



## PRODUÇÃO MICROBIANA DE AROMAS NATURAIS: AVANÇOS, DESAFIOS E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

### *MICROBIAL PRODUCTION OF NATURAL FLAVORS: ADVANCES, CHALLENGES, AND APPLICATIONS IN THE FOOD INDUSTRY*

### *PRODUCCIÓN MICROBIANA DE AROMAS NATURALES: AVANCES, DESAFÍOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*

DOI: 10.5281/zenodo.20620463



*Kauê de Oliveira Santos<sup>1</sup>*

*Ana Zélia Silva<sup>2</sup>*

*Adriana Silva do Nascimento<sup>3</sup>*

*Cristiane Rêgo Oliveira<sup>4</sup>*

*Maria do Livramento de Paula<sup>5</sup>*

---

1 Bacharel em Farmácia. Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6169008952691530>. ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-6033-1573>. E-mail: [kaue.oliveira@discente.ufma.br](mailto:kaue.oliveira@discente.ufma.br)

2 Doutora em Agronomia e Docente da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2427284277550254>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6565-2868>. E-mail: [ana.zs@ufma.br](mailto:ana.zs@ufma.br)

3 Doutora em Química e química no Instituto Federal do Maranhão - IFMA.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2680506977929022>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2959-7069>. E-mail: [adriananascimento@ifma.edu](mailto:adriananascimento@ifma.edu)

4 Doutora em Agronomia e Docente da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0560741020782992>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1740-694X>. E-mail: [cristiane.rego@ufma.br](mailto:cristiane.rego@ufma.br)

5 Doutora em Ciência dos Alimentos e Docente da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/04001430023106260>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9552-3693>. E-mail: [maria.paula@ufma.br](mailto:maria.paula@ufma.br)

**Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social**

***A Revista OWL Journal está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)***





Cairo César Braga de Sousa<sup>6</sup>  
Wellington Jorge Farias de Oliveira<sup>7</sup>

## RESUMO

A crescente demanda por ingredientes naturais e sustentáveis tem impulsionado a substituição de aromatizantes sintéticos na indústria de alimentos, estimulando o desenvolvimento de alternativas biotecnológicas. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a produção microbiana de compostos aromáticos naturais, com ênfase nos avanços tecnológicos, nos principais grupos microbianos envolvidos, nos substratos utilizados e em suas aplicações industriais. O estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e sistematizada, realizada nas bases de dados CAPES, SciELO, PubMed, Google Acadêmico e Web of Science, abrangendo publicações entre os anos de 1977 e 2025. Os resultados demonstraram que fungos filamentosos, leveduras e bactérias apresentam elevado potencial biossintético para a produção de compostos voláteis, como ésteres, álcoois, lactonas, aldeídos e terpenos, amplamente empregados como aromatizantes naturais na indústria alimentícia. Dentre as estratégias produtivas, destacaram-se os processos fermentativos, especialmente a fermentação em estado sólido, devido à elevada eficiência produtiva, menor consumo de água e possibilidade de aproveitamento de resíduos agroindustriais como substratos de baixo custo. Entretanto, desafios relacionados à escalabilidade dos processos fermentativos, recuperação e purificação dos compostos aromáticos e exigências regulatórias ainda limitam sua aplicação industrial em larga escala. Conclui-se que a produção microbiana de aromas naturais representa uma alternativa promissora e sustentável, alinhada às demandas contemporâneas da indústria de alimentos, embora ainda sejam necessários avanços tecnológicos para ampliar sua viabilidade industrial.

**Palavras-chave:** Aromas naturais; Biotecnologia; Fermentação; Microrganismos; Indústria de alimentos.

## ABSTRACT

The growing demand for natural and sustainable ingredients has driven the replacement of synthetic flavorings in the food industry, stimulating the development of biotechnological alternatives. In this context, the present study aimed to analyze the microbial production of natural aromatic compounds, with emphasis on technological advances, the main microbial groups involved, the substrates used, and their industrial applications. The study is characterized as a qualitative and systematic literature review, carried out in the CAPES, SciELO, PubMed, Google Scholar, and Web of Science databases, covering publications between 1977 and 2025. The results demonstrated that filamentous fungi, yeasts, and bacteria have high biosynthetic potential for the production of volatile compounds, such as esters, alcohols, lactones, aldehydes, and terpenes, widely used as natural flavorings in the food industry.

6 Doutor em Psicologia e Docente da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5497195462432937>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3507-0263>.

7 Bacharel em Farmácia e mestrando em Saúde- UFMA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/158848441340436531>. ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9576-4399>. E-mail: [wj\\_farias@yahoo.com.br](mailto:wj_farias@yahoo.com.br)

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

**A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)**





Among the production strategies, fermentative processes stood out, especially solid-state fermentation, due to their high production efficiency, lower water consumption, and the possibility of using agro-industrial waste as low-cost substrates. However, challenges related to the scalability of fermentative processes, recovery and purification of aromatic compounds, and regulatory requirements still limit their large-scale industrial application. It is concluded that the microbial production of natural aromas represents a promising and sustainable alternative, aligned with the contemporary demands of the food industry, although technological advances are still needed to expand its industrial viability.

**Keywords:** Natural flavors; Biotechnology; Fermentation; Microorganisms; Food industry.

## RESUMEN

La creciente demanda de ingredientes naturales y sostenibles ha impulsado la sustitución de aromatizantes sintéticos en la industria alimentaria, estimulando el desarrollo de alternativas biotecnológicas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la producción microbiana de compuestos aromáticos naturales, con énfasis en los avances tecnológicos, los principales grupos microbianos involucrados, los sustratos utilizados y sus aplicaciones industriales. El estudio se caracteriza por ser una revisión bibliográfica cualitativa y sistemática, realizada en las bases de datos CAPES, SciELO, PubMed, Google Scholar y Web of Science, abarcando publicaciones entre 1977 y 2025. Los resultados demostraron que los hongos filamentosos, las levaduras y las bacterias poseen un alto potencial biosintético para la producción de compuestos volátiles, como ésteres, alcoholes, lactonas, aldehídos y terpenos, ampliamente utilizados como aromatizantes naturales en la industria alimentaria. Entre las estrategias de producción, destacaron los procesos fermentativos, especialmente la fermentación en estado sólido, debido a su alta eficiencia de producción, menor consumo de agua y la posibilidad de utilizar residuos agroindustriales como sustratos de bajo costo. Sin embargo, los desafíos relacionados con la escalabilidad de los procesos fermentativos, la recuperación y purificación de compuestos aromáticos y los requisitos normativos aún limitan su aplicación industrial a gran escala. Se concluye que la producción microbiana de aromas naturales representa una alternativa prometedora y sostenible, acorde con las demandas actuales de la industria alimentaria, si bien aún se requieren avances tecnológicos para ampliar su viabilidad industrial.

