REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Probióticos, *Limnospira* spp. e própolis em leites fermentados: evidências, interações potenciais e desafios tecnológicos

Probiotics, *Limnospira* spp., and propolis in fermented milks: evidence, potential interactions, and technological challenges

Probióticos, *Limnospira* spp. y propóleo en leches fermentadas: evidencia, posibles interacciones y desafíos tecnológicos

Norma Suely Evangelista-Barreto
Doutora, Eng. de Pesca, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: nsevangelista@ufrb.edu.br

Milena Gabriel Ribeiro
Bióloga, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: mylla-rybeiro@hotmail.com

Márcia Araújo de Jesus
Bióloga, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: marcia.araujo.8276@gmail.com

Jailma Conceição dos Santos
Bióloga, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: jailmaconceicaodossantos@gmail.com

Mile Ane Larissa Costa Muricy
Mestra em Zootecnia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: mi-leanne@hotmail.com

Clarita Silveira Reis
Mestra em Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, Brasil
E-mail: claritasreis@gmail.com

Andressa de Jesus Santos Santana
Eng. de Pesca, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: dedeusantana50@gmail.com

Eliziane da Silva Almeida
Eng. de Pesca, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
E-mail: almeidaeliziane1999@gmail.com

Resumo

A crescente demanda por alimentos com propriedades funcionais tem impulsionado o desenvolvimento de produtos capazes de proporcionar benefícios fisiológicos além da nutrição básica. Nesse contexto, os leites fermentados constituem matrizes promissoras para a veiculação

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

de microrganismos benéficos e de compostos bioativos. Entre os ingredientes de interesse, destacam-se os probióticos, a cianobactéria *Limnospira* spp. e a própolis, aos quais são atribuídas propriedades nutricionais, antioxidantes, antimicrobianas e imunomoduladoras. Esta revisão apresenta os fundamentos científicos desses componentes e discute suas aplicações em leites fermentados, considerando seus potenciais efeitos benéficos, as interações com a matriz láctea e os principais desafios tecnológicos e sensoriais associados ao desenvolvimento de produtos multifuncionais.
Palavras-chave: alimentos funcionais; produtos lácteos; cianobactéria; matriz láctea; compostos bioativos.

Abstract

The growing demand for foods with functional properties has driven the development of products that provide physiological benefits beyond basic nutrition. In this context, fermented milks serve as promising matrices for delivering beneficial microorganisms and bioactive compounds. Ingredients of particular interest include probiotics, the cyanobacterium *Limnospira* spp., and propolis, all associated with nutritional, antioxidant, antimicrobial, and immunomodulatory properties. This review presents the scientific basis of these components. It discusses their applications in fermented milks, considering their potential benefits, interactions with the dairy matrix, and the main technological and sensory challenges in developing multifunctional products.
Keywords: functional foods; dairy products; cyanobacteria; dairy matrix; bioactive compounds.

Resumen

La creciente demanda de alimentos con propiedades funcionales ha impulsado el desarrollo de productos capaces de ofrecer beneficios fisiológicos más allá de la nutrición básica. En este contexto, las leches fermentadas constituyen matrices prometedoras para la administración de microorganismos beneficiosos y de compuestos bioactivos. Entre los ingredientes de interés se encuentran los probióticos, la cianobacteria *Limnospira* spp., y el propóleo, al que se le atribuyen propiedades nutricionales, antioxidantes, antimicrobianas e inmunomoduladoras. Esta revisión presenta la base científica de estos componentes y analiza sus aplicaciones en leches fermentadas, considerando sus potenciales efectos beneficiosos, sus interacciones con la matriz láctea y los principales retos tecnológicos y sensoriales asociados al desarrollo de productos multifuncionales.
Palabras clave: alimentos funcionales; productos lácteos; cianobacterias; matriz láctea; compuestos bioactivos.

1. Introdução

Nas últimas décadas, mudanças na dieta e no estilo de vida têm sido associadas a um aumento na incidência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como obesidade, diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e alguns tipos de neoplasias (Gao et al., 2025). Ao mesmo tempo, o aumento da conscientização sobre a conexão entre dieta e saúde levou a um aumento na demanda por produtos capazes de fornecer alimentos que promovam a saúde, além dos requisitos nutricionais básicos, visando ao bem-estar e à redução do risco de doenças (Gomes et al., 2024). Nesse contexto, os alimentos funcionais constituem um segmento de crescente interesse científico e tecnológico.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

A concepção moderna de alimentos funcionais surgiu a partir da proposta de desenvolver produtos capazes de exercer efeitos fisiológicos benéficos quando consumidos como parte da alimentação habitual (Arai, 2000). Desde então, os avanços nessa área têm ampliado o conhecimento sobre ingredientes bioativos e impulsionado o desenvolvimento de alimentos que contêm probióticos, prebióticos, compostos fenólicos, peptídeos bioativos, vitaminas e minerais, dentre outros (Granato et al., 2020; Ballini et al., 2023).

Entre as matrizes utilizadas para a veiculação desses componentes, os produtos lácteos fermentados ocupam posição de destaque devido ao seu valor nutricional, à ampla aceitação pelos consumidores e à capacidade de incorporar microrganismos benéficos e compostos bioativos. Esses produtos são fontes de proteínas de alto valor biológico, vitaminas, minerais e peptídeos bioativos e podem oferecer condições adequadas para a manutenção da viabilidade de culturas microbianas durante o processamento e o armazenamento (Gao et al., 2021). Evidências também associam o consumo de produtos lácteos fermentados à modulação da microbiota intestinal e à melhoria de parâmetros gastrointestinais, imunológicos e metabólicos (Hyun et al., 2023; Saleem et al., 2024).

Os probióticos estão entre os componentes funcionais mais investigados em produtos lácteos fermentados. Esses microrganismos vivos, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro. Seus mecanismos de ação podem envolver a competição com microrganismos potencialmente patogênicos, a produção de metabólitos antimicrobianos, o fortalecimento da barreira intestinal e a modulação da resposta imunológica (Jang; Lee; Pa, 2024). Além disso, a interação entre as culturas probióticas e a microbiota intestinal pode contribuir para a manutenção da homeostase metabólica e imunológica (Hidalgo-Cantabrana et al., 2017; Mazziotta et al., 2023).

Além dos probióticos, a incorporação de ingredientes naturais ricos em compostos bioativos amplia as possibilidades de obtenção de leites fermentados multifuncionais. Entre esses ingredientes, destaca-se a biomassa da cianobactéria *Limnospira* spp., comercialmente conhecida como espirulina, caracterizada pelo elevado teor proteico e pela presença de ficocianina, carotenoides, compostos fenólicos, vitaminas e minerais (Spínola; Mendes; Prates, 2024). Esses

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

constituintes têm sido associados a atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e hipolipemiantes, o que estimula sua aplicação em diferentes produtos alimentícios (Fais et al., 2022; Spínola; Mendes; Prates, 2024).

A própolis também apresenta potencial para aplicação em alimentos funcionais. Essa substância resinosa, produzida pelas abelhas a partir de materiais de origem vegetal, contém flavonoides, ácidos fenólicos, terpenos e outros compostos cuja ocorrência e concentração variam conforme a origem botânica e geográfica (Pobiega; Kraśniewska; Gniewosz, 2019; Almuhayawi, 2020). Suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes têm estimulado sua investigação como ingrediente funcional e como alternativa natural para auxiliar na conservação de alimentos (Irigoiti et al., 2021; Cruz et al., 2021).

