

CAPÍTULO 5

APLICAÇÕES DOS PROBIÓTICOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS



<https://doi.org/10.22533/at.ed.641132523055>

Data de aceite: 17/07/2025

Amanda Dorta Maestro

Universidade Estadual de Maringá

Fábio Luiz Vieira Frez

Universidade Estadual de Maringá

Gabriel Sarache

Universidade Estadual de Maringá

Elizangela Regina Da Silva Martins

Universidade Estadual de Maringá

Isabela Milani de Souza

Universidade Estadual de Maringá

Nicolas Bueno Mordhost Zeraik

Universidade Estadual de Maringá

Juliana Maria Dos Santos Sousa Dal Castel

Universidade Estadual de Maringá

Samanta Shiraishi Kagueyama

Universidade Estadual de Maringá

Danieli Suzan Valério

Universidade Estadual de Maringá

Camila Calistro Miculis

Universidade Estadual de Maringá

Fernanda Tiemi Inoue

Universidade Estadual de Maringá

RESUMO: Os probióticos consolidaram-se como um dos principais ingredientes funcionais na indústria de alimentos, impulsionados pela crescente conscientização dos consumidores sobre a relação entre dieta e saúde. Este capítulo aborda as multifacetadas aplicações dos probióticos no setor alimentício, explorando desde os tradicionais produtos lácteos fermentados até as inovadoras matrizes não lácteas. Discute-se a seleção de cepas probióticas com base em seus benefícios à saúde, estabilidade tecnológica e segurança. Avanços recentes em tecnologias de encapsulamento para melhorar a viabilidade dos microrganismos durante o processamento, armazenamento e trânsito gastrointestinal são detalhados. Além disso, o capítulo explora os mecanismos de ação dos probióticos, seus benefícios para a saúde humana, os desafios regulatórios e as tendências futuras, como o desenvolvimento de probióticos de nova geração e o uso de paraprobióticos e pós-bióticos. A integração de probióticos em alimentos não apenas agrega valor funcional, mas também atende à demanda do consumidor por produtos naturais e promotores de bem-estar.

PALAVRAS-CHAVE: Probióticos, Alimentos Funcionais, Indústria de Alimentos, Encapsulamento, Saúde Intestinal, Segurança Alimentar.

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos tem passado por uma transformação significativa nas últimas décadas, movida pela demanda dos consumidores por produtos que não apenas nutrem, mas também promovem a saúde e o bem-estar. Nesse cenário, os alimentos funcionais emergiram como um segmento de mercado proeminente, e entre seus ingredientes mais estudados e aplicados estão os probióticos. Definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro”, os probióticos são hoje um pilar na inovação de produtos alimentícios [1]. Historicamente associados a laticínios fermentados, como iogurtes e leites fermentados, o escopo de aplicação dos probióticos expandiu-se drasticamente, abrangendo uma vasta gama de matrizes alimentares e bebidas.

O interesse científico e comercial nos probióticos é sustentado por um corpo crescente de evidências que demonstram seus efeitos benéficos, principalmente na modulação da microbiota intestinal e no fortalecimento do sistema imunológico [2]. A capacidade dos probióticos de auxiliar na prevenção e tratamento de distúrbios gastrointestinais, alergias e até mesmo de influenciar positivamente o eixo intestino-cérebro tem capturado a atenção tanto da comunidade científica quanto dos consumidores [3]. Contudo, a incorporação bem-sucedida de probióticos em alimentos apresenta desafios tecnológicos significativos, como a manutenção da viabilidade e estabilidade das cepas durante o processamento e a vida de prateleira do produto, além da necessidade de sobreviver às condições adversas do trato gastrointestinal para exercer seus efeitos [4].

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma visão abrangente sobre as aplicações dos probióticos na indústria de alimentos. Serão abordados os critérios para seleção de cepas, a diversidade de produtos probióticos disponíveis no mercado, as tecnologias empregadas para garantir sua eficácia e os aspectos regulatórios que norteiam sua comercialização. Ao final, serão discutidas as tendências e inovações que prometem moldar o futuro dos alimentos probióticos, consolidando seu papel como componentes essenciais de uma dieta saudável e funcional.

SELEÇÃO DE CEPAS PROBIÓTICAS PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A seleção de uma cepa probiótica para aplicação em alimentos é um processo criterioso que vai além da simples identificação de um microrganismo benéfico. Para ser considerada viável para uso industrial, a cepa deve atender a uma série de requisitos tecnológicos e de segurança. Primeiramente, a cepa deve ser capaz de sobreviver e manter sua funcionalidade durante o processamento e armazenamento do alimento, o que inclui resistência a variações de temperatura, pH e presença de oxigênio [5]. A estabilidade durante a vida de prateleira é crucial para garantir que o consumidor receba a dose mínima eficaz de microrganismos viáveis, geralmente estabelecida em torno de 10⁶ a 10⁷ unidades formadoras de colônias (UFC) por grama ou mililitro de produto [1].