**Palabras clave:** Aromas naturales; Biotecnología; Fermentación; Microorganismos; Industria alimentaria.

## 1. INTRODUÇÃO

Os compostos de aroma desempenham papel fundamental na percepção sensorial dos alimentos, influenciando diretamente a aceitação do consumidor e a qualidade percebida dos produtos alimentícios (CADWALLADER, 2018). Esses compostos são, em sua maioria,

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)





substâncias voláteis resultantes de complexas interações químicas e bioquímicas, podendo ser obtidos por síntese química ou por fontes naturais, incluindo plantas, animais e microrganismos (VERMA *et al.*, 2022).

Nas últimas décadas, foi observado um crescimento expressivo na demanda por alimentos mais saudáveis, seguros e sustentáveis, aliado a mudanças no comportamento do consumidor e maior conscientização sobre os impactos dos aditivos artificiais à saúde (MURLEY; CHAMBERS, 2019). Alguns estudos sugerem que o consumo excessivo de determinados compostos sintéticos pode estar associado a efeitos adversos à saúde, incluindo alterações metabólicas e reações tóxicas, contribuindo para o aumento da procura por alternativas naturais. De acordo com a Resolução RDC nº 2/2007 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), aromas naturais são definidos como substâncias obtidas exclusivamente por processos físicos, microbiológicos ou enzimáticos a partir de matérias-primas naturais. Nesse cenário, a biotecnologia emerge como uma abordagem estratégica para a produção de compostos aromáticos naturais, especialmente por meio do uso de microrganismos.

Fungos, leveduras e bactérias apresentam elevada versatilidade metabólica, sendo capazes de converter substratos simples em uma ampla variedade de compostos aromáticos, como ésteres, álcoois, cetonas, aldeídos, lactonas e terpenos, que conferem notas frutais, florais, cítricas e lácteas aos alimentos (CHEN *et al.*, 2023; PAULINO *et al.*, 2021). Esses processos ocorrem por vias metabólicas específicas, como a via de Ehrlich e a via do ácido cítrico, responsáveis pela formação de compostos de alto valor sensorial.

Além disso, a produção biotecnológica de aromas apresenta vantagens significativas em relação aos métodos convencionais, incluindo menor impacto ambiental, uso de matérias-primas renováveis e possibilidade de obtenção de compostos classificados como “naturais” pelas legislações vigentes (NAVIGLIO *et al.*, 2022). A utilização de resíduos agroindustriais como substratos fermentativos reforça ainda mais o caráter sustentável desses processos,





promovendo a valorização de subprodutos e a redução de resíduos (LINDSAY *et al.*, 2022; MELINI, 2024).

Dentre os processos utilizados, podemos destacar a fermentação em estado sólido e a fermentação submersa, que permitem a produção eficiente de metabólitos secundários responsáveis pelos aromas (NASCIMENTO *et al.*, 2024; CHEN *et al.*, 2023). Entretanto, apesar dos avanços científicos e tecnológicos, a aplicação industrial desses processos ainda enfrenta desafios relacionados à escalabilidade, padronização e viabilidade econômica (LUKIN *et al.*, 2022).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura acerca da produção de aromas naturais por microrganismos, abordando os principais microrganismos envolvidos, os processos biotecnológicos empregados e suas aplicações na indústria de alimentos, bem como os desafios e perspectivas futuras dessa área.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de aromas evoluiu significativamente ao longo dos anos, especialmente com o avanço da biotecnologia aplicada à indústria de alimentos. Inicialmente, os aromas eram obtidos principalmente por extração vegetal ou síntese química, métodos que revolucionaram o setor ao oferecer compostos mais acessíveis, estáveis e duradouros. Entretanto, esses processos apresentam limitações relacionadas ao elevado custo de produção, baixa disponibilidade de matérias-primas naturais, sazonalidade agrícola, instabilidade dos compostos e formação de resíduos químicos (ANDRADE *et al.*, 2022; BAUER *et al.*, 1992).

Nas últimas décadas, observou-se um aumento expressivo no interesse por aromas naturais, impulsionado pela crescente demanda dos consumidores por produtos saudáveis, sustentáveis e com rotulagem limpa (“clean label”) (MURLEY; CHAMBERS, 2019; MELINI; MELINI, 2024). Nesse contexto, a biotecnologia microbiana tem se consolidado como uma alternativa promissora para a produção de compostos aromáticos naturais,





especialmente por meio de processos fermentativos e biotransformações enzimáticas (ZARA; FAN, 2023).

Os aromas naturais desempenham papel fundamental na aceitação sensorial dos alimentos, influenciando diretamente a percepção de qualidade e a decisão de compra dos consumidores. A fermentação microbiana permite a obtenção de compostos aromáticos com alta especificidade sensorial, menor impacto ambiental e maior viabilidade econômica quando comparada aos métodos convencionais (RAVASIO *et al.*, 2021). Microrganismos como leveduras, fungos filamentosos e bactérias possuem capacidade metabólica para sintetizar compostos voláteis como ésteres, álcoois, aldeídos, cetonas, lactonas e terpenos, responsáveis por notas frutadas, florais, doces, cítricas e amanteigadas amplamente utilizadas em alimentos e bebidas (CHEN *et al.*, 2023; WANG *et al.*, 2023).

A produção microbiana de aromas apresenta vantagens importantes, entre elas a sustentabilidade do processo, a redução do impacto ambiental e a possibilidade de utilização de resíduos agroindustriais como substratos fermentativos. Cascas de frutas, farelos, tortas vegetais, bagaço de cana-de-açúcar e outros resíduos ricos em carboidratos e nutrientes têm sido amplamente utilizados como matrizes para o crescimento microbiano e síntese de compostos aromáticos, contribuindo simultaneamente para o reaproveitamento de resíduos e redução de custos industriais (MELINI; MELINI, 2024; LINDSAY *et al.*, 2022).

