisitados. Os pigmentos bacterianos apresentam fácil obtenção, devido ao rápido crescimento dos micro-organismos produtores, maior rendimento e facilidade de extração, frente às demais fontes. Embora estes micro-organismos tragam diversos pontos positivos quando comparados aos pigmentos sintéticos, muitos ainda os generalizam e os relacionam a um efeito prejudicial à saúde devido às suas estirpes produtoras. No entanto, nem todas as bactérias são patogênicas ou deterioram os alimentos. Há também aquelas que são benéficas, utilizadas para a produção de alimentos, bebidas, medicamentos e outras biomoléculas. Muitas espécies de *Kocuria* sp., por exemplo, são empregadas como culturas iniciadoras (ou *starters*) nos processos de produção de alimentos fermentados (RAMOS et al., 2021).

Ainda se enfrentam alguns obstáculos para a produção destes pigmentos, pois alguns são pouco estáveis e possuem certa limitação em relação às cores, e outros fatores como: ambientes ácidos, luz, calor, etc. Sendo assim, ainda há um longo caminho pela frente, pois mesmo que tenham sido realizados muitos avanços nas áreas de corantes nas últimas décadas, é perceptível que há necessidade de futuras pesquisas.

Referências bibliográficas

ALIHOSSEINI, F., JU, K.S., LANGO, J., HAMMOCK, B.D., SUN, G. Antibacterial colorants: characterization of prodiginines and their applications on textile materials. *Biotechnol. Prog.*, v. 24, n. 3, p. 742-747, 2008.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº 68, de 3 de setembro de 2015. *Classificação dos corantes caramelos II, III e IV e dos demais corantes autorizados para uso em alimentos*. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes-anexos/68de2015/arquivos/418json-file-1>>

AZMAN, A.S., MAWANG, C.I., ABUBAKAR, S. Bacterial pigments: the bioactivities and as an alternative for therapeutic applications. *Nat. Prod. Commun.*, v. 13, n. 12, p. 1934578X1801301240, 2018.

BOER, F. Y., IMHOF, A., VELIKOV, K. P. Encapsulation of colorants by natural polymers for food applications. *Coloration Technol.*, v.135, p. 183–194, 2019.

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

DUFOSSE, L. Microbial production of food grade pigments. *Food Tech. Biotech.*, v. 44, n. 3, p. 313-323, 2006.

MENDES-SILVA, T.D.C.D., VIDAL, E.E., DE SOUZA, R.D.F.R., DA CUNHA SCHMIDT, K., MENDES, P.V.D., DA SILVA ANDRADE, R.F., & DA SILVA, M. V. Production of carotenoid sarcinaxanthin by *Kocuria palustris* isolated from Northeastern Brazil Caatinga soil and their antioxidant and photoprotective activities. *Electronic J. Biotechnol.*, v. 53, p. 44-53, 2021.

MITRA, R., & DUTTA, D. Growth profiling, kinetics and substrate utilization of low-cost dairy waste for production of β -cryptoxanthin by *Kocuria marina* DAGII. *R. Soc. Open Sci.*, v. 5, n. 7, p. 172318, 2018.

MOHAMMADI, M. A., AHANGARI, H., MOUSAZADEH, S., HOSSEINI, S. M., DUFOSSÉ, L. Microbial pigments as an alternative to synthetic dyes and food additives: a brief review of recent studies. *Bioprocess Biosys. Eng.*, v. 45, p. 1-12, 2022.

NIGAM, P.S., & LUKE, J.S. Food additives: production of microbial pigments and their antioxidant properties. *Curr. Opin. Food Sci.*, v. 7, p. 93-100, 2016.

NUMAN, M., BASHIR, S., MUMTAZ, R., TAYYAB, S., REHMAN, N. U., KHAN, A. L., SHINWARI, Z. K., AL-HARRASI, A. Therapeutic applications of bacterial pigments: a review of current status and future opportunities. *3 Biotech.*, v. 8, n. 4, p. 207, 2018.

PANESAR, R., KAUR, S., PANESAR, P. S. Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: a review. *Curr. Opin. Food Sci.*, v. 1, p. 70-76, 2015.