A associação de probióticos, *Limnospira* spp. e própolis em produtos lácteos fermentados apresenta potencial para reunir propriedades nutricionais e biológicas complementares em uma única matriz alimentar. Entretanto, seus efeitos dependem da composição da formulação, das concentrações empregadas, das cepas probióticas e das condições de processamento e de armazenamento. Particularmente, a atividade antimicrobiana da própolis pode interferir na viabilidade das culturas, enquanto a adição de *Limnospira* spp. pode modificar características como a cor, o sabor, o aroma e a textura. Desse modo, a obtenção de produtos multifuncionais requer a avaliação conjunta da funcionalidade, da estabilidade, da viabilidade microbiana e da aceitação sensorial.

Diante desse cenário, esta revisão buscou reunir e discutir os principais avanços científicos relacionados à utilização de microrganismos probióticos, *Limnospira* spp. e própolis em produtos lácteos fermentados, abordando suas propriedades funcionais, aplicações tecnológicas, possíveis interações e desafios no desenvolvimento de alimentos multifuncionais.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

2. Revisão de literatura

2.1. Alimentos funcionais: conceito, evolução histórica e tendência de mercado

Apesar dos avanços científicos e regulatórios, ainda não há uma definição universalmente harmonizada para alimentos funcionais. De maneira geral, essa expressão abrange alimentos que, quando consumidos em quantidades compatíveis com a alimentação habitual, podem exercer efeitos fisiológicos benéficos além de suas funções nutricionais básicas. Esses efeitos devem ser sustentados por evidências científicas e estar relacionados à manutenção de funções do organismo ou à redução de fatores de risco para determinadas doenças, sem atribuição de propriedades terapêuticas ou medicamentosas aos produtos (Xie; Liang; Chen, 2019; Granato et al., 2020).

Embora a relação entre dieta e saúde seja reconhecida há séculos, o conceito contemporâneo de alimentos funcionais ganhou destaque no Japão, na década de 1980. O envelhecimento populacional e o aumento dos gastos com assistência à saúde contribuíram para o estabelecimento do sistema *Foods for Specified Health Uses* (FOSHU), destinado à avaliação de alimentos com alegações específicas de benefícios à saúde (Arai, 2000; Granato et al., 2020). A partir desse marco, o conceito foi gradativamente incorporado em diferentes países, impulsionando pesquisas voltadas à identificação de compostos bioativos e à compreensão de seus mecanismos de ação no organismo humano (Ballini et al., 2023).

No Brasil, não existe uma categoria de alimentos denominada genericamente “alimentos funcionais”. A regulamentação concentra-se nas alegações de propriedades funcionais e de saúde veiculadas na rotulagem. As alegações funcionais descrevem o papel metabólico ou fisiológico desempenhado por nutrientes ou outros constituintes nas funções normais do organismo, enquanto as alegações de saúde relacionam o consumo do alimento ou ingrediente à saúde ou à redução de fatores de risco para doenças. Sua utilização deve estar fundamentada em evidências científicas e não pode atribuir ao produto

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

propriedades de prevenção, tratamento ou cura de enfermidades (Brasil, 1999a, 1999b; Anvisa, 2025).

Entre os componentes investigados por seus potenciais efeitos fisiológicos estão os probióticos, prebióticos, fibras alimentares, compostos fenólicos, carotenoides, ácidos graxos poli-insaturados, fitoesteróis e peptídeos bioativos. Dependendo de sua composição, concentração e biodisponibilidade, esses componentes podem atuar na modulação da microbiota intestinal, na resposta ao estresse oxidativo, no metabolismo lipídico e glicídico e na regulação de processos inflamatórios (Xie; Liang; Chen, 2019; Ballini et al., 2023). Contudo, a simples presença ou adição de um componente potencialmente bioativo não é suficiente para comprovar a funcionalidade do produto final, sendo necessário avaliar sua estabilidade na matriz, biodisponibilidade e efeitos fisiológicos por meio de estudos adequadamente delineados. Nesse contexto, a Tabela 1 apresenta as principais frentes de pesquisa relacionadas ao desenvolvimento de produtos lácteos enriquecidos ou fortificados com ingredientes funcionais.

Tabela 1. Principais frentes de trabalho em produtos lácteos enriquecidos ou fortificados com ingredientes funcionais.

Linha de pesquisa	Ingredientes	Matrizes lácteas	Resultados obtidos	Referência
Cascas e ervas	*Citrus aurantium, Citrus limon,* semente de rosa canina*, Sideritis* spp., *Hypericum perforatum, Origanum dictamnus, Mentha pulegium* L., *Melissa officinalis, Mentha spicata* L. e *Lavandula angustifolia*	Iogurte, kefir, queijo e leite	Aumento da atividade antioxidante e valor funcional	Kandyliari et al. (2023)
Micronutrientes e lipídeos	Vitaminas, minerais, Ômega-3	Leite, bebidas, queijo e iogurte	Melhorou o perfil nutricional	Savatinova; Ivanova (2024)
Probióticos e fibras alimentares	*Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium lactis* Bb12, maçã, laranja, aveia, bambu e trigo	Sorvete	Melhorou as propriedades reológicas e resistência ao derretimento, com redução da viabilidade de *B. lactis* e aceitabilidade de sabor	Akalin et al. (2018)
Encapsulamento	Bioativos encapsulados, probióticos e carotenoides	Leite e produtos lácteos	Estabilidade, liberação e bioacessibilidade	Shamil; Nautiyal; Omar (2023)

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Sob a perspectiva tecnológica, esses alimentos podem conter componentes bioativos naturalmente presentes ou resultar de modificações na formulação, como a adição, a remoção ou a alteração da disponibilidade de determinados constituintes. Essa diferenciação deve ser empregada com cautela, uma vez que produtos naturalmente nutritivos, alimentos enriquecidos e produtos autorizados a veicular alegações funcionais não constituem categorias equivalentes. A comprovação dos benefícios depende da caracterização do ingrediente, da dose utilizada, da estabilidade durante o processamento e o armazenamento e, quando pertinente, da demonstração de seus efeitos no organismo (Edkaidek; Dahiya; Nigam, 2026).

As tendências do setor incluem a valorização da saúde intestinal, o desenvolvimento de formulações personalizadas, a utilização de ingredientes naturais e a incorporação de compostos provenientes de fontes alternativas, como cianobactérias, fungos, produtos apícolas e coprodutos agroindustriais (Irigoiti et al., 2021; Oslan et al., 2025; Saini et al., 2025). Também se observa um crescente interesse por produtos associados ao conceito de *clean label*. Entretanto, esse termo não possui definição única e não deve ser empregado como sinônimo de produto saudável, funcional ou minimamente processado.

Os avanços nas pesquisas sobre a microbiota intestinal têm ampliado as aplicações de probióticos, prebióticos, simbióticos e pós-bióticos em alimentos. Assim, os produtos lácteos fermentados constituem matrizes relevantes para a incorporação desses componentes e de outros ingredientes bioativos, embora sua eficácia dependa da compatibilidade entre a matriz, os ingredientes adicionados e as culturas microbianas. Esses aspectos fundamentam a discussão sobre o uso de probióticos, *Limnospira* spp. e própolis nas seções seguintes.