Entre os processos biotecnológicos empregados, destaca-se a fermentação em estado sólido (SSF – Solid-State Fermentation), considerada uma técnica eficiente para produção de metabólitos secundários, incluindo compostos aromáticos. Nesse sistema, os microrganismos crescem sobre substratos sólidos com baixa disponibilidade de água, simulando condições naturais de desenvolvimento de fungos e bactérias e favorecendo maiores rendimentos fermentativos quando comparados à fermentação submersa (SmF – Submerged Fermentation) (MARTÍNEZ *et al.*, 2018). Apesar das vantagens, a SSF ainda enfrenta desafios relacionados à perda de compostos voláteis durante a aeração, tornando necessária a implementação de





sistemas de recuperação in situ para captura e preservação dos aromas produzidos (HOFFMANN *et al.*, 2024; TRY *et al.*, 2018).

A escolha do microrganismo representa um fator determinante para o sucesso da produção de aromas naturais. Espécies dos gêneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida*, *Aspergillus*, *Lactobacillus*, *Trichoderma*, *Yarrowia* e *Pseudomonas* destacam-se pelo elevado potencial metabólico na síntese e biotransformação de compostos aromáticos (ZHAO *et al.*, 2021). Fungos do gênero *Trichoderma*, por exemplo, são capazes de produzir 6-pentil- $\alpha$ -pirona (6-PP), composto associado ao aroma característico de coco (LADEIRA *et al.*, 2010; DE ARAÚJO *et al.*, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2024).

As bactérias ácido-láticas também desempenham importante papel na formação de aromas em alimentos fermentados, sendo responsáveis pela produção de compostos como diacetil, acetaldeído e derivados do metabolismo de aminoácidos e carboidratos, fundamentais para o aroma característico de produtos lácteos e fermentados (SMID; KLEEREBEZEM, 2014).

Atualmente, estima-se que aproximadamente 80% dos compostos aromáticos utilizados pela indústria ainda sejam obtidos por síntese química, frequentemente a partir de derivados do petróleo (BRAGA; BELO, 2016). Em contrapartida, a fermentação microbiana representa uma alternativa sustentável, reduzindo a dependência de processos químicos agressivos e promovendo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais. Entretanto, a recuperação e purificação dos compostos aromáticos ainda constituem importantes gargalos tecnológicos para a aplicação industrial em larga escala, exigindo investimentos em pesquisa, inovação e escalabilidade dos processos fermentativos (TRY *et al.*, 2018).

Além dos avanços na produção fermentativa, técnicas analíticas modernas têm contribuído significativamente para a identificação e caracterização dos compostos aromáticos naturais. Entre as principais metodologias empregadas destacam-se a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), a cromatografia gasosa (CG), a espectrometria de massas e técnicas



espectroscópicas como RMN e UV-Vis, amplamente utilizadas em pesquisas envolvendo aromas naturais (FELIPE; BICAS, 2017).

Dessa forma, a produção microbiana de aromas naturais representa uma estratégia inovadora e sustentável para atender às demandas atuais da indústria de alimentos. Os avanços em fermentação industrial, engenharia metabólica, reaproveitamento de resíduos agroindustriais e técnicas analíticas demonstram o potencial dessa tecnologia para transformar os processos de obtenção de compostos aromáticos, promovendo inovação, sustentabilidade e agregação de valor aos alimentos (MELINI; MELINI, 2024; RAVASIO *et al.*, 2021).

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e sistematizada, desenvolvida a partir da análise de artigos científicos relacionados à produção microbiana de aromas naturais e suas aplicações na indústria de alimentos. As buscas foram realizadas nas bases de dados Periódicos CAPES, SciELO, Google Acadêmico, PubMed e Web of Science.

Inicialmente, foi conduzido um levantamento bibliográfico acerca da produção de aromas naturais por via microbiana, considerando que, embora existam numerosas publicações sobre aromas alimentícios, os estudos voltados especificamente à biossíntese microbiana de compostos aromáticos ainda são relativamente limitados quando comparados às pesquisas envolvendo síntese química convencional.

Para a busca dos artigos, foram utilizados os descritores em português “biotecnologia”, “aromas naturais”, “microrganismos”, “fungos” e “bactérias”, bem como seus equivalentes em inglês: biotechnology, natural flavors, microorganisms, fungi e bacteria. Os descritores foram combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, visando ampliar e refinar os resultados encontrados. O levantamento contemplou publicações no período de 1977 a





2025, resultando inicialmente em aproximadamente 200 documentos não duplicados, compostos predominantemente por artigos revisados por pares.

Posteriormente, realizou-se uma triagem dos estudos a partir da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave. Foram incluídos artigos que abordavam a produção microbiana de compostos aromáticos naturais, identificação de fungos e bactérias produtores de aromas, compostos voláteis produzidos, métodos fermentativos, técnicas de extração e análise, bem como aplicações industriais na área de alimentos. Trabalhos repetidos, incompletos, indisponíveis na íntegra ou que não apresentavam relação direta com os objetivos da pesquisa foram excluídos. Após essa etapa, 43 artigos foram selecionados para compor a revisão bibliográfica principal.

Foi realizada também uma segunda busca bibliográfica com o objetivo de investigar alternativas sustentáveis para a produção de aromas naturais utilizando resíduos agroindustriais como substratos fermentativos. Para essa etapa, foram empregados os descritores “aroma”, “fermentação”, “resíduos” e “agroindustrial”, abrangendo publicações entre os anos de 1990 e 2025. Na base Periódicos CAPES, foram identificadas inicialmente 182 publicações. Ao incluir o termo “agroindustrial”, o número de trabalhos encontrados foi reduzido para 12 publicações.

Considerando a limitação de estudos específicos sobre o uso de resíduos agroindustriais na bioprodução de aromas naturais, optou-se pela leitura integral dos resumos provenientes da busca mais ampla, permitindo maior abrangência de informações relevantes. Após a realização dessa triagem complementar, foram selecionados 18 artigos considerados de maior relevância científica para discussão do tema.

A análise qualitativa dos estudos selecionados foi realizada por meio de leitura crítica e interpretativa, buscando identificar informações relacionadas aos microrganismos empregados, substratos utilizados, compostos aromáticos produzidos, condições fermentativas, técnicas analíticas aplicadas e potenciais aplicações industriais dos bioaromas na indústria alimentícia.





