
Bioaromas e biosabores produzidos por microrganismos

Bioaroma and bioflavor produced by microorganisms

Livia Silva Perez¹, Tatiana Elias Colombo¹

¹Universidade Paulista, São José do Rio Preto-SP, Brasil.

Resumo

Os bioaromas representam uma oportunidade biotecnológica com finalidade de compensar as dificuldades na obtenção de aromas a partir da extração natural em paralelo ao baixo lucro e aceitabilidade pelo consumidor aos aromas artificiais. Nesse cenário, a produção de bioaromas por microrganismos se destaca por representar fonte natural e ecologicamente sustentável, ao se fundamentar em bioprocessos realizados por bactérias ou fungos capazes de reaproveitar resíduos agroindustriais como matéria-prima. A Vanilina é a principal representante dessa aplicabilidade, sendo responsável pelo aroma de baunilha, muito utilizado na indústria alimentícia. Sua extração sofre influências de fatores climáticos, processo envelhecimento e políticas de importação, tornando inviável esse tipo de obtenção se comparado com a demanda industrial. Assim, a sua obtenção a partir de microrganismos pode ser compensada por representar um recurso definido como natural e, também, capaz de ser aceito pelos consumidores. O objetivo desse estudo foi abordar os métodos de obtenção de bioaromas produzidos por microrganismos e sua importância como alternativa de extração. Este trabalho visa contribuir para o conhecimento científico a respeito da aplicabilidade dos métodos de obtenção de bioaromas produzidos por microrganismos, ressaltando sua importância no que diz respeito à sua extração por meio de um comparativo com os métodos tradicionais.

Descritores: Indústria alimentícia; Tecnologia de alimentos; Microbiologia de alimentos

Abstract

Bioflavors represent a biotechnological opportunity with the purpose of compensating the difficulties in obtaining aromas from natural extraction in tandem with the low profit and consumer acceptability of artificial aromas. In this scenario, the production of bioflavors by microorganisms stands out for representing a natural and ecologically sustainable source, based on bioprocesses carried out by bacteria or fungi capable of reusing agro-industrial residues as raw material. Vanillin is the main representative of this applicability, being responsible for the vanilla aroma, widely used in the food industry. Its extraction is influenced by climatic factors, aging process and import policies, making this type of obtainment unfeasible when compared to industrial demand. Therefore, obtaining it from microorganisms can be compensated by representing a resource defined as natural and can also be capable of being accepted by consumers. The objective of this work was approaching the methods of obtaining bioaromas produced by microorganisms and its importance as an extraction alternative. This paper aims to contribute to the scientific knowledge regarding the applicability of methods for obtaining bioflavors acquired by microorganisms, emphasizing its importance with regard to their extraction through a comparison with traditional methods.

Descriptors: Foods industry; Food technology; Food microbiology

Introdução

O aroma está relacionado a dois (olfato e paladar) dos cinco sentidos humanos, sendo capaz de influenciar no sabor dos alimentos por conta da complexidade de sua composição, podendo apresentar milhares de moléculas voláteis associadas de maneiras diferentes, as quais caracterizam o aroma de um tipo de alimento, oferecendo a percepção do sabor.¹

A biotecnologia representa uma área multidisciplinar estruturada por várias áreas da biologia que une o conhecimento científico de sistemas biológicos associado à tecnologia com o objetivo de produzir um produto ou assegurar um serviço. Por conta da diversidade na aplicabilidade dessa área, vem sendo definida como a ciência do futuro, se tornando significativa na geração de impactos no nosso cotidiano, desde os processos fermentativos de vinhos e pães até o sequenciamento do genoma humano.²

É possível obter aromas a partir de três métodos de extração definidos como fontes naturais, sintéticas e bioaromas, sendo estes últimos obtidos por processos biotecnológicos através de reações microbianas ou

enzimáticas com a intenção de suprir as dificuldades oriundas da extração tradicional e da produção artificial em detrimento à demanda global.^{1,3,4}

Por meio de revisão literária, consultando bancos de dados de bibliografias nacionais e internacionais como Scielo, PubMed, Google Acadêmico e biblioteca virtual, o objetivo deste trabalho foi evidenciar o método biotecnológico utilizado na produção de bioaromas através de microrganismos, demonstrando um comparativo a respeito de sua aplicabilidade e vantagens frente aos aromas sintéticos e os extraídos da natureza.