2.2. Produtos lácteos fermentados como veículos de compostos bioativos

Os produtos lácteos fermentados constituem matrizes amplamente utilizadas para a veiculação de microrganismos e compostos bioativos devido à sua composição nutricional, às propriedades físico-químicas do leite e à aceitação desses produtos pelos consumidores. Proteínas, lipídios, minerais e a estrutura

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

coloidal da matriz podem influenciar a solubilidade, a estabilidade e a liberação dos ingredientes incorporados durante o armazenamento e a digestão. Entretanto, essas interações não são necessariamente benéficas, pois podem proteger determinados compostos contra a degradação ou reduzir sua disponibilidade, dependendo de sua natureza química e das condições de processamento (Gao et al., 2021; Huppertz et al., 2024).

As proteínas do leite apresentam elevado valor biológico e constituem fontes de peptídeos bioativos. Durante a fermentação, a atividade proteolítica das culturas microbianas pode hidrolisar caseínas e proteínas do soro, liberando sequências peptídicas antes inativas em suas estruturas. Esses peptídeos têm sido investigados por sua atividade antioxidante, antimicrobiana, imunomoduladora, antitrombótica e inibitória da enzima conversora de angiotensina e da DPP-IV (dipeptidil-peptidase-IV) (Park; Nam, 2015; Auestad; Layman, 2021). Contudo, grande parte dessas propriedades foi demonstrada em ensaios in vitro, sendo necessária cautela ao extrapolá-las para efeitos fisiológicos em humanos.

A fermentação também promove transformações em carboidratos, lipídios e outros constituintes da matriz, podendo modificar a digestibilidade, a biodisponibilidade e as características sensoriais do produto. A extensão dessas modificações depende das espécies e das cepas empregadas, da atividade metabólica das culturas, da composição do leite e dos parâmetros de processamento. Portanto, os efeitos funcionais não devem ser atribuídos genericamente à fermentação, mas sim avaliados para cada produto e condição experimental (Solieri et al., 2022; Aguirre-Garcia et al., 2024).

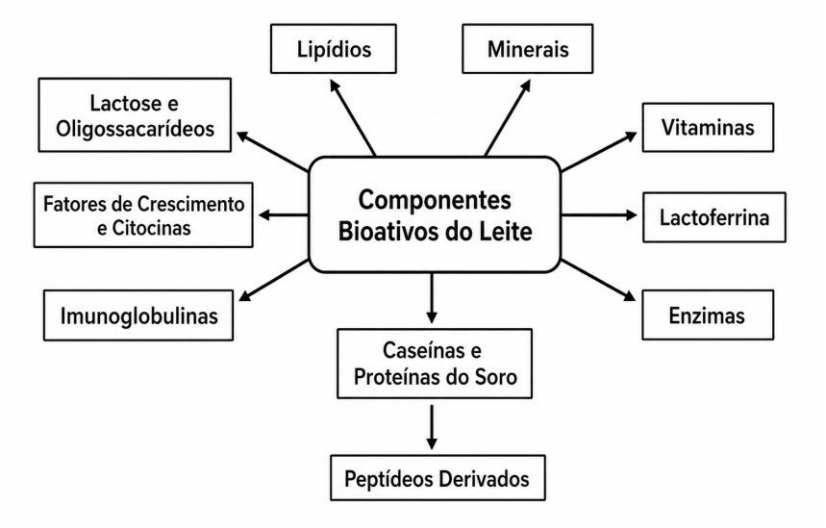
A Figura 1 apresenta os principais componentes bioativos naturalmente presentes ou liberados durante a fermentação do leite. Entre eles estão peptídeos, ácidos graxos, vitaminas, exopolissacarídeos e metabólitos microbianos, cujas concentrações e atividades podem variar conforme a matéria-prima e as culturas utilizadas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Figura 1. Principais componentes bioativos presentes ou gerados em produtos lácteos fermentados.



Fonte: Adaptado de Park; Nam (2015).

A atividade proteolítica das culturas iniciadoras, adjuntas ou probióticas constitui um dos principais mecanismos de geração de peptídeos bioativos em produtos lácteos fermentados. Exemplos de culturas, matrizes e atividades avaliadas são apresentados na Tabela 2. A interpretação desses resultados deve considerar o tipo de ensaio utilizado, especialmente porque atividades demonstradas in vitro não confirmam necessariamente eficácia clínica.

Tabela 2. Peptídeos bioativos liberados durante o processo de fermentação e as culturas microbianas.

Cultura microbiana	Matriz	Atividade avaliada nos peptídeos ou hidrolisados	Referência
S. thermophilus RBC06, RBC20 e RBN16	Soro de leite	Inibição da ECA*, DPP-IV** e atividade antioxidante	Solieri et al. (2022)
L. rhamnosus GG e *L. paracasei*	Iogurte	Inibição da ECA, atividade antioxidante, antidiabética e antimicrobiana, efeito citotóxico contra células de adenocarcinoma Caco-2	Çakmakoğlu et al. (2024)
L. delbrueckii PTCC 1900, *L.* paracasei subsp. *paracasei* PTCC 1945 e *L. helveticus* PTCC 1930	Leite fermentado	Propriedades proteolíticas, antidiabéticas e antioxidantes	Shirkhan et al. (2023)
S. thermophilus e *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *B. animalis* BB-12 e *L. acidophilus* La5	Iogurte	Inibição da ECA	Shakerian et al. (2015)

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Cepas locais de bactérias lácticas do Vale de Aosta (Itália)	Leite de ovelha fermentado	Bioatividade dos peptídeos, Inibição da ECA e aceitação sensorial	Flutto et al. (2024)
L. plantarum 350-2 e *L. bulgaricus* SH34-3	Leite de burra fermentado	Peptídeos com ação anti-inflamatória	Ning et al. (2025)

*ECA: enzima conversora de angiotensina. **DPP-IV: dipeptidil-peptidase-IV
Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Além dos componentes naturalmente presentes ou formados durante a fermentação, a matriz láctea permite a incorporação de ingredientes provenientes de frutas, vegetais, cianobactérias, algas, produtos apícolas e coprodutos agroindustriais. Esses ingredientes podem modificar a composição nutricional, a atividade antioxidante, a textura, a cor, o aroma e a estabilidade microbiológica dos produtos. Sua aplicação, entretanto, requer avaliação da compatibilidade com as culturas fermentadoras, da estabilidade dos compostos, da segurança e da aceitação sensorial. Exemplos dessas interações são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Principais interações que limitam o desempenho de ingredientes bioativos adicionados a matrizes alimentares.