PARMAR, M., PHUTELA, U. G. Biocolors: the new generation additives. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, v. 4, n. 7, p. 688-694, 2015.

PHANIENDRA, A., JESTADI, D.B., PERIYASAMY, L. Free radicals; properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian J. Clin. Biochem.*, v. 30, n. 1, p. 11-26, 2015.

RAMOS, G.L.P.A., VIGODER, H.C., NASCIMENTO, J.S. *Kocuria* spp. in Foods: biotechnological uses and risks for food safety. *Appl. Food Biotechnol.*, v. 8, n. 2, p. 79-88.

RANA, B., BHATTACHARYYA, M., PATNI, B., ARYA, M., JOSHI, G. K. The Realm of Microbial Pigments in the Food Color Market. *Front. Sustain. Food Syst.*, v. 5, 603892, 2021.

RAO, M.P.N, XIAO, M., LI, W.J. Fungal and bacterial pigments: secondary metabolites with wide applications. *Frontiers Microbiol.*, v. 8, p. 1113, 2017.

REZAEYAN, Z., SAFARPOUR, A., AMOOZEGAR, M.A., BABAVALIAN, H., TEBYANIAN, H., & SHAKERI, F. High carotenoid production by a halotolerant bacterium, *Kocuria* sp. strain QWT-12 and anticancer activity of its carotenoid. *EXCLI J.*, v. 16, p. 840, 2017.

SAJJAD, W., DIN, G., RAFIQ, M., IQBAL, A., KHAN, S., ZADA, S., KANG, S. Pigment production by cold-adapted bacteria and fungi: colorful tale of cryosphere with wide range applications. *Extremophiles*, v. 24, p. 447-473, 2020.

SCOTTER, M.J. Overview of EU regulations and safety assessment for food colours. *In: Colour Additives for Foods and Beverages*. Amsterdam: Elsevier, 2015.

SEN, T., BARROW, C.J., DESHMUKH, S.K. Microbial pigments in the food industry - challenges and the way forward. *Front. Nutr.*, v. 6, p. 7, 2019.

USMAN, H.M., ABDULKADIR, N., GANI, M., MAITURARE, H.M. Bacterial pigments and its significance. *MOJ Bioequiv Availab.*, v. 4, n. 3, p. 73, 2017.

VENIL, C. K., DUFOSSÉ, L., & RENUKA DEVI, P. Bacterial pigments: sustainable compounds with market potential for pharma and food industry. *Front. Sustain. Food Syst.*, v. 4, p. 100, 2020.

VENIL, C. K., ZAKARIA, Z. A., AND AHMAD, W. A. Bacterial pigments and their applications. *Process Biochem.*, v. 48, n. 7, p. 1065-1079, 2013.

YUSEF, H. H., BELAL, M. A., & EL-SHAROUNY, E. E. Production of natural pigments from novel local psychrotolerant *Kocuria* spp. *Life Sci. J.*, v. 11, p. 500-507, 2014.

Autores:

¹Luana Monteiro Fernandes, graduanda e participante voluntária da iniciação científica do curso de Farmácia da Universidade Federal Fluminense (UFF);

²Janaína dos Santos Nascimento, graduanda e participante voluntária da iniciação científica do curso de Farmácia da Universidade Federal Fluminense (UFF);

³Gustavo Luis de Paiva Anciens Ramos, técnico em alimentos na UFF (Departamento de Bromatologia da Faculdade de Farmácia), coordenador dos laboratórios de Bromatologia e Higiene e Microbiologia de Alimentos, e doutorando no programa de Higiene e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal na UFF. gustavoanciens@id.uff.br;

^{1,2}Departamento de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rua Mário Viana, n. 523, Santa Rosa, Niterói – RJ, 24241-002

³Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Estr. Washington Luís, 1596 - Sapê, Niterói - RJ, 24315-375.

Este artigo:

Recebido em: 11/2021

Aceito em: 03/2022

Como citar este artigo:

FERNANDES, Luana Monteiro; NASCIMENTO, Janaína dos Santos; RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens. Pigmentos bacterianos e seu potencial de aplicação na indústria de alimentos e em outras áreas. *Scientia Vitae*, v.13, n.37, ano 9, p. 16 a 24, abr./mai./jun. 2022.