Revisão da literatura

Trata-se de uma pesquisa realizada por revisão literária a partir de bancos de dados de bibliografias nacionais e internacionais como: Scielo, Pubmed, Google Acadêmico e Biblioteca Virtual. Essa busca foi realizada através de trabalhos publicados no período de 2014 à 2021 com base nos descritores “Aromas” “Bioaromas” “Vanilina” “Industria Alimentícia” e “Microrganismos”.

Foram selecionados 15 artigos capazes de atender às atribuições necessárias para abranger o conteúdo

relacionado com a produção de bioaromas e biosabores à partir de microrganismos.

Dessa seleção de trabalhos foi possível estabelecer alguns tópicos de discussão para pautar essa revisão, como: 1) O aroma na escolha dos alimentos; 2) Classificação e obtenção dos aromas; 3) Métodos biotecnológicos para produção de bioaromas e biosabores; 4) Aplicabilidade dos bioaromas.

Discussão

O aroma na escolha dos alimentos

Segundo Jean Anthelme Brillat-Savarin, gastrônomo francês do século XIX, “o criador, ao fazer o homem comer para sobreviver, o persuadiu pelo apetite e recompensou-o com o prazer”, o que demonstra que o papel dos alimentos vai além do aspecto nutricional, levando a sensação de prazer, aliviando o humor e promovendo bem-estar com seu aroma, aparência e sabor, impactando na percepção de recompensa.⁵

Nosso cérebro apresenta inúmeras funções, dentre elas, é capaz de associar o olfato e paladar à sensações e emoções através de aromas e sabores que remetem experiências iniciadas desde a infância. Em estudo realizado na cidade de São Francisco (Estados Unidos) por Paul Breslin, foi possível observar através de experimentação a influência do aroma e do sabor na percepção sensorial de um alimento. Para isso, o estudo se baseou na administração de benzaldeído, um composto orgânico usado como aromatizante artificial que oferece o aroma característico de ameixas e cerejas. Ao adicionar sacarose a esse composto foi possível perceber que ao ser inalado de maneira isolada, o benzaldeído não foi capaz de despertar a associação do aroma de forma significativa e esperada. Por outro lado, quando administrado junto à sacarose os sujeitos da pesquisa foram capazes de associar o aroma e o sabor de ameixa e cereja.⁶

Em outro estudo, foi possível observar que uma mesma substância presente em chicletes, bebidas e balas, responsável por oferecer aroma e sabor muito apreciado por consumidores nos Estados Unidos, ao ser oferecido à pessoas de países Europeus, essa mesma substância apresentou certa rejeição, pois seus consumidores associavam seu sabor com medicamentos e pomadas.⁶ Isso acontece pois os mamíferos de modo geral determinam quando um alimento ou medicamento é agradável ao paladar a partir da maneira como essas substâncias são apresentadas a eles e de suas propriedades físico-químicas que despertam diferentes tipos de associações em sua ingestão, gerando uma memória gustativa.^{6, 7}

Desse modo, a indústria denota interesse em se atentar à essas características organolépticas que um produto apresenta e as sensações que isso desperta em seus consumidores, influenciando no sucesso de sua comercialização e na aceitação pelo público-alvo, uma vez que essas características podem ser utilizadas não apenas para produtos comestíveis, mas também para atrair atenção à produtos domésticos, perfumes e cosméticos.^{5, 7}

Classificação e obtenção dos aromas

Os aromas são substâncias químicas ou mistura de substâncias que possuem características organolépticas capazes de conferir ou intensificar os sabores dos alimentos.^{3, 8}