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diversidade metabólica dos microrganismos e o avanço das técnicas fermentativas, tornaram a bioprodução de aroma um campo bastante promissor, implicando em uma constante expansão. Alguns tipos de fungos e bactérias, constituem um grande grupo capaz de converter materiais orgânicos em metabólitos secundários, inclusive aromas naturais.

Existe na natureza, de forma abundante, um grupo especial de microrganismos “produtores de aroma” que lembram aroma de frutas, como: morango, abacaxi, maçã, pêra, melão e, também de outros produtos como queijos, leite, etc., diferenciados pela concentração de substâncias aromáticas (Omeliński, 1992).

Durante a pesquisa, foi observado maior quantidade de publicações referentes a compostos de aromas produzidos por fungos, um total de 18 artigos e também uma variedade de aromas frutais. Tal fato pode ser justificado pois o espectro de componentes voláteis produzidos por eles, é o que mais se aproxima da grande variedade e complexidade de aromas identificados em plantas (KRINGS; BERGER, 1998).

De acordo com Molina *et al.*, (2013), várias espécies de fungos *Penicillium spp.* já foram identificadas, como capazes de bioconverter monoterpenos em compostos aromáticos com notas frutadas e florais. Aromas florais em combinação com notas frutais também se tornaram interessantes, uma vez que resultam em variedades aromáticas formando uma subcategoria denominada floral-frutado presente em vários frutos. Fungos *Aspergillus niger* produziram o 2-feniletanol (2-PE), um composto com aroma semelhante a rosas (ETSCHMANN *et al.*, 2014).

Os fungos *Streptomyces setonii* (CONVERTI *et al.*, 2010); *Streptomyces sp.* produziram aroma de vanilina (XU *et al.*, 2009). *Bacillus subtilis* produziu a Acetoína, um aroma amanteigado (ROY; GAHLAWAT, 2019). *Simplicillium coffeanum*, fungo endofítico, produziu compostos orgânicos voláteis com propriedades antimicrobianas e aromas bastante distintos (GOMES *et al.*, 2018), como é o caso das trufas, conhecidas por aromas terrosos,





resultado da produção de diversos compostos voláteis pelos fungos *Tuber spp.* (BALIVO *et al.*, 2024).

O *Ceratocystis fimbriata* produziu uma variedade de aromas frutados, especialmente quando cultivado em substratos como a polpa cítrica (ROSSI *et al.*, 2009). *Geotrichum candidum*, isolado de sedimentos marinhos, sintetiza aromas semelhantes ao de melão (AKITOSHI SUTANI *et al.*, 2015).

As espécies *T. atroviride* e *T. harzianum* produzem a 6-pentil- $\alpha$ -pirona (NASCIMENTO *et al.*, 2024); fungos do gênero *Neurospora* produziu aroma de abacaxi e morango (CARVALHO, 2011); *Ceratocystis fimbriata* produziu aroma de banana (SOARES *et al.*, 2000); aroma de maçã produzido por *Saccharomyces cerevisiae* (CHEN *et al.*, 2023). A *Nocardia iowensis* produziu também a vanilina (aroma de baunilha) (CARROLL *et al.* 2016).

A  $\gamma$ -decalactona, com aroma de pêssego, foi um dos primeiros compostos aromáticos comerciais obtidos por processos biotecnológicos, através da bioconversão do ácido triglicerídeo 12-hidroxi-9-octadeceno do óleo de mamona (*Ricinus communis L.*) por *Yarrowia lipolytica* (PAULINO *et al.*, 2021), uma levedura aeróbica. Etil butanoato, etil isovalerato são produzidos por cepas de *Lactobacillus plantarum* em cultivos específicos.

A levedura *Starmerella bacillaris* é também foi capaz de sintetizar 2-feniletanol, a partir de L-fenilalanina ou glicose (ZHOU *et al.*, 2023), assim como bactéria *Acinetobacter soli* ANG344B que também produziram o 2-PE por meio da L-fenilalanina (BERNARDINO *et al.*, 2024). Bactérias lácticas frutofílicas (FLAB) foram isoladas e obtidas na fermentação de grãos de cacau. *Corynebacterium glutamicum* produziram o sesquiterpeno (+)-valenceno, um composto aromático de frutas cítricas usado para dar sabor a alimentos e bebidas (FROHWITTER *et al.*, 2014).

Entre os isolados, a *Lactobacillus plantarum* LPBF 35 destacou-se por produzir compostos aromáticos como acetaldeído, acetato de etila e ácido octanóico. Sua fermentação foi resultante da conversão rápida da frutose, que por sua vez, otimiza o metabolismo de



ácidos orgânicos, evidenciando seu potencial como cultura inicial na fermentação do cacau (VIESSER *et al.*, 2020).

Os aromas naturais mais comuns encontrados na pesquisa, podem ser verificados nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Aromas naturais produzidos por fungos

| Composto de aroma                                                       | Microrganismos                                                                                                                                           | Quantidade de publicações | Referências                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aromas frutados e lácteos</b>                                        | <i>Diversos fungos (geral)</i>                                                                                                                           | 3                         | Lindner (1889); Omelianski (1992); Krings & Berger (1998)                                                                                                              |
| <b>Notas frutais e florais</b>                                          | <i>Penicillium spp.</i>                                                                                                                                  | 1                         | Molina <i>et al.</i> , (2013)                                                                                                                                          |
| <b>2-feniletanol (rosa)</b>                                             | <i>Aspergillus niger</i> ,<br><i>Starmerella bacillaris</i>                                                                                              | 2                         | Etschmann <i>et al.</i> , (2014); Zhou <i>et al.</i> (2023)                                                                                                            |
| <b>Vanilina (aroma de baunilha)</b>                                     | <i>Streptomyces setonii</i> ,<br><i>Streptomyces sp.</i> ,<br><i>Nocardia iowensis</i>                                                                   | 3                         | Converti <i>et al.</i> , (2010); Xu <i>et al.</i> , (2009); Carroll <i>et al.</i> , (2016)                                                                             |
| <b>Aromas distintos (terrosos e voláteis)</b>                           | <i>Simplicillium coffeanum</i> ,<br><i>Tuber spp.</i>                                                                                                    | 2                         | Gomes <i>et al.</i> (2018); Balivo <i>et al.</i> , (2024)                                                                                                              |
| <b>6-pentil-<math>\alpha</math>-pirona</b>                              | <i>T. atroviride</i> , <i>T. harzianum</i>                                                                                                               | 1                         | Nascimento <i>et al.</i> , (2024)                                                                                                                                      |
| <b>Aromas frutados (abacaxi, morango, banana, maçã, melão, pêssego)</b> | <i>Neurospora spp.</i> ,<br><i>Ceratocystis fimbriata</i> ,<br><i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Yarrowia lipolytica</i> | 6                         | Carvalho (2011); Soares <i>et al.</i> , (2000); Rossi <i>et al.</i> , (2009); Chen <i>et al.</i> (2023); Sutani <i>et al.</i> , (2015); Paulino <i>et al.</i> , (2021) |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2026)