Interação	Consequência tecnológica	Referência
Polifenol – proteína/gordura	Menor atividade antimicrobiana ou distribuição desigual	Martinengo; Arunachalam; Shi (2021) Chibane et al. (2019)
Polifenol – macromoléculas da matriz	Mudança na estabilidade física, liberação de aroma e adstringência	Ferreira et al. (2026)
Processamento e armazenamento	Perda de estabilidade e atividade com calor, oxidação e fermentação	Martinengo; Arunachalam; Shi (2021)
Formulação do sistema	Efeito final depende da composição e das interações microestruturais	Moeini et al. (2022) Hashemi; Khorshidian; Mohammadi (2022)

Diferentes ingredientes naturais têm sido avaliados em iogurtes e leites fermentados, conforme apresentado na Tabela 4. Esses estudos demonstram a versatilidade da matriz láctea. Entre as estratégias utilizadas para ampliar a funcionalidade dos produtos lácteos fermentados, destaca-se a incorporação de culturas probióticas. Entretanto, o desempenho desses microrganismos depende da cepa, da composição da matriz, das condições de fermentação e de sua sobrevivência durante o armazenamento e o trânsito gastrointestinal. Esses aspectos são discutidos na seção seguinte.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Tabela 4. Exemplos de ingredientes naturais incorporados a iogurtes e a leites fermentados, e os principais parâmetros avaliados.

Produto	Ingrediente adicionado	Resultados encontrados	Referência
Iogurte	Extratos de raiz de malvarisco, alcaçuz e cogumelo maitake	Apresentou funcionalidade em casos de disfunção da barreira intestinal	Aleman et al. (2023)
Iogurte simbiótico	Farinha de yacon e *Bifidobacterium* BB-12®	Atendeu aos padrões físico-químicos, viabilidade do probiótico e moderada aceitação sensorial	Xavier et al. (2025)
Iogurte simbiótico com leite integral e desnatado	*Bifidobacterium* Bb12, *L. acidophilus* LA-5, frutooligossacarídeo (FOS) e cajá	Resultados satisfatórios quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, viabilidade do probiótico e aceitação sensorial	Ferreira et al. (2021)
Iogurte probiótico de leite de cabra	Polpa de manga	Aceitação sensorial com intenção de compra	Sousa et al. (2019)
Iogurte de leite de cabra	Farinha de xique-xique	Não afetou negativamente as características tecnológicas, agregando valor nutricional e funcional ao produto	Dantas et al. (2022)
Iogurte integral e desnatado	Extrato de hibisco e micropartículas de hibisco	Conferiu cor e apelo funcional ao produto, com boa aceitação sensorial	Moura et al. (2022)
Iogurte	Extratos encapsulados de segurelha (*Satureja hortensis* L.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.)	Inibiu o processo pós-fermentação, melhorou os parâmetros texturais durante o armazenamento e aumento da vida útil	Popescu et al. (2023)
Iogurte	Extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum* e *Fucus vesiculosus)*	Houve redução da atividade biológica dos extratos quando adicionados ao iogurte, embora aceito sensorialmente	O'Sullivan et al. (2016)
Leite fermentado	Extratos fenólicos de bagaço de azeitona e uva	Estabilidade dos compostos fenólicos sem interferir na fermentação	Aliakbarian et al. (2015)
Leite fermentado	*L. helveticus* B-1, inulina e galacto-oligossacarídeos	Melhorou a textura e a liberação de sabor do leite fermentado	Chi et al. (2024)
Iogurte	Farinha de lula gigante	Melhorou as propriedades físico-químicas e não afetou negativamente suas propriedades sensoriais	Córdova-Ramos; Gonzales-Barron; Cerrón-Mallqui (2018)
Iogurte	Extrato de moringa (*Moringa oleífera*)	Acelerou a taxa de fermentação com crescimento das BAL, melhorou a textura e a bioatividade do iogurte	Zhang et al. (2019)
Iogurte integral e desnatado	*L. acidophilus*, pó de caqui (*Diospyros kaki*) e maçã	Aumentou a capacidade de retenção de água, elevou os teores de minerais e fibras, com crescimento de *L. acidophilus*,	Karaca; Saydam; Güven (2019)
Iogurte funcional em pó	Pó de casca de romã e mel	Aumentou o teor fenólico e atividade antioxidante, viabilidade celular e estabilidade no armazenamento	Kennas et al. (2020)

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

2.3. Principais grupos e critérios de seleção de microrganismos probióticos

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (Gao et al., 2021). Essa definição pressupõe que o benefício seja

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

demonstrado para microrganismos adequadamente identificados e administrados em dose compatível com as evidências disponíveis. Portanto, uma espécie não deve ser considerada probiótica apenas por pertencer a um grupo tradicionalmente associado a efeitos benéficos, pois tais efeitos são, em grande parte, específicos da cepa.

Conceitos relacionados, como paraprobióticos, pós-bióticos e psicobióticos, também têm recebido atenção científica, mas não devem ser apresentados como extensões da definição de probiótico. Paraprobióticos compreendem, de modo geral, células microbianas não viáveis ou seus fragmentos, embora o termo ainda não possua uma definição plenamente harmonizada. Pós-bióticos são preparações de microrganismos inanimados e/ou de seus componentes que conferem benefícios à saúde, podendo conter metabólitos associados à preparação (Zendeboodi et al., 2020). Psicobióticos, por sua vez, correspondem originalmente a microrganismos vivos investigados por seus possíveis efeitos sobre o eixo microbiota–intestino–cérebro e sobre a saúde mental (Ghahari et al., 2026).

A maioria dos probióticos empregados em alimentos pertence ao grupo das bactérias ácido-láticas, composto por microrganismos Gram-positivos, geralmente catalase-negativos, não formadores de esporos e capazes de produzir ácido láctico durante a fermentação de carboidratos. Essas bactérias possuem um longo histórico de uso em alimentos fermentados; entretanto, nem toda cultura ácido-láctica ou fermentadora apresenta benefício comprovado e, portanto, nem todas podem ser classificadas como probióticas (Bintsis, 2018).

Entre os grupos mais empregados, encontram-se espécies dos gêneros *Lactobacillus, Lacticaseibacillus, Lactiplantibacillus, Limosilactobacillus, Lactococcus e Bifidobacterium*. A reorganização taxonômica do antigo gênero *Lactobacillus*, baseada em análises filogenômicas, resultou na criação de novos gêneros, como *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus* e *Limosilactobacillus* (Zheng et al., 2020). Na primeira menção, pode-se apresentar o nome atual acompanhado da denominação anterior, facilitando a associação à literatura mais antiga.

Entre os lactobacilos frequentemente empregados estão *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* e *Limosilactobacillus reuteri*. Determinadas cepas desses grupos apresentam

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

tolerância às condições gastrointestinais, capacidade de interagir com o epitélio e com a microbiota, e potencial para produzir ácidos orgânicos, bacteriocinas e outros metabólitos. Entretanto, a intensidade e a relevância desses efeitos variam entre cepas e não devem ser generalizadas para toda a espécie (Echegaray et al., 2023; Jang; Lee; Pa, 2024).

As bifidobactérias também constituem um grupo relevante, destacando-se *Bifidobacterium animalis*, *B. bifidum*, *B. breve* e *B. longum*. Esses microrganismos integram a microbiota intestinal humana, com maior abundância relativa nos primeiros períodos da vida. Algumas cepas são capazes de utilizar carboidratos não digeríveis e produzir acetato e lactato, contribuindo para interações metabólicas com outros membros da microbiota intestinal (Hidalgo-Cantabrana et al., 2017).

Entre as leveduras, destaca-se *Saccharomyces boulardii*, frequentemente classificada como uma linhagem de *S. cerevisiae*. Por ser uma levedura, não é afetada pela maioria dos antibacterianos, o que permite seu uso concomitante a determinados tratamentos. Algumas cepas têm sido investigadas como adjuvantes na prevenção ou na redução da duração de quadros diarreicos. Contudo, sua administração requer cautela em indivíduos imunocomprometidos, criticamente enfermos ou portadores de cateter venoso central (Tomicic; Saric; Tomicic, 2024).