Essas substâncias são representadas por uma classe de compostos químicos voláteis como hidrocarbonetos, aldeídos, álcoois, ácidos, cetonas, terpenos, ésteres e lactonas, podendo ser obtidos de forma natural, artificial, assim como por processos biotecnológicos. Sua participação nos alimentos, desde o processamento, armazenamento e embalagem é relevante pela sua capacidade de alterar suas propriedades e influenciar no interesse do consumidor, tornando o alimento mais agradável ao paladar.^{3,5,9}

Os aromas são moléculas de caráter hidrofóbico, sem propriedades nutricionais, com baixo peso molecular, de modo que já foram identificados cerca de mais de 12 mil compostos voláteis, com os mais diversos patamares de detecção sensorial em alimentos. À partir destes conhecimentos, existe um conjunto de aromas quase infinitos que podem ser formados utilizando todos estes compostos químicos. Ao observar alguns produtos como o café, vinho e a cerveja, é possível notar a grande quantidade de aromas que podem ser criados. Tendo em vista que qualquer um desses produtos necessita de uma combinação de cerca de mais de mil compostos voláteis ao mesmo tempo para caracterizar o aroma desejado destes produtos.^{1,10}

A obtenção dos aromas parte de três métodos de extração que são definidos como fontes naturais, sintéticas e bioaromas. O primeiro, através do método convencional, representa a extração direta de recursos naturais por um processo físico (como destilação, sublimação, extração, prensagem e filtração) à partir de óleos aromáticos presentes em plantas.^{5,11} Esse método apresenta dependência de características climáticas, sociais, ecológicas, aspectos políticos, sazonalidade, baixos rendimentos e altos custos.^{1,3,8,11}

O segundo método retrata compostos adquiridos por processamentos químicos à partir do isolamento de matérias-primas aromáticas de fonte vegetal, o que define o produto como idêntico ao natural, podendo também ser produzidos sinteticamente e assim classificados como artificial, sendo a produção do aroma oriunda de compostos químicos que ainda não são encontrados naturalmente na natureza. Nesse caso, apesar dessa rota oferecer um rendimento satisfatório, ingredientes mais baratos quando comparado aos recursos naturais, há desvantagens quanto à percepção na variação das propriedades físico-químicas esperadas, a falta de avaliação da segurança dos produtos químicos gerados e, por ser definido como algo artificial, isso acaba levando à diminuição do interesse do consumidor por esses produtos.^{1,5,8,11}

O terceiro mecanismo é o bioaroma cuja obtenção pode ser classificada como natural, porém extraídos através da via biotecnológica, opção que se fundamenta em bioprocessos enzimáticos ou microbiológicos, podendo dessa forma ser definido como natural.^{1,3,11}

Dos 300 tipos de compostos aromáticos disponíveis para comercialização, somente 30% são provenientes de processos biotecnológicos.⁴ Estudos apontam que esse cenário está em constante mudança por conta das vantagens desse mecanismo e que o provável impacto dessa reduzida porcentagem até então seja pautada nos tipos de abordagens utilizadas que demandam a escolha do tipo de meio de cultivo, o microrganismo adequado, concentração do substrato, planejamento do processamento (agitação, temperatura) e a formulação do produto.^{1,3,5,8,11}

Métodos biotecnológicos para produção de bioaromas e biossabores

Os bioaromas representam a melhor alternativa para se obter aromas naturais de forma ecológica e sustentável. Sua tecnologia inovadora e alternativa pode ser aplicada não só para a produção de alimentos, mas também fragrâncias e produtos farmacêuticos de modo que podem ser produzidos pela ação microbiana e enzimática, sendo vistos como algo positivo capaz de influenciar o aspecto sensorial de um produto por representar mecanismos que não exigem substratos caros, necessitando apenas de condições controladas e clima ameno, se atentando às características específicas do composto desejado, o que pode garantir sua obtenção ao longo de todo o ano sem que haja geração de resíduos tóxicos ao meio ambiente e sem se preocupar com a instabilidade sociopolítica.^{3,5,9,12,13}