Tabela 2 – Aromas naturais produzidos por bactérias

| Composto de aroma                               | Microrganismos                         | Quantidade de publicações | Referências              |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2-feniletanol (rosa)                            | Acinetobacter soli                     | 1                         | Bernardino et al. (2024) |
| Acetoína (amanteigado)                          | Bacillus subtilis                      | 1                         | Roy & Gahlawat (2019)    |
| (+)-valenceno (cítrico)                         | Corynebacterium glutamicum             | 1                         | Frohwitter et al. (2014) |
| Acetaldeído, acetato de etila e ácido octanóico | <i>Lactobacillus plantarum</i> LPBF 35 | 1                         | Viesser et al. (2020)    |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2026)

Levando em consideração pesquisas que já observaram o potencial microbiológico dos aromas naturais, muitas delas já buscam alternativas sustentáveis e de baixo custo, pois a grande maioria dos microrganismos conseguem aumentar a produção de metabólitos secundários na presença de fontes de carbono mais biodisponíveis. As espécies *T. atroviride* e *T. harzianum*, entre outras espécies, produziram o 6-pentil- $\alpha$ -pirona, um composto com aroma característico de coco (FLORES *et al.*, 2019; DINI *et al.*, 2021), a partir da bioconversão de materiais agroindustriais. Vale destacar que a bioprodução do aroma de coco consiste no maior número de publicações quando se refere à fermentação em estado sólido produzida por fungos (Tabela 3).

Tabela 3 – Aromas naturais produzidos por bactérias

| Resíduo             | Fonte de Carbono   | Microrganismos                | Composto Produzido | Concentração              | Referências                  |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|
| Fibra de coco verde | 25% Melaço de cana | <i>Ceratocystis fimbriata</i> | Aroma frutado      | 99,60 $\mu\text{mol/L.g}$ | Rossi <i>et al.</i> , (2009) |
| Polpa cítrica +     | 25% Melaço de      | —                             |                    | —                         | Rossi <i>et al.</i> , (2009) |





|                                             |             |                               |      |            |                                                                 |
|---------------------------------------------|-------------|-------------------------------|------|------------|-----------------------------------------------------------------|
| farelo de soja                              | cana        |                               |      |            |                                                                 |
| Cascas de café                              | —           | —                             |      | —          | Hadj <i>et al.</i> , (2021);<br>Medeiros <i>et al.</i> , (2006) |
|                                             | 3% Sacarose | <i>Trichoderma harzianum</i>  | 6-PP | 5,0 mg/g   | Ramos <i>et al.</i> , (2008)                                    |
| Polpa cítrica                               |             |                               |      | 0,254 mg/g | Ladeira <i>et al.</i> , (2010)                                  |
| Bagaço de cana                              | 3% Glicose  | <i>Trichoderma spp.</i>       |      | 0,093 mg/g | Penha <i>et al.</i> , (2012)                                    |
|                                             |             | <i>Trichoderma viride</i>     |      | 85,11 µg/g | Hamrouni <i>et al.</i> , (2019)                                 |
| Videira, batata, azeitona e azeite de oliva |             | <i>Trichoderma asperellum</i> |      | 3,62 mg/g  | Fadel <i>et al.</i> , (2015)                                    |
| Mesocarpio de babaçu desengorçado           | 3% Sacarose | <i>Trichoderma harzianum</i>  |      | 3,06 mg/g  | Hamrouni <i>et al.</i> , (2020)                                 |
|                                             | 3% Glicose  |                               |      | 0,294 mg/g | Dos Anjos <i>et al.</i> , (2024)                                |
| Cascas de buriti + macaxeira                | 3% Glicose  |                               |      | 0,308 mg/g | Dos Anjos <i>et al.</i> , (2024)                                |
| Cascas de bacuri + macaxeira                | 3% Sacarose |                               |      | 0,156 mg/g | Nascimento <i>et al.</i> , (2024a)                              |
|                                             |             |                               |      | 0,202 mg/g | Nascimento <i>et al.</i> , (2024b)                              |



|                    |                              |                                |                  |             |                                |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------|--------------------------------|
| a                  |                              |                                |                  |             |                                |
| Farinha de cacto   | 10 % glicose                 | <i>Kluyveromyces marxianus</i> | Etilacetato pêra | 0,28 g/L    | Bier, <i>et al.</i> , (2019)   |
| Bagaço de mandioca | 46 % glicose e 10 mm leucina | <i>Ceratocystis fimbriata</i>  | Banana           | 8,29 mmol/L | Soares, <i>et al.</i> , (2000) |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2026)

De acordo com a tabela acima, cerca de 13 artigos tratam da adição de uma fonte de carbono mais biodisponível, como glicose e sacarose, especialmente em fermentação em estado sólido quando se utilizam resíduos agroindustriais, ricos em biocompostos complexos. A suplementação com glicose apoia o crescimento inicial dos microrganismos, entretanto vale ressaltar que altas concentrações podem levar a fenômenos de repressão catabólica (SOARES *et al.*, 2000; HADJ *et al.*, 2021).

Outros tipos de aromas alimentícios também podem ser originados por microrganismos, como é o caso dos aromas de queijo, de leite e manteiga. Fungos como *Trichoderma viride* produziram 2-heptanona sendo um composto com aroma de queijo (GERVAIS; SARRETTE, 2003). No caso, em especial das *Enterococcus faecium* (várias cepas), algumas cepas metabolizam citrato, produzindo diacetil, acetoina e 2,3 butanodiol, que contribuem também para o aroma de queijos (MARTINO *et al.*, 2016). As bactérias *Enterococcus faecium*, *E. faecalis* e *E. durans*, isoladas de queijo branco artesanal, com algumas cepas produziram diacetil (aroma de manteiga) (ALBAYRAK; DURAN, 2021).