A seleção de uma cepa probiótica para aplicação em alimentos deve considerar sua identidade taxonômica, segurança, ausência de resistência antimicrobiana transferível, benefício demonstrado, dose efetiva e compatibilidade com a matriz. Também devem ser avaliadas a sobrevivência ao processamento e ao armazenamento e, quando relevante para o mecanismo de ação, a tolerância às condições gastrointestinais. A viabilidade deve ser monitorada até o final da vida útil, considerando a quantidade necessária para reproduzir o benefício demonstrado (Binda et al., 2020).

2.4. Mecanismos de ação dos probióticos

Os efeitos atribuídos aos probióticos decorrem de diferentes mecanismos, que envolvem interações com a microbiota intestinal, o epitélio, o sistema imunológico e os substratos do trato gastrointestinal. A ocorrência e a intensidade

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

dessas respostas variam conforme a cepa, a dose, a via de administração e as características fisiológicas do hospedeiro. Entre os principais mecanismos investigados estão a exclusão competitiva de microrganismos potencialmente patogênicos, a produção de compostos antimicrobianos, o fortalecimento da barreira intestinal, a modulação da resposta imunológica e a alteração da atividade metabólica da microbiota (Plaza-Diaz et al., 2019).

Algumas cepas probióticas podem interagir transitoriamente com o muco e as células epiteliais, competindo com microrganismos potencialmente patogênicos por nutrientes ou por sítios de adesão. Essa competição pode limitar o estabelecimento e a multiplicação de microrganismos indesejáveis. Entretanto, a adesão e a colonização permanente não constituem requisitos universais para a atividade probiótica, pois muitas cepas exercem seus efeitos durante sua passagem transitória pelo trato gastrointestinal (Gu et al., 2022; Mazziotta et al., 2023).

A produção de compostos antimicrobianos também contribui para essas interações. Determinadas cepas produzem ácidos láctico e acético, bacteriocinas, biossurfactantes e, em condições específicas, peróxido de hidrogênio. Os ácidos orgânicos podem promover a acidificação localizada do ambiente, enquanto as bacteriocinas atuam sobre microrganismos sensíveis por diferentes mecanismos, incluindo alterações na membrana celular. A natureza e a quantidade dos compostos produzidos dependem da cepa, do substrato disponível e das condições ambientais (Latif et al., 2023).

Outro mecanismo está relacionado à manutenção da barreira intestinal. O epitélio limita a passagem de microrganismos, antígenos e componentes potencialmente nocivos da luz intestinal aos tecidos subjacentes. Algumas cepas podem estimular a produção de mucinas, influenciar a expressão de proteínas das junções intercelulares e favorecer a renovação epitelial. Esses efeitos podem contribuir para a manutenção da integridade da mucosa e para a redução da passagem de componentes microbianos; contudo, grande parte das evidências mecanísticas ainda se baseia em modelos celulares e experimentais (Mazziotta et al., 2023).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Os probióticos também podem modular a resposta imunológica por meio da interação com células epiteliais e componentes do tecido linfoide associado ao intestino. Dependendo da cepa e do contexto fisiológico, essa interação pode modificar a produção de IgA, a atividade de células apresentadoras de antígenos, a diferenciação de linfócitos e o perfil de citocinas pró e anti-inflamatórias. Assim, a ação imunológica não deve ser descrita apenas como estimulação, mas como regulação orientada à manutenção da homeostase (Latif et al., 2023; Mazziotta et al., 2023).

A atividade metabólica dos probióticos e suas interações com a microbiota residente também podem influenciar a formação de metabólitos biologicamente ativos. Lactobacilos produzem predominantemente lactato, enquanto bifidobactérias produzem principalmente acetato e lactato. Esses produtos podem ser utilizados por outros microrganismos intestinais em processos de alimentação cruzada, favorecendo a formação de propionato e butirato. Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) participam do metabolismo dos colonócitos e da regulação da barreira intestinal e das respostas imunológicas, embora sua formação e seus efeitos dependam da estrutura da microbiota e da disponibilidade de substratos fermentáveis (Markowiak-Kopeć; Śliżewska, 2020).

A microbiota também participa da comunicação bidirecional entre o trato gastrointestinal e o sistema nervoso central, denominada eixo microbiota–intestino–cérebro. Essa comunicação envolve vias neurais, endócrinas, imunológicas e metabólicas. Algumas cepas probióticas têm sido investigadas por sua capacidade de modificar metabólitos neuroativos, respostas ao estresse e mediadores inflamatórios. Estudos pré-clínicos e clínicos indicam possíveis efeitos sobre ansiedade, humor, qualidade do sono e cognição; entretanto, os resultados ainda são heterogêneos e não podem ser extrapolados entre cepas ou utilizados como comprovação de eficácia terapêutica (Kezer et al., 2025).

Os principais mecanismos atribuídos aos probióticos são sintetizados na Tabela 5. Embora apresentados separadamente, esses processos podem ocorrer simultaneamente e influenciar-se mutuamente.

Apesar dos avanços na compreensão desses mecanismos, permanecem lacunas quanto à identificação das cepas mais adequadas para cada finalidade, às

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

doses necessárias, à duração do consumo e às interações com a dieta, a microbiota e as condições fisiológicas do hospedeiro.

Tabela 5. Principais mecanismos de ação atribuídos aos probióticos e possíveis consequências fisiológicas.

Mecanismo	Processos envolvidos	Possíveis consequências fisiológicas	Considerações
Exclusão competitiva	Competição por nutrientes e sítios de adesão, interação com o muco	Limitação do estabelecimento de microrganismos potencialmente patogênicos	Dependente da cepa, não requer colonização permanente
Produção de metabólitos antimicrobianos	Formação de ácidos orgânicos, bacteriocinas e outros compostos antimicrobianos	Inibição de microrganismos sensíveis e modificação do ambiente intestinal	A produção e a atividade variam conforme a cepa e as condições ambientais
Modulação da microbiota	Interações metabólicas, alimentação cruzada e alteração da disponibilidade de substratos	Modificação da composição ou da atividade metabólica da comunidade intestinal	Alterações na composição não significam necessariamente benefício clínico
Fortalecimento da barreira intestinal	Estímulo à produção de mucinas e modulação de proteínas das junções intercelulares	Manutenção da integridade epitelial e redução da passagem de componentes microbianos	Evidências provenientes principalmente de estudos in vitro e experimentais para algumas cepas
Imunomodulação	Interação com células epiteliais, células dendríticas, macrófagos e linfócitos; modulação de citocinas e IgA	Regulação das respostas imunes e inflamatórias	O efeito pode ser estimulador ou regulador, conforme a cepa e o hospedeiro
Modulação de metabólitos microbianos	Produção de lactato e acetato e favorecimento indireto da formação de outros AGCC	Suporte ao metabolismo dos colonócitos e à homeostase intestinal	Muitos efeitos resultam da interação com a microbiota residente
Eixo microbiota-intestino-cérebro	Vias neurais, endócrinas, imunes e metabólicas	Possível influência sobre respostas ao estresse, sono, humor e cognição	Evidências clínicas ainda heterogêneas

AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; IgA: imunoglobulina A.
Fonte: Elaborada pelos autores com base em Plaza-Diaz et al. (2019), Markowiak-Kopeć; Śliżewska (2020), Mazziotta et al. (2023) e Latif et al. (2023).