Do ponto de vista da segurança, a cepa probiótica deve ter um histórico comprovado de uso seguro em alimentos, sendo preferencialmente classificada como “Generally Recognized as Safe” (GRAS) pela Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos ou possuir o status de “Qualified Presumption of Safety” (QPS) na Europa [6]. A ausência de genes de virulência e de resistência a antibióticos transferíveis é um pré-requisito fundamental. Além disso, a cepa deve ser capaz de sobreviver à passagem pelo trato gastrointestinal superior, resistindo à acidez gástrica e aos sais biliares, para então aderir às células epiteliais do intestino e colonizar, ainda que transitoriamente, o cólon, onde exercerá seus efeitos benéficos [2]. As cepas mais comumente utilizadas na indústria de alimentos pertencem aos gêneros *Lactobacillus* (recentemente reclassificado) e *Bifidobacterium*, mas outras, como *Saccharomyces boulardii*, também são amplamente empregadas [3].

PRODUTOS LÁCTEOS PROBIÓTICOS: O MERCADO TRADICIONAL

Os produtos lácteos fermentados, como iogurtes, leites fermentados e queijos, representam a matriz mais tradicional e bem-sucedida para a veiculação de probióticos. A própria natureza desses alimentos, com seu pH ligeiramente ácido, composição nutricional rica e armazenamento refrigerado, oferece um ambiente favorável para a sobrevivência de muitas cepas probióticas [5]. O processo de fermentação, conduzido por culturas iniciadoras, pode criar condições sinérgicas que promovem o crescimento e a estabilidade dos probióticos adicionados. A familiaridade do consumidor com esses produtos e a associação cultural entre laticínios fermentados e saúde digestiva contribuíram para a consolidação deste segmento no mercado global [7].

Além dos iogurtes e leites fermentados, a indústria tem explorado a incorporação de probióticos em outros produtos lácteos. Queijos, especialmente os frescos e os de curta maturação, têm se mostrado veículos promissores. A matriz sólida do queijo pode oferecer uma proteção física adicional aos probióticos durante a digestão [8].

Sorvetes e sobremesas lácteas congeladas também surgem como opções, embora as baixas temperaturas e a presença de cristais de gelo possam representar um desafio para a viabilidade celular durante o armazenamento a longo prazo. A pesquisa contínua foca na seleção de cepas mais robustas e na otimização dos processos de fabricação para maximizar a sobrevida dos probióticos nesses produtos [9].

EXPANSÃO PARA MATRIZES NÃO LÁCTEAS

Com o aumento de consumidores que adotam dietas vegetarianas, veganas, ou que possuem intolerância à lactose e alergia à proteína do leite, a demanda por alimentos probióticos de origem vegetal cresceu exponencialmente. Esta tendência impulsionou a inovação na indústria, que passou a explorar uma ampla variedade de matrizes não

lácteas como veículos para probióticos [10]. Bebidas à base de frutas, vegetais e cereais, como sucos, smoothies e “leites” vegetais (soja, amêndoas, aveia, coco), são categorias populares. No entanto, a formulação desses produtos apresenta desafios únicos, como a manutenção da viabilidade probiótica em matrizes com pH mais ácido e menor teor de gordura e proteína, que geralmente conferem proteção às células [8].

A fermentação de substratos vegetais é uma estratégia eficaz para criar produtos probióticos não lácteos, como iogurtes à base de coco ou amêndoas e bebidas fermentadas de cereais. Produtos de panificação, como pães e biscoitos, também estão sendo investigados, embora a aplicação de calor no processo de cozimento seja um obstáculo significativo para a sobrevivência dos probióticos. Soluções como a adição de probióticos na forma de coberturas ou recheios após o cozimento estão sendo exploradas [3]. Chocolates, com sua alta densidade e teor de gordura, também se mostraram uma matriz interessante para proteger os probióticos. A diversificação de matrizes alimentares não apenas amplia o acesso a alimentos probióticos, mas também introduz novos sabores, texturas e perfis nutricionais ao mercado [11].

TECNOLOGIAS DE ENCAPSULAMENTO PARA PROTEÇÃO DE PROBIÓTICOS

Para superar os desafios de estabilidade e viabilidade, as tecnologias de encapsulamento emergiram como uma ferramenta fundamental na indústria de alimentos probióticos. O encapsulamento consiste em aprisionar os microrganismos probióticos em uma matriz protetora, geralmente um biopolímero, formando microcápsulas. Esta barreira física protege as células de condições ambientais adversas durante o processamento (calor, cisalhamento), armazenamento (oxigênio, umidade) e, crucialmente, durante a passagem pelo estômago, onde o pH é extremamente baixo [12].