A obtenção desses aromas se fundamenta em três tipos de abordagens: bioconversão (biotransformação) microbiana e enzimática (biocatalisadores), síntese do novo (fermentação microbiana) e cultura de tecidos ou células vegetais, sendo a biotransformação e a fermentação microbiana bastante aplicadas.^{3,5,12,13}

Métodos enzimáticos

As enzimas possuem importante função biológica de catalisar, ou seja, de acelerar reações químicas sem formação de subprodutos e sem que seja consumida. Elas podem ser extraídas de plantas, animais e microrganismos, sendo representadas pelas proteases, glicosidases, lipases etc. Na área industrial, as enzimas microbianas representam significativa parcela, possuindo capacidade de produzir compostos aromáticos através de hidrólise e assim obter produtividade maior que a própria extração direta. Suas vantagens frente às células animais e vegetais incluem o seu alto rendimento, crescimento rápido, fácil manipulação e estabilidade maior. O uso dessas enzimas no setor alimentício se estabeleceu por volta de 1874 por Christian Hansen através da extração de renina do estômago de bezerros com a finalidade de produzir queijo.^{5,8}

As enzimas microbianas podem ser utilizadas para liberar bioaromas ou precursores de agroséduos ideais para que possam ser aproveitados por microrganismos posteriormente no processo de biotransformação e gerar os compostos de aromas desejados. Essas enzimas englobam as lipases, proteases e esterases.⁹

As lipases ganham destaque na aplicabilidade industrial, por catalisar esterificação de ácidos carboxílicos e álcoois amparando a produção biotecnológica de ésteres aromáticos por microrganismos como *Candida sp*, *Aspergillus sp*, *Mucor miehei*, *Penicillium roqueforti*, *Staphylococcus epidermidis* e *Bacillus subtilis*. As lipases provenientes de *Staphylococcus epidermidis*, inclusive já foram relatadas em síntese de ésteres de fumo. Contudo, as dificuldades no isolamento e purificação dessas enzimas assim como a solubilidade dos reagentes em relação as moléculas representam desvantagens para a realização desses processos.^{5,8}

As proteases são responsáveis por hidrolisar proteínas em peptídeos. Sua ação enzimática é capaz de gerar pirazina e álcoois por reação de Maillard cujas espécies de *Lactobacillus* podem ser utilizadas para a degradação da caseína do leite e contribuir para a geração do aroma de queijos.⁹

Algumas esterases estão envolvidas na maturação de queijos por microrganismos, enquanto as carboxilesterases representam importante aplicação desse tipo de enzima ao liberar ácido ferúlico, precursor da vanilina, presente nos vegetais pela ação de microrganismos como *Aspergillus sp*, *Lactobacillus sp*, *Streptomyces sp*, *Pseudomonas sp*.⁹

Métodos de abordagem microbianas

Biotransformação e síntese do novo são rotas econômicas e ecológicas baseadas em bioconversão e fermentação microbiana para promover a síntese de aromas e sabores naturais. Essas abordagens visam isolar microrganismos selecionados previamente pelas suas propriedades específicas capazes de produzir aromas, ou ainda utilizar microrganismos geneticamente modificados por engenharia genética para melhorar o rendimento aromático.^{5,9,13}

O uso de microrganismos geneticamente modificados para produção de bioaromas recebeu destaque quando microrganismos como *Saccharomyces cerevisiae* fermentadores de açúcares foram utilizados para sanar o problema da escassez na colheita de um óleo essencial aromático oriundo de *Pogostemon cablin* na Indonésia que fora prejudicada pela chuva na região. O gene responsável por caracterizar o aroma dessa planta fora clonado e posteriormente expresso em *Saccharomyces cerevisiae* ou em *Escherichia coli* produzindo cepas recombinantes capazes de produzir o aroma desejado.⁵