2.5. *Limnospira* spp. como ingrediente funcional

A denominação comercial “espirulina” é utilizada para designar a biomassa de cianobactérias filamentosas produzida para fins alimentícios, historicamente classificada no gênero *Arthrospira*. Avanços nas análises filogenéticas e genômicas resultaram na proposição do gênero *Limnospira* para linhagens de relevância comercial anteriormente identificadas como *Arthrospira platensis*, *A. máxima* e *A.*

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

fusiformis (Sinetova; Kupriyanova; Los, 2024). Entretanto, os termos *Arthrospira* e "espirulina" ainda são frequentes na literatura científica e no mercado. Neste capítulo, será adotada a nomenclatura *Limnospira*, mantendo-se "espirulina" apenas quando empregada como denominação comercial.

A biomassa de *Limnospira* spp. apresenta elevado teor de proteínas, de pigmentos e de outros componentes de interesse nutricional e tecnológico. Dependendo da linhagem e das condições de cultivo e de processamento, as proteínas podem representar entre 55% e 70% da matéria seca. Elas contêm todos os aminoácidos essenciais, embora aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína, possam estar presentes em proporções limitantes. A biomassa também contém carotenoides, minerais e vitaminas, mas sua contribuição nutricional depende da concentração adicionada ao alimento e da biodisponibilidade dos nutrientes (Podgórska-Kryszczuk, 2024).

Embora sejam relatadas as vitaminas do complexo B, é necessária cautela quanto à vitamina B12, pois parte dos compostos encontrados na biomassa convencional corresponde a análogos de cobalamina de baixa atividade biológica em humanos (Tzachor et al., 2024). A fração lipídica é relativamente reduzida, mas contém ácidos graxos poli-insaturados, incluindo o ácido γ-linolênico, investigado por seus possíveis efeitos sobre processos inflamatórios (Yang et al., 2020).

Entre os compostos de maior interesse destaca-se a ficocianina, pigmento proteico responsável por parte da coloração azulada da biomassa. Esse composto tem apresentado atividade antioxidante e anti-inflamatória, principalmente em ensaios in vitro e em modelos experimentais. Carotenoides, clorofilas, compostos fenólicos, polissacarídeos e peptídeos também podem contribuir para a atividade biológica atribuída à biomassa (Spínola; Mendes; Prates, 2024).

Estudos clínicos e experimentais têm investigado os efeitos da suplementação com biomassa de espirulina sobre marcadores lipídicos, glicêmicos, inflamatórios e antropométricos. Alguns resultados indicam alterações favoráveis nesses parâmetros; contudo, diferenças entre linhagens, composição da biomassa, doses, duração das intervenções e populações avaliadas dificultam a generalização dos resultados. Dessa forma, alegações relacionadas à prevenção ou ao

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

tratamento de doenças devem ser evitadas na ausência de evidências clínicas específicas e consistentes (Sinetova; Kupriyanova; Los, 2024).

A espirulina tem sido incorporada a massas, produtos de panificação, chocolates, barras de cereais, bebidas e produtos lácteos com o objetivo de aumentar o teor proteico, modificar a composição nutricional e adicionar pigmentos e compostos bioativos. A ficocianina também apresenta potencial como corante natural, embora sua estabilidade possa ser afetada pela temperatura, luz, oxidação e pH. Seu uso está associado às tendências de substituição de corantes sintéticos e de formulação de produtos com listas de ingredientes mais simples (Atubukha et al., 2026).

Na Tabela 6 são listadas algumas das microalgas mais utilizadas e aprovadas para uso alimentar na União Europeia (Olsen; Olsen; Jensen, 2024). Segundo os autores, é importante ressaltar que algumas espécies de microalgas são aprovadas para uso como biomassa integral, enquanto outras são aprovadas apenas como ingredientes ou suplementos alimentares, o que significa que apenas compostos extraídos, como pigmentos ou óleo, podem ser utilizados.

Tabela 6. Microalgas e cianobactérias atualmente aprovadas para uso alimentar na União Europeia e alguns exemplos de suas aplicações.

Espécies	Ano de aprovação	Uso aprovado	Aplicação industrial	Função
Chlorella vulgaris	1997	Biomassa total	Biscoitos, iogurte, queijo processado e géis	Agente corante, tecnofuncional e propriedades nutricionais
Arthrospira platensis (Spirulina)	1997	Biomassa total	Produtos lácteos, pão, salgadinhos e massa	Tecnofuncional e propriedades nutricionais, principalmente proteínas
Odontella aurita	2002	Ingrediente alimentar	N/D	N/D
Tetraselmis chui	2014	Ingrediente alimentar	Substituto da farinha de trigo	Aumentar a bioatividade de produtos sem glúten
Dunaliella salina	1997	Ingrediente alimentar	Massa e pão	Tecnofuncional e propriedades nutricionais
Haematococcus pluvialis	2019	Ingrediente alimentar	Biscoito, géis alimentares vegetarianos, emulsões óleo/água	Tecnofuncional e propriedades nutricionais, antioxidante e PUFAs

PUFAs: ácidos graxos poli-insaturados. N/D: não determinado. Fonte: Olsen; Olsen; Jensen (2024).

Nos produtos lácteos fermentados, a adição de espirulina pode aumentar os teores de proteínas, pigmentos e compostos antioxidantes, além de modificar as

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

propriedades físico-químicas da matriz. Nutrientes disponibilizados pela espirulina também podem favorecer o crescimento ou a manutenção de determinadas culturas fermentadoras e probióticas, mas esse efeito depende da cepa, da concentração adicionada e das condições de processamento e de armazenamento (Medeiros et al., 2022; Ganchev, 2024).

A incorporação de *Limnospira* spp. também pode ocasionar alterações na velocidade de acidificação, na textura, na viscosidade, na cor, no aroma e no sabor. A coloração verde-azulada e as notas sensoriais marinhas, umami, vegetais ou terrosas podem limitar a aceitação em concentrações elevadas (Zhao et al., 2024). Estratégias como microencapsulação, associação com frutas, seleção de aromas compatíveis e otimização da concentração podem auxiliar na obtenção de um equilíbrio entre a composição funcional, a estabilidade e a aceitabilidade (Zen et al., 2020; Belović et al., 2026).

A segurança da biomassa constitui outro aspecto essencial. A matéria-prima deve apresentar identidade taxonômica confirmada e ser produzida sob condições controladas, com monitoramento de cianotoxinas, metais, contaminantes microbiológicos e possíveis resíduos do meio de cultivo. Esses controles são necessários porque a composição e a segurança não dependem apenas da espécie, mas também das condições ambientais, do sistema produtivo e do processamento (Sánchez-Parra; Boutarfa; Aboal, 2020).

Assim, a biomassa de *Limnospira* apresenta potencial nutricional e tecnológico para o desenvolvimento de produtos lácteos fermentados multifuncionais. Sua aplicação, entretanto, requer a definição de concentrações que conciliem a composição nutricional, a estabilidade dos compostos, a viabilidade das culturas, a segurança e a aceitação sensorial.