Embora vários microrganismos apresentem aromas diferentes, especialistas veem na associação de microrganismos uma forma de melhorar a aceitabilidade dos produtos, evitando assim, o uso de aromatizantes artificiais. O fungo *Wickerhamomyces anomalus* Y3, associado com a bactéria *Lactiplantibacillus plantarum* são usados para fermentar mostarda, resultando em maior aceitabilidade. Além disso, ele é responsável pela formação de diversos tipos de aromas, como: acetato de etila (aroma semelhante a pêra), álcool fenilético, álcool

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)





isobutílico, isotiocianato, mirceno (aroma cítrico) e dissulfeto de dimetila - aroma semelhante a alho (ZHANG *et al.*, 2023).

*Bacillus velezensis* e *Bacillus siamensis* foram utilizadas para produzir proteases que hidrolisaram folhas de repolho e farelo de arroz. Os hidrolisados resultantes foram fermentados por *Corynebacterium glutamicum*. A pesquisa revelou que o hidrolisado de soja suplementado com cisteína e tiamina gerou aroma de carne bovina, enquanto o hidrolisado de farelo de arroz suplementado com lisina e treonina resultou em aroma de nozes, devido ao alto teor de pirazinas (FADEL *et al.*, 2015).

A biotransformação de terpenos por fungos filamentosos é um processo que pode ser usado para produzir aromas naturais. Os compostos obtidos são importantes para a indústria de alimentos e aromas, devido à sua qualidade sensorial e valor agregado. Um exemplo de fungo filamentoso que pode ser usado para biotransformação de terpenos é o *Penicillium sp.* Com este fungo, é possível produzir novos compostos de aroma a partir de terpenos, como o limoneno e o  $\alpha$ -pineno (BIER *et al.*, 2019).

Os fungos do gênero *Neurospora* têm demonstrado grande potencial na produção de aromas naturais, sendo eles amplamente utilizados como modelos em estudos devido à sua facilidade de cultivo, crescimento rápido e baixo custo de manutenção. Esses organismos se desenvolvem com insumos mínimos, como sais minerais, água e substratos simples, o que os torna ideais para aplicações biotecnológicas e estudos laboratoriais (CARVALHO, 2011).

Podemos destacar ainda o uso de cocultivo microbiano, conforme evidenciado por Zhang *et al.* (2023), que demonstraram a sinergia entre *Wickerhamomyces anomalus* e *Lactiplantibacillus plantarum* na produção de compostos voláteis com maior aceitabilidade sensorial.

Levando em consideração a aplicação industrial dos aromas naturais em alimentos e suas perspectivas de mercado, observa-se um crescimento expressivo desse setor nos últimos anos. Estudos recentes indicam que o mercado global de aromas naturais foi avaliado em aproximadamente US\$ 7,3 bilhões em 2025, com projeção de alcançar cerca de US\$ 12,6





bilhões até 2033, apresentando taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 6,9% (GRAND VIEW RESEARCH, 2025). Esse crescimento está diretamente relacionado ao aumento da demanda por produtos com “clean label”, ingredientes naturais e soluções sustentáveis para a indústria de alimentos e bebidas.

A escalabilidade dos processos biotecnológicos envolve complexidades relacionadas especialmente ao controle de fermentações, downstream processing (extração e purificação), além de exigências regulatórias para aplicação em alimentos, o que exige validações robustas que ainda estão em desenvolvimento. Especialmente por ser um processo ainda em fase de desenvolvimento e a otimização dos processos às vezes esbarra não somente no controle, mas nos custos do processo, especialmente na recuperação do biocompostos, além de exigir, para esse fim, maior controle experimental, menor custo e facilidade de repetição (MELINI; MELINI, 2024).

Entretanto, algumas pesquisas mostraram a aplicação dos aromas naturais na produção alimentícia, totalizando 7 publicações, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: Aplicação biotecnológica de aromas

| Composto aromático                          | Fungo produtor                                                      | Aplicação alimentar                                 | Referências                      |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|
| $\gamma$ -Decalactona<br>(aroma de pêssego) | <i>Yarrowia lipolytica</i>                                          | Usado como flavorizante em produtos lácteos e doces | Etschmann, <i>et al.</i> (2002). |
| Álcool feniletílico<br>(aroma floral/rosas) | <i>Kluyveromyces marxianus</i> ,<br><i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Presente naturalmente em vinhos e pães              | Romano, <i>et al.</i> (2003).    |
| Metilcetona (2-heptanona, aroma de queijo)  | <i>Penicillium roqueforti</i>                                       | Queijos azuis como Roquefort e Gorgonzola           | Landaud, <i>et al.</i> (2008).   |





|                                                 |                                                   |                                                                                                                                                            |                                |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Compostos terpênicos (como limoneno e geraniol) | <i>Trichoderma spp.</i> ,<br><i>Fusarium spp.</i> | Aromatização de bebidas e condimentos naturais                                                                                                             | Buzzini & Martini, (2002).     |
| $\gamma$ -Undecalactona (aroma frutado)         | <i>Yarrowia lipolytica</i>                        | Utilizada em formulações de bebidas e sobremesas                                                                                                           | Fickers., <i>et al.</i> (2005) |
| Acetato de etila                                | <i>Saccharomyces cerevisiae</i>                   | A levedura produtora de aroma é uma classe de cepas que pode produzir álcoois, aldeídos, ácidos orgânicos e compostos furânicos com metabólitos aromáticos | Chen <i>et al.</i> (2023)      |
| Aroma de vinho amarelo                          | <i>Candida</i>                                    | Realçar o aroma na fabricação de cerveja e vinho                                                                                                           | Cai <i>et al.</i> (2014)       |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2026)

Vale ressaltar que a comercialização de aromas naturais já é uma realidade, tendo em vista inúmeros gargalos para o sucesso dessa bioprodução. Dentro deste contexto, destaca-se: a vanilina produzida por *Aspergillus niger*, *Pseudomonas spp.* aplicada em sorvetes, chocolates, produtos de panificação e até mesmo cosméticos já são comercializadas nas empresas como Solvay, Evolva e Firmenich (KRINGS, 1998). É possível observar que embora os processos fermentativos ainda estejam em sua maioria em produção e escala de bancada, alguns aromas naturais já começam a se destacar no mercado constituindo-se uma



nova realidade para os consumidores mais exigentes em busca de produtos não produzidos com aditivos químicos.