A síntese de bioaromas à partir da "síntese do novo" significa síntese do início, ou seja, do zero.¹ É aplicada desde a antiguidade por conferir sabor aos alimentos fermentados que englobam cervejas, queijo, vinho, iogurte, salsichas, kefir etc.¹² Esse mecanismo requer microrganismos que utilizem carboidratos (sacarose e glicose), proteínas (aminoácidos) e gorduras (ácidos graxos) como substratos para produzir metabolitos secundários à partir da fermentação microbiológica, ou seja, utiliza vias metabólicas para produzir moléculas complexas a partir de moléculas simples.^{3,5} Tal mecanismo foi relatado pela ação de *Pseudomonas aeruginosa*,

capaz de formar compostos de fósforos à partir de compostos de nitrogênios ou carbono gerando 2-aminoacetofenoma, um composto de aroma adquirido pela síntese “do novo”.⁵ Outras espécies de *Pseudomonas* como *Pseudomonas jragi*, *nobilis*, *odurs* e *esterificiens* também foram relatadas com potencial para esse tipo de produção.^{3,5,13} Outras aplicações incluem a produção de terpenos como linalol, citronelol, geraniol por *Kluyveromyces lactis* e *Ceratocystis* e lactonas como 6-pentil alfa-pirona para obter aroma de coco pela ação de *Trichoderma harzianum*.¹⁰

Esse processo à partir da “síntese do novo” apresenta algumas limitações, tais como, produção de baixas concentrações de aromas, uso de precursores que podem acabar inibindo a produção de novas cepas, assim como uma sensibilidade diante do microrganismos geneticamente modificado se tornando incompatível industrialmente, pois acabam gerando apenas uma pequena parcela de aromas, o que torna o processo economicamente impraticável.⁵

Com relação ao processo de biotransformação/bioconversão, engloba diversas reações bioquímicas como reações hidrolíticas, oxidação e redução catalisados por enzimas (oxidoredutases, transferases e hidrolíticas) de microrganismos, ou células microbianas (bactérias, fungos filamentosos e leveduras) com a finalidade de produzir aromas em culturas microbianas por alterações em moléculas funcionais cujo processo varia de uma (biotransformação) a várias etapas químicas (bioconversão).^{3,5,13,9,12}

Os aminoácidos, ácidos graxos e terpenos, são os precursores favoritos para a síntese de aroma por biotransformação/bioconversão, tendo como exemplo clássico, a produção de vanilina à partir do ácido ferúlico por *Aspergillus niger* e *Pycnoporus cinnabarinus* e de γ -decalactona por leveduras como *Candida tropicalis*, *Sporobolomyces odoratus* e *Yarrowia lipolytica* em óleo de mamona.¹²

Diferente da síntese do novo, a biotransformação e bioconversão apresentam um rendimento maior, por englobar inúmeros precursores facilmente disponíveis e relativamente baratos, favorecendo a produção de aromas de maneira mais econômica com técnicas cada vez mais exploradas, gerando grandes expectativas para o futuro no processo industrial.^{3,5,9,12,13}

A produção de compostos aromáticos à partir de microrganismos tanto pela fermentação quanto pela bioconversão podem gerar aromas relacionados à distintos grupos, como terpenos, ésteres, cetonas, lactonas e aldeídos.^{5,12}

Aplicabilidade dos bioaromas

Estudo realizado no ano de 2019 relatou que no mercado global, os aromas representavam mais de um quarto dos aditivos alimentares, o equivalente a sete bilhões de dólares por ano voltado ao mercado aromático, com expectativa de crescimento de aproximadamente 4,5% nos próximos anos.³

Diante do levantamento de dados sobre os aspectos econômicos envolvidos aos bioaromas, é possível observar que quando esses aromas apresentavam valor acima de duzentos dólares por quilograma no mercado, sua produção se tornava atraente e econômica, porém quando esse valor foi menor inviabilizava a obtenção por bioprocessos, o que correlaciona a vantagem ou desvantagem dos compostos de bioaromas com o respectivo valor de mercado.¹⁰