2.6. Própolis como ingrediente bioativo natural

A própolis é um produto resinoso elaborado pelas abelhas a partir de materiais coletados de brotos, exsudatos e outras estruturas vegetais, aos quais são adicionadas cera e secreções das próprias abelhas. Na colmeia, é empregada na vedação de frestas, no revestimento de superfícies, no reforço estrutural e na

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

proteção sanitária. Sua composição diversificada tem estimulado pesquisas sobre aplicações farmacêuticas, cosméticas e alimentícias (Grinn-Gofroń et al., 2025).

A composição da própolis varia de acordo com a origem botânica e geográfica, a sazonalidade, as condições ambientais, a espécie de abelha e os procedimentos de coleta, armazenamento e extração. De modo geral, contém resinas, ceras, compostos voláteis e diferentes metabólitos de origem vegetal, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, terpenoides e outros compostos bioativos (Ferreira; Negri, 2018). Entretanto, a ocorrência e a concentração desses constituintes variam entre as amostras, o que dificulta a comparação entre os estudos e evidencia a necessidade de caracterização e padronização dos extratos.

O Brasil apresenta elevada diversidade de própolis devido à sua riqueza botânica e à variedade de biomas. Entre os tipos mais estudados estão as própolis verde, vermelha e marrom, que têm origens botânicas e perfis químicos distintos. A geoprópolis, produzida por determinadas espécies de abelhas sem ferrão com incorporação de material do solo, possui composição própria e deve ser diferenciada da própolis produzida por *Apis mellifera* (Ferreira; Negri, 2018).

Extratos de própolis têm apresentado atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, imunomoduladora e antiviral. Contudo, essas propriedades não apresentam o mesmo nível de evidência e foram demonstradas, em grande parte, por meio de ensaios químicos, modelos celulares e estudos experimentais. A atividade antioxidante está relacionada principalmente à presença de compostos capazes de interagir com espécies reativas e de retardar processos oxidativos. Em alimentos, esse efeito pode contribuir para a estabilidade de componentes suscetíveis à oxidação, mas não comprova, isoladamente, benefício fisiológico ou prevenção de doenças no consumidor (Almuhayawi, 2020).

A atividade antimicrobiana é uma das propriedades mais investigadas. Determinados constituintes podem alterar a integridade das membranas, interferir na atividade enzimática e afetar os processos metabólicos dos microrganismos. Em geral, as bactérias Gram-positivas apresentam maior suscetibilidade, embora também haja resultados contra espécies Gram-negativas, fungos e alguns vírus. A intensidade dessa atividade depende do tipo de própolis, do método de extração,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

da concentração, do microrganismo-alvo e da composição da matriz na qual o extrato é aplicado (Pobiega; Kraśniewska; Gniewosz, 2019).

Na indústria de alimentos, extratos de própolis têm sido incorporados a bebidas, queijos, produtos cárneos, produtos de panificação e derivados lácteos. Também podem ser aplicados em revestimentos e em embalagens ativas. Essas estratégias são investigadas com o objetivo de retardar as alterações oxidativas, limitar o crescimento de microrganismos deteriorantes ou patogênicos e acrescentar compostos bioativos aos produtos (Pelaez-Acero et al., 2025). Entretanto, a eficácia observada em ensaios in vitro não garante desempenho equivalente na matriz alimentar, pois proteínas, lipídios e outros componentes podem interagir com os constituintes da própolis (Shahidi; Athiyappan, 2025).

Nos produtos lácteos fermentados, a incorporação de própolis apresenta tanto oportunidades quanto limitações. Seus componentes podem aumentar o teor de fenólicos e a capacidade antioxidante do produto, além de contribuir para o controle de determinados microrganismos. Por outro lado, a atividade antimicrobiana pode inibir culturas iniciadoras ou reduzir a viabilidade de cepas probióticas, alterando a taxa de acidificação e a composição microbiana durante o armazenamento. Esses efeitos dependem da cepa, da concentração e das características do extrato (Gunes-Bayir et al., 2022).

A aplicação da própolis também é limitada pelo sabor amargo, pelo aroma intenso, pela baixa solubilidade de alguns componentes e pela possível formação de precipitados. Estratégias como microencapsulação, secagem por atomização, complexação e associação com ingredientes sensorialmente compatíveis podem melhorar a dispersão e reduzir a percepção de sabores residuais. No entanto, a concentração deve ser definida em conjunto com a avaliação da atividade biológica, da viabilidade das culturas e da aceitação sensorial (Pelaez-Acero et al., 2025).

A incorporação da própolis em matrizes fermentadas pode produzir efeitos distintos sobre microrganismos deteriorantes, culturas iniciadoras e cepas probióticas. Esses efeitos dependem da origem e da composição do extrato, da concentração adicionada, da susceptibilidade microbiana e das interações com a

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

matriz alimentar. Alguns resultados relatados em produtos fermentados são apresentados na Tabela 7.

A utilização alimentar requer ainda padronização química, rastreabilidade e monitoramento de contaminantes e de solventes residuais. Também deve ser considerada a possibilidade de reações de hipersensibilidade em indivíduos sensíveis a produtos apícolas. Dessa forma, a origem e a composição do extrato, a dose incorporada e a segurança do produto final precisam ser claramente estabelecidas (Pelaez-Acero et al., 2025).

Tabela 7. Efeitos da adição de extratos de própolis a diferentes matrizes fermentadas, sob diferentes condições, avaliados nos estudos.

Matriz alimentar	Faixa/concentração	Efeito observado	Referência
Queijo cremoso de iogurte *(Labneh)* com tomilho	1 – 1,5%	Inibição de bolores e leveduras	Ibrahim; Alqurashi (2022)
Iogurte probiótico	Extrato de própolis vermelha (0,05%)	Estabilidade microbiológica por 28 dias	Santos et al. (2019)
Kefir	0,5%	Aumento do crescimento de lactococos, maior aceitação sensorial, aumento da atividade antioxidante	Bağdat; Ilikkan (2024)
Bebida probiótica não láctea	Extrato de própolis vermelha microencapsulada	Maior atividade antioxidante e fenólica	Ferreira et al. (2023)
Leite desnatado e ricota	Extrato de própolis italiana (2% e 5%)	Redução de *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*	Pedonese et al. (2019)
Leite, iogurte e kefir	Extrato de própolis verde (0,5 – 2,0%)	Concentração 0,5% apresentou maior aceitação sensorial	Chon et al. (2020)

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A própolis apresenta potencial como fonte de compostos bioativos e como agente complementar de conservação em produtos fermentados. Sua aplicação tecnológica, entretanto, depende do equilíbrio entre a atividade antioxidante ou antimicrobiana, a compatibilidade com as culturas fermentadoras, a estabilidade, a segurança e a aceitação sensorial. Esse equilíbrio é particularmente relevante quando a própolis é combinada com probióticos e outros ingredientes bioativos na mesma matriz.

2.7. Potencial de associação entre probióticos, *Limnospira* spp. e própolis em leites fermentados

A incorporação conjunta de probióticos, biomassa de *Limnospira* spp., comercialmente denominada espirulina, e própolis em leites fermentados apresenta

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

potencial para reunir componentes com funções nutricionais e tecnológicas distintas. Entretanto, os estudos disponíveis avaliam predominantemente esses ingredientes isoladamente ou em combinações parciais. Assim, na ausência de experimentos que comparem os componentes individuais e os associados, não é possível afirmar a ocorrência de sinergismo entre os três componentes.