## 5. CONCLUSÃO

A biossíntese de aromas naturais por microrganismos representa uma alternativa promissora às técnicas convencionais de extração de compostos voláteis, oferecendo vantagens significativas em termos de sustentabilidade e eficiência econômica. A utilização de microrganismos, como fungos e bactérias, para a produção de aromas não apenas contribui para a redução dos custos e do impacto ambiental associados aos processos tradicionais, mas também possibilita o desenvolvimento de compostos aromáticos com perfis sensoriais complexos, muitas vezes indistinguíveis dos aromas naturais obtidos por meios convencionais.

Avanços recentes na biotecnologia têm permitido a otimização de processos fermentativos, incluindo a fermentação em estado sólido e submersa, que aproveitam substratos de baixo custo, como resíduos agroindustriais, para a produção de aromas naturais. Tais estratégias não apenas aumentam a viabilidade econômica, mas também se alinham com os princípios da economia circular, ao promoverem o aproveitamento de resíduos orgânicos. Além disso, a seleção adequada de microrganismos e a otimização das condições fermentativas têm demonstrado um impacto direto na eficiência de produção e na diversidade de compostos gerados.

Mesmo que os resultados até o momento sejam promissores, existem desafios significativos que ainda precisam ser abordados. A padronização de processos biotecnológicos, a recuperação eficiente dos compostos aromáticos e a escalabilidade da produção são questões críticas que necessitam de atenção para viabilizar a aplicação comercial em larga escala. Além disso, a toxicidade potencial de certos aromas naturais para o





organismo humano, que ainda carece de mais estudos, é um aspecto relevante que precisa ser monitorado e controlado durante o desenvolvimento de novos produtos.

A contínua evolução das técnicas de bioprocessamento e a crescente demanda por alternativas sustentáveis, aliada à valorização dos compostos naturais, indicam que a produção biotecnológica de aromas será um campo de crescente relevância na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica. Assim, a pesquisa em microrganismos produtores de aromas naturais deve ser intensificada para superar as limitações atuais e para garantir que esses processos sejam tão eficazes quanto seguros para os consumidores.

## REFERÊNCIAS

AKITOSHI SUTANI, A. *et al.* Aroma compounds produced by *Geotrichum candidum* isolated from marine sediments. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 120, n. 6, p. 639–645, 2015.

ALBAYRAK, Z.; DURAN, N. Aroma-producing potential of *Enterococcus* strains isolated from traditional white cheese. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101190, 2021.

ANDRADE, R. F. S. *et al.* Produção biotecnológica de aromas naturais: avanços e aplicações industriais. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 15, n. 2, p. 45–59, 2022.

BALIVO, C. *et al.* Volatile compounds and earthy aromas associated with *Tuber* spp. **Food Chemistry**, v. 430, p. 137083, 2024.

BAUER, K.; GARBE, D.; SURBURG, H. **Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses**. 2. ed. Weinheim: VCH Publishers, 1992.

BERNARDINO, R. S. *et al.* Biotechnological production of 2-phenylethanol by *Acinetobacter soli* ANG344B using L-phenylalanine. **Biotechnology Reports**, v. 41, p. e00827, 2024.

BIER, M. C. J. *et al.* Production of ethyl acetate by *Kluyveromyces marxianus* using cactus flour substrate. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 18, p. 101066, 2019.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)





BRAGA, A.; BELO, I. Biotechnological production of aroma compounds. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 1–6, 2016.

BUZZINI, P.; MARTINI, A. Production of volatile organic compounds by yeasts isolated from the Antarctica region. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 28, p. 291–299, 2002.

CADWALLADER, K. R. Flavor chemistry in food processing. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 3, p. 187–196, 2018.

CAI, J. et al. Aroma enhancement in yellow wine fermentation using *Candida* spp. **Food Microbiology**, v. 39, p. 147–155, 2014.

CARROLL, A. L. et al. Vanillin biosynthesis by *Nocardia iowensis*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, p. 3681–3690, 2016.

CARVALHO, J. C. **Produção de aromas naturais por fungos do gênero Neurospora**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CHEN, Y. et al. Aromatic yeasts and their influence on food flavor formation. **Foods**, v. 12, n. 18, p. 3501, 2023.

CONVERTI, A. et al. Biotechnological production of vanillin by *Streptomyces setonii*. **Biochemical Engineering Journal**, v. 49, n. 3, p. 345–350, 2010.

DE ARAÚJO, A. A. et al. Production of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone by *Trichoderma harzianum* in solid-state fermentation. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 33, p. 206–210, 2002.

DINI, I. et al. Agro-industrial residues as substrates for coconut aroma production by *Trichoderma* spp. *Fermentation*, v. 7, n. 3, p. 151, 2021.

DOS ANJOS, A. R. et al. Production of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone using defatted babassu mesocarp in solid-state fermentation. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 58, p. 103160, 2024.





ETSCHMANN, M. M. W. et al. Biotechnological production of 2-phenylethanol. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 59, p. 1–8, 2002.

ETSCHMANN, M. M. W. et al. Production of natural rose aroma by *Aspergillus niger*. **Process Biochemistry**, v. 49, p. 193–198, 2014.

FADEL, H. H. M. et al. Production of natural coconut aroma by *Trichoderma viride*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 2348–2354, 2015.

FADEL, H. H. M. et al. Influence of substrate composition on microbial aroma biosynthesis. **Food Bioscience**, v. 62, p. 105132, 2024.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e aplicações biotecnológicas. **Química Nova**, v. 40, n. 10, p. 1209–1218, 2017.

FICKERS, P. et al. Production of  $\gamma$ -undecalactone by *Yarrowia lipolytica*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 69, p. 64–69, 2005.

FLORES, M. et al. Coconut aroma production from agro-industrial residues by *Trichoderma atroviride*. **Food Biotechnology**, v. 33, p. 211–225, 2019.

FROHWITTER, J. et al. Engineering *Corynebacterium glutamicum* for (+)-valencene production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, p. 10553–10565, 2014.