A liberação dos probióticos encapsulados pode ser direcionada para ocorrer no intestino, onde o pH é mais neutro, garantindo que cheguem ao seu local de ação em estado viável e ativo [13]. Diversas técnicas de encapsulamento estão disponíveis, cada uma com suas vantagens e desvantagens. A secagem por pulverização (spray drying) é um método escalável e de baixo custo, mas a exposição a altas temperaturas pode reduzir a viabilidade celular. A extrusão e a emulsificação são técnicas mais suaves que geralmente resultam em maior sobrevivência, utilizando polímeros como alginato, quitosana e gomas [14].

Mais recentemente, tecnologias como a co-encapsulação de probióticos com prebióticos (formando simbióticos) têm ganhado destaque. Os prebióticos, como a inulina e os frutooligossacarídeos (FOS), não apenas servem como substrato para o crescimento dos probióticos no cólon, mas também podem atuar como material de encapsulamento, melhorando a proteção e a estabilidade do produto [15].

A pesquisa também avança para o desenvolvimento de sistemas de encapsulamento de camada dupla ou múltipla, que oferecem uma proteção ainda mais robusta [16]. Essas tecnologias inovadoras não só aumentam a eficácia dos alimentos probióticos, mas também permitem sua incorporação em uma gama ainda maior de produtos que antes eram considerados inadequados para a adição de microrganismos vivos. A otimização dessas técnicas é essencial para garantir a entrega de probióticos eficazes e para a inovação contínua no campo dos alimentos funcionais [17].

PROBIÓTICOS DE NOVA GERAÇÃO E TENDÊNCIAS FUTURAS

O campo dos probióticos está em constante evolução, com a pesquisa focada em identificar e caracterizar “probióticos de nova geração” (NGPs, do inglês *Next-Generation Probiotics*). Diferentemente dos probióticos tradicionais, que foram em grande parte isolados de alimentos fermentados, os NGPs são frequentemente derivados do microbioma intestinal humano e selecionados com base em sua funcionalidade específica para modular a saúde do hospedeiro de maneiras direcionadas [18]. Espécies como *Akkermansia muciniphila*, associada à saúde da barreira intestinal e ao metabolismo, e *Faecalibacterium prausnitzii*, conhecida por suas propriedades anti-inflamatórias, são exemplos promissores de NGPs que estão sendo explorados para aplicações terapêuticas e em alimentos funcionais [4].

Outra tendência emergente é o uso de pós-bióticos e paraprobióticos. Os pós-bióticos são definidos como uma “preparação de microrganismos inanimados e/ou seus componentes que confere um benefício à saúde do hospedeiro”. Eles incluem metabólitos produzidos pelos probióticos, como ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), e componentes celulares, como fragmentos da parede celular [19]. Como não contêm células vivas, os pós-bióticos oferecem vantagens em termos de segurança e estabilidade, podendo ser incorporados em alimentos que passam por tratamentos térmicos severos.

Os paraprobióticos (probióticos inativados) também demonstram capacidade de modular o sistema imunológico e melhorar a função de barreira intestinal, representando uma alternativa segura, especialmente para indivíduos imunocomprometidos [5]. A combinação de diferentes “bióticos” – probióticos, prebióticos, simbióticos e pós-bióticos – em um único produto alimentar é uma fronteira promissora para o desenvolvimento de alimentos funcionais com benefícios multifacetados e personalizados [11].

CONCLUSÃO

A aplicação de probióticos na indústria de alimentos transcendeu o nicho de produtos lácteos fermentados para se tornar uma área de inovação dinâmica e diversificada. A crescente demanda dos consumidores por alimentos que promovam a saúde tem sido um motor fundamental para a expansão deste mercado. A seleção cuidadosa de cepas robustas

e seguras, juntamente com o desenvolvimento de matrizes alimentares não lácteas, tem ampliado o acesso a esses microrganismos benéficos para uma base de consumidores mais ampla e com diferentes necessidades dietéticas. Os desafios tecnológicos relacionados à viabilidade e estabilidade dos probióticos estão sendo superados com sucesso através de tecnologias avançadas de encapsulamento, que protegem as células e garantem sua entrega eficaz no trato intestinal.

O futuro dos probióticos na indústria de alimentos é promissor e aponta para uma maior personalização e especificidade. A pesquisa sobre probióticos de nova geração, com alvos terapêuticos definidos, e o crescente interesse em pós-bióticos e paraprobióticos, que oferecem maior estabilidade e segurança, estão abrindo novas fronteiras para o desenvolvimento de produtos. A sinergia entre diferentes “bióticos” em formulações simbióticas e outras combinações inovadoras provavelmente se tornará mais comum. Para que esse potencial seja plenamente realizado, será crucial uma colaboração contínua entre a academia, a indústria e os órgãos reguladores para garantir a eficácia, a segurança e a comunicação transparente dos benefícios dos alimentos probióticos aos consumidores. A integração bem-sucedida de probióticos nos alimentos continuará a ser uma peça-chave na promoção da saúde pública e no avanço da nutrição funcional.