A biomassa de espirulina contém proteínas, aminoácidos, pigmentos e outros componentes que podem modificar o crescimento e a atividade metabólica de culturas fermentadoras ou probióticas. Estudos com iogurtes e leites fermentados indicam que a incorporação desses produtos pode aumentar o teor proteico, a concentração de pigmentos e a capacidade antioxidante dos produtos. Algumas formulações também apresentam maior contagem de determinadas bactérias durante o armazenamento; contudo, essa resposta depende da cepa, da concentração de biomassa e das condições de fermentação e de conservação (Ebid; Ali; Elewa, 2022; Vargas et al., 2025).

A própolis, por sua vez, contém compostos fenólicos, terpenoides e outros constituintes com atividade antioxidante e antimicrobiana. Em produtos fermentados, esses componentes podem contribuir para retardar processos oxidativos ou limitar o crescimento de microrganismos deteriorantes. Entretanto, as interações com proteínas e lipídios do leite podem modificar sua disponibilidade e atividade. Além disso, concentrações com atividade antimicrobiana podem inibir culturas iniciadoras ou reduzir a viabilidade das cepas probióticas (Almuhayawi, 2020; Ibrahim; Alqurashi, 2022).

Sob a perspectiva funcional, os três componentes apresentam mecanismos potencialmente complementares. Os probióticos podem interagir com a microbiota, a barreira intestinal e o sistema imunológico; *Limnospira* spp. fornece proteínas, pigmentos e outros componentes bioativos; e a própolis constitui fonte de compostos fenólicos e terpenoides. No entanto, os efeitos demonstrados para cada ingrediente isoladamente não podem ser automaticamente atribuídos à formulação combinada, pois a matriz láctea e as interações entre seus constituintes podem modificar a estabilidade, a biodisponibilidade e a atividade biológica.

A combinação de ficocianina e carotenoides de *Limnospira* spp. com compostos fenólicos da própolis pode aumentar a capacidade antioxidante medida

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

no produto. Esse resultado, porém, não comprova sinergismo nem efeito antioxidante no organismo. A confirmação de interação sinérgica requer ensaios que comparem as respostas dos ingredientes isolados e combinados, utilizando concentrações equivalentes e métodos de análise adequados.

A incorporação simultânea também pode ocasionar alterações relevantes na cor, no sabor, no aroma, na textura e na cinética de fermentação. A coloração verde-azulada e as notas sensoriais terrosas ou marinhas da espirulina, associadas ao amargor e ao aroma intenso da própolis, podem reduzir a aceitação do produto. Dessa forma, a definição de concentrações adequadas e o desenvolvimento de estratégias tecnológicas para minimizar os impactos sensoriais constituem etapas fundamentais para o sucesso comercial dessas formulações, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Estratégias investigadas para reduzir as alterações sensoriais decorrentes da adição de espirulina ou de própolis aos alimentos.

Ingrediente	Estratégia	Efeito principal	Exemplo	Referência
Arthrospira platensis	Microencapsulação	Redução da percepção de sabor residual e maior estabilidade do ingrediente	Iogurte com biomassa ou extrato encapsulado	Akshay et al. (2025)
Arthrospira platensis	Associação com ingredientes aromáticos	Redução da percepção de notas terrosas ou marinhas	Massa com recheio de limão e manjericão	Grahl et al. (2020)
Arthrospira platensis	Uso de ingredientes com sabor e aroma compatíveis	O sabor cítrico dominou na menor concentração (0,2%), enquanto os sabores de frutas vermelhas e secas dominaram nas maiores (1% e 2%).	Barras de cereais com espirulina, laranja e limão cristalizados, amendoim e amêndoas	Ottombrino et al. (2025)
Extrato de própolis	Associação com ingredientes aromáticos	Aceitação semelhante ao controle até o 8º dia	Kefir, morango e própolis (0,225%)	Bengi et al. (2023)
Extrato de própolis	Associação com ingredientes aromáticos	Melhor pontuação sensorial	Iogurte, própolis (0,03%) e canela (2,5%)	Gunes-Bayir et al. (2022)
Própolis vermelha	Microencapsulação	Apresentou aceitação semelhante à da bebida controle	bebida probiótica não láctea de aveia e amêndoas	Ferreira et al. (2023)

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Além dos aspectos sensoriais, é necessário considerar possíveis interações entre os compostos antimicrobianos da própolis e os microrganismos probióticos presentes nos produtos fermentados. Embora a própolis apresente atividade

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

antimicrobiana desejável contra microrganismos deteriorantes e patogênicos, concentrações excessivas podem afetar negativamente a viabilidade das culturas probióticas (Ibrahim; Alqurashi, 2022). Assim, estudos voltados à otimização das formulações são essenciais para garantir o equilíbrio entre funcionalidade, estabilidade microbiológica e viabilidade celular.

Diante desse cenário, a combinação de probióticos, *Limnospira* spp. e própolis constitui uma hipótese promissora para o desenvolvimento de leites fermentados multifuncionais. Entretanto, sua viabilidade depende da demonstração experimental da compatibilidade entre os ingredientes, da manutenção das culturas em concentrações adequadas, da estabilidade dos compostos bioativos e da aceitação sensorial. Na ausência de estudos que comparem os componentes isolados e combinados, a formulação deve ser apresentada como uma perspectiva tecnológica, e não como um produto com sinergismo ou benefícios fisiológicos já comprovados.

Considerações finais

Os produtos lácteos fermentados apresentam características nutricionais e tecnológicas favoráveis à incorporação de microrganismos probióticos e de ingredientes bioativos. Os benefícios dos probióticos, contudo, são específicos da cepa e dependem da dose, da matriz alimentar e das características do hospedeiro. Da mesma forma, o potencial funcional da espirulina e da própolis está condicionado à composição e à origem da matéria-prima, à concentração incorporada, à estabilidade dos compostos e à sua disponibilidade no produto final.

A biomassa de *Limnospira* spp. pode contribuir com proteínas, pigmentos e outros componentes bioativos, enquanto a própolis constitui uma fonte diversificada de compostos fenólicos, terpenoides e substâncias com atividade antioxidante e antimicrobiana. Entretanto, a incorporação desses ingredientes pode alterar a cinética de fermentação, a viabilidade das culturas, a estabilidade físico-química e as características sensoriais dos leites fermentados. Particularmente, a atividade antimicrobiana da própolis pode limitar microrganismos indesejáveis, mas também comprometer culturas iniciadoras ou probióticas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

A associação dos três componentes tem potencial para gerar efeitos complementares, mas ainda não permite afirmar a existência de sinergismo. Estudos futuros devem comparar os ingredientes isolados e combinados, avaliar possíveis interações aditivas, antagônicas ou sinérgicas e estabelecer concentrações que conciliem funcionalidade, segurança e aceitação sensorial. Também são necessários estudos de bioacessibilidade, de estabilidade ao longo da vida útil e de eficácia em humanos antes da atribuição de benefícios fisiológicos ao produto combinado. Assim, o desenvolvimento desses leites fermentados deve ser orientado não