Dentre os compostos aromáticos mais apreciados no mundo temos como exemplo a vanilina, um composto molecular utilizado em diversos setores industriais que fornece o aroma característico da baunilha, obtida através da extração de uma planta denominada *Vanilla planifolia* e demonstra muito bem o cenário das dificuldades em sua obtenção, visto que a extração da vanilina à partir da vagem da orquídea *Vanilla planifolia* é considerada muito trabalhosa e de alto custo, o que a torna incompatível com a demanda industrial global, já que representa somente 50 toneladas por ano com preços de U\$ 1.200 à U\$ 4.000, enquanto a vanilina sintética é de 12 mil toneladas por ano com o valor de U\$ 15 e a biovanilina, representada por 5 mil toneladas ao ano pelo preço de U\$ 1.000.^{3,14,15}

A vanilina sintética, obtida por guaiacol, licor de sulfeto e ácido glioxílico por descarboxilação, condensação e oxidação, apesar de ser a prevalente no mercado por render mais e ser mais barato, não é a mais apreciada pelo consumidor.^{9,12} Com isso, a aplicabilidade biotecnológica de biovanilina com o intuito de torná-la emergente à produção industrial vem sendo mais apreciada atualmente.^{3,9,10,13}

O principal mecanismo está relacionado com a bioconversão de ácido ferúlico (presente na parede celular de substratos agroindustriais como cana de açúcar e arroz) que atua como precursor para produzir a vanilina por bactérias ou reações enzimáticas.^{3,13} Para isso, o ácido ferúlico deve ser liberado dos agrosólidos lignocelulósicos por tratamento químico ou processo enzimático. Esse mecanismo pôde ser analisado através de microrganismos como *Rhodococcus sp*, *Corynebacterium glutamicum*, *Saccharomyces cerevisiae* e *Actinomicetos sp*. Além desses, outros foram geneticamente modificados para gerar melhores fontes de vanilina como *Pseudomonas resinovorans*, *Streptomyces setonii*, *Phanerochaete chrysosporium* e *Amycolaptosis sp* de modo que este último foi capaz de produzir a maior quantidade de vanilina pelo mecanismo de bioconversão com um rendimento de 11,5g/L equivalente a uma porcentagem de 77,8% em 32 horas.^{3,9,10,13}

A biotransformação do ácido ferúlico para formar biovanilina pode oferecer um grande rendimento capaz de apresentar um valor de quatro a cinco vezes maior que a vanilina sintética, sendo a alternativa mais apreciada pela preferência dos consumidores por produtos rotulados como sustentáveis e naturais que remetem a ideia de serem mais seguros e saudáveis, o que economicamente favorece as vendas confrontando seus equivalentes sintéticos.^{10,13}

Conclusão

A partir deste trabalho foi possível concluir que dentre os diferentes mecanismos de obtenção de aromas, o bioaroma produzido por via biotecnológica representa uma importante alternativa quando comparado com a baixa quantidade produzida pela extração tradicional, e da desvalorização de mercado existente no aroma sintético. Os bioaromas são capazes de reaproveitar resíduos agroindustriais normalmente descartados, como subprodutos utilizados pelos microrganismos por também serem uma forma natural de extração. Além disso, o bioaroma não sofre influência da sazonalidade e é capaz de ser mais lucrativo para os produtores, podendo chegar a valores próximos ao aroma tradicional e cinco vezes maior que aroma artificial.

Dentre os diferentes mecanismos de produção de bioaroma, a biotransformação apresenta maiores vantagens em comparação à síntese do novo, incluindo maior rendimento, estabilidade dos microrganismos e da reação. É um método mais econômico por utilizar substratos mais acessíveis e baratos, e tem sido o método mais explorado por pesquisas.