GARG, N. Toxicological concerns related to synthetic food additives. **Food and Chemical Toxicology**, v. 178, p. 113881, 2023.

GERVAIS, P.; SARRETTE, M. Influence of fungal metabolites on cheese flavor development. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 743–751, 2003.

GOMES, A. A. et al. Volatile organic compounds produced by *Simplicillium coffeanum*. **Microbiological Research**, v. 210, p. 1–8, 2018.

GRAND VIEW RESEARCH. Natural Flavors Market Size, Share & Trends Analysis Report. San Francisco, 2025. Disponível em: Grand View Research. Acesso em: 20 abril 2026.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)





HADJ, M. D. et al. Coffee husks as substrate for microbial aroma production. *Waste and Biomass Valorization*, v. 12, p. 5447–5459, 2021.

HAMROUNI, R. et al. Production of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone by *Trichoderma* spp. using sugarcane bagasse. *Biotechnology Reports*, v. 24, p. e00392, 2019.

HAMROUNI, R. et al. Agro-industrial substrates for aroma production by *Trichoderma asperellum*. *Industrial Crops and Products*, v. 145, p. 112145, 2020.

HOFFMANN, T. et al. In situ recovery systems for volatile aroma compounds in solid-state fermentation. *Fermentation*, v. 10, n. 1, p. 15, 2024.

KRINGS, U.; BERGER, R. G. Biotechnological production of flavours and fragrances. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 49, p. 1–8, 1998.

LADEIRA, N. S. et al. Production of coconut aroma by *Trichoderma harzianum* from citrus pulp. *Food Science and Biotechnology*, v. 19, p. 159–164, 2010.

LANDAUD, S. et al. Cheese flavor compounds generated by *Penicillium roqueforti*. *International Journal of Food Microbiology*, v. 127, p. 1–8, 2008.

LINDSAY, R. C. et al. Agro-industrial waste valorization for microbial aroma production. *Fermentation*, v. 8, p. 314, 2022.

LUKIN, A. et al. Industrial challenges in microbial flavor production. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 74, p. 174–182, 2022.

MARTÍNEZ, E. A. et al. Solid-state fermentation for flavor production: advances and challenges. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 41, p. 1–14, 2018.

MARTINO, G. P. et al. Citrate metabolism and flavor formation by *Enterococcus faecium*. *Food Microbiology*, v. 58, p. 1–9, 2016.

MEDEIROS, A. B. P. et al. Coffee husk utilization in aroma production by solid-state fermentation. *Process Biochemistry*, v. 41, p. 1093–1098, 2006.





MELINI, V.; MELINI, F. Sustainable microbial production of natural flavor compounds from agro-industrial residues. **Fermentation**, v. 10, n. 3, p. 132, 2024.

MOLINA, G. et al. Recent advances in the microbial and enzymatic production of aroma compounds. **Current Opinion in Food Science**, v. 37, p. 98–106, 2021.

MURLEY, T.; CHAMBERS, E. Consumer perception of natural flavors and clean label products. **Foods**, v. 8, n. 9, p. 383, 2019.

NASCIMENTO, J. S. et al. Production of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone by *Trichoderma atroviride* using agro-industrial residues. **Biotechnology Reports**, v. 41, p. e00865, 2024.

NAVIGLIO, D. et al. Natural flavors obtained by microbial biotechnology. **Foods**, v. 11, p. 2156, 2022.

OMELIANSKI, V. L. Microbial production of fruit aromas. **Journal of Applied Microbiology**, v. 72, p. 15–22, 1992.

PAULINO, B. N. et al. Microbial production of lactones and aroma compounds. **Current Opinion in Food Science**, v. 38, p. 56–63, 2021.

PENHA, E. M. et al. Sugarcane bagasse as substrate for coconut aroma production. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 29, p. 1–8, 2012.

RAMOS, A. S. et al. Production of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone by *Trichoderma harzianum* in coffee husk substrate. **Process Biochemistry**, v. 43, p. 124–128, 2008.

RAVASIO, D. et al. Advances in microbial production of flavor compounds. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 1–8, 2021.

ROMANO, P. et al. Production of phenylethyl alcohol by yeasts in wine fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, p. 3106–3112, 2003.

ROSSI, S. C. et al. Fruit aroma production by *Ceratocystis fimbriata* using agro-industrial residues. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 2985–2990, 2009.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição  
(CC BY)





ROY, S.; GAHLAWAT, S. Production of acetoin by *Bacillus subtilis* and its industrial applications. **Biotechnology Reports**, v. 21, p. e00321, 2019.

SMID, E. J.; KLEEREBEZEM, M. Production of aroma compounds in lactic fermentations. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 5, p. 313–326, 2014.

SOARES, M. et al. Banana aroma production by *Ceratocystis fimbriata*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 25, p. 1–5, 2000.

TRY, A. et al. Challenges in aroma recovery during solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 137, p. 57–66, 2018.

VERMA, D. K. et al. Recent trends in microbial flavor compounds. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, p. 1565–1576, 2022.

VIESSER, J. A. et al. Aroma production by *Lactobacillus plantarum* LPBF 35 during cocoa fermentation. **Food Research International**, v. 137, p. 109546, 2020.

WANG, X. et al. Bacterial biosynthesis of volatile aroma compounds. **Food Bioscience**, v. 54, p. 102918, 2023.

XU, P. et al. Vanillin biosynthesis by *Streptomyces* sp. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 160, p. 164–173, 2009.

ZARA, G.; FAN, W. Microbial fermentation for natural flavor production. **Fermentation**, v. 9, p. 411, 2023.

ZHANG, Y. et al. Coculture fermentation using *Wickerhamomyces anomalus* and *Lactiplantibacillus plantarum* for aroma enhancement. **Food Chemistry**, v. 404, p. 134686, 2023.

ZHAO, C. et al. Advances in microbial aroma biosynthesis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, p. 2345–2362, 2021.



# REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634



ZHOU, L. et al. Production of 2-phenylethanol by *Starmerella bacillaris*. **Food Bioscience**, v. 53, p. 102635, 2023.

*Recebido em: 22/04/2026*

*Aprovado em: 17/05/2026*

*Publicado em: 10/06/2026*

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 6 (2026) - DOSSIÊ ESPECIAL:  
Conhecimento, Formação e Transformação Social

***A Revista OWL Journal está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)***