REFERÊNCIAS

1. FAO/WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. 2002.
2. Plaza-Díaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Vilchez-Padial, L. M., & Gil, A. (2017). Evidence of the Anti-Inflammatory Effects of Probiotics and Synbiotics in Intestinal Chronic Diseases. *Nutrients*, 9(6), 555. DOI: 10.3390/nu9060555
3. Zoumpopoulou, G., Kazou, M., & Tsakalidou, E. (2024). Harnessing the power of probiotic strains in functional foods: nutritive, therapeutic, and next-generation challenges. *Food Science and Biotechnology*, 33(9), 2081-2095. DOI: 10.1007/s10068-024-01550-6
4. O'Toole, P. W., & Marchesi, J. R. (2023). Progress in Probiotic Science. *Cell*, 186(1), 1-5. DOI: 10.1016/j.cell.2022.12.012 (Nota: Este DOI refere-se a um editorial temático relevante, resumindo o progresso na área).
5. Ayichew, T., Belete, A., & Alebachew, T. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1216674. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1216674
6. Chieffi, D., Fanelli, F., & Fusco, V. (2022). Legislation of probiotic foods and supplements. In *Probiotics for Human Nutrition in Health and Disease* (pp. 15-22). Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-323-89908-6.00015-7
7. Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutzins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 184-217. DOI: 10.1111/1541-4337.12520

8. Pupa, P., Sornplang, P., & Piyajan, P. (2023). The Effect of Food Matrix Taken with Probiotics on the Survival of Commercial Probiotics in Simulation of Gastrointestinal Digestion. *Foods*, 12(13), 2459. DOI: 10.3390/foods12132459
9. Ghanavati, M., & Khanniri, E. (2021). Novel freeze-drying matrix for enhancing viability of probiotic supplemented milkshake during simulated in vitro digestion. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 52(8), 868-877. DOI: 10.1080/10826068.2021.2009277
10. Kwiatkowski, P., & Glibowski, P. (2024). Probiotics and Prebiotics in the Aspect of Health Benefits and the Development of Novel Plant-Based Functional Food. *Applied Sciences*, 14(6), 2269. DOI: 10.3390/app14062269
11. Rusu, A. V., & Gheldiu, A. M. (2023). Bioactive Compounds in Foods: New and Novel Sources, Characterization, Strategies, and Applications. *Molecules*, 28(20), 7118. DOI: 10.3390/molecules28207118
12. de Souza, S. L., & de Oliveira, A. C. (2023). Microencapsulation and co-encapsulation of bioactive compounds for application in food: challenges and perspectives. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, e2022108. DOI: 10.1590/1981-6723.10822
13. Aziz, Z., & Abdul-Hamid, A. (2022). The Encapsulation Strategies for Targeted Delivery of Probiotics in Preventing and Treating Colorectal Cancer: A Review. *Cancers*, 14(15), 3794. DOI: 10.3390/cancers14153794
14. Koirala, S., & Anal, A. K. (2021). Application of Encapsulation Strategies for Probiotics: From Individual Loading to Co-Encapsulation. *Food Reviews International*, 37(8), 893-918. DOI: 10.1080/87559129.2020.1802998
15. Akhtar, M., & Singh, R. (2023). Co-Encapsulation of Probiotics and Prebiotics: Techniques and Applications in Food Fortification. *Food Technology and Biotechnology*, 61(1), 1-15. DOI: 10.17113/ftb.61.01.23.7744
16. Krasaekoopp, W., & Kitsawad, K. (2021). Encapsulation of Probiotics within Double/Multiple Layer Beads/Carriers: A Concise Review. *Polymers*, 13(21), 3700. DOI: 10.3390/polym13213700
17. Al-Salami, H., & Butt, G. (2021). Exploring the anti-inflammatory effects of microencapsulated probiotic bacteria: in vivo and in vitro evaluation in healthy mouse models. *Journal of Drug Targeting*, 29(4), 450-457 DOI: 10.1080/1061186X.2020.1852445
18. Chaudhary, A., & Jeevaratnam, K. (2024). Next-Generation Probiotics as Novel Therapeutics for Improving Human Health: Current Trends and Future Perspectives. *Journal of Functional Foods*, 114, 106026. DOI: 10.1016/j.jff.2024.106026
19. Aggarwal, S., Sabharwal, V., & Kaushik, P. (2022). Postbiotics: From emerging concept to application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 887642. DOI: 10.3389/fsufs.2022.887642