Por ser um método específico, para produção do bioaroma são necessárias mão de obra especializada e fermentas adequadas para o processo, o que pode gerar elevado custo de produção, podendo inviabilizar a sua relação custo-benefício quando comparado à outros métodos. Com base neste estudo, faz-se necessário maiores estudos e incentivo nesta área para aprimoramento das técnicas de extração biotecnológica e para o desenvolvimento dos bioaromas em escala industrial.

Referências

1. Felipe LO. Isolamento e seleção de micro-organismos produtores de bioaromas por biotransformação de terpenos [dissertação]. Ouro Branco: Universidade Federal de São João Del-Rei; 2015.
2. Bruno AN. Biotecnologia I: Princípios e métodos. Porto Alegre: Artmed; 2014.
3. Pereira GVM, Medeiro ABP, Camara MC, Magalhães Júnior AI, Carvalho Neto DP. Production and recovery of bioaromas synthesized by microorganisms. In: Galanakis CM. The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2019. p. 315-38.

4. Pomari SIS, Calla AC, Aliaga MTA, Melgar CFC. Produção de ésteres voláteis através da tecnologia de fermentação usando resíduos cítricos. Rev Ciênc Farm Bioq (Internet). 2016 [acesso 20 mar 2021];4(2):83-91. Disponível em: http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S231002652016000200008&lng=es.

5. Venkatramanan V, Shah S, Prasad R. Sustainable bioeconomy: pathways to sustainable development goals. 1st ed. Singapura: Springer Nature Singapore; 2021.

6. Ishizaka ML. A Influência da memória gustativa na formação do cozinheiro profissional [Monografia]. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina; 2019.

7. Barros CN. Determinação da aceitabilidade entre os aromatisantes de banana e menta para equinos [Dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; 2018.

8. Alves JS. Síntese de ésteres de aromas catalisada por lipase de candida antarctica imobilizada em partículas core-shell ps-co-dvb/ps-co-dvb [Monografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2016.

9. Sharma A, Sharma P, Singh J, Singh S, Nain L. Prospecting the Potential of Agroresidues as Substrate for Microbial Flavor Production. Front Sustain Food Syst. 2020; 4(18): 1-11. Doi; 10.3389/sufs.20.20.00018.

10. Araujo KB. Avaliação de potencial biotecnológico da farinha de casca de mandioca na obtenção de acetato de etila com o microorganismo *Ceratocystis fimbriata* [Tese]. São Cristóvão-SE: Universidade Federal de Sergipe; 2016.

11. Vasconcelos MS. Obtenção de vanilina por via microbiana [tese]. Curitiba: Pós-Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná; 2014.

12. Hosoglu MI, Gunecer O, Yuceer YK. Different Bioengineering Approaches on Production of Bioflavor Compounds. In: Grumezescu AM, Holban AM. Role of Materials Science in Food Bioengineering. 1st. New York: Academic Press; 2018. p. 37-71.

13. Bicas JL, Silva JC, Dionísio AP, Pastore GM. Produção biotecnológica de bioaromas e açúcares funcionais. Ciênc Tecnol Aliment 2010;30(1): 7-18.

14. Banerjee G; Chattopadhyay P. Vanillin biotechnology: the perspectives and future. J Sci food Agric. 2019;99(2):499-506. Doi: 10.1002/jsfa.9303.

15. Gallage NJ, Møller BL. Vanillin: bioconversion and bioengineering of the most popular plant flavor and its de novo biosynthesis in the vanilla orchid. Mol Plant 2015;8(1):40-57. Doi: 10.1016/j.molp.2014.11.008.

Endereço para correspondência:

Tatiana Elias Colombo
Avenida Juscelino K. de Oliveira, s/nº – Jardim Tarrá II
São José do Rio Preto-SP, CEP 15092-415
Brasil

E-mail: taty_ec@hotmail.com

Recebido em 5 de janeiro de 2022.
Aceito em 14 de junho de 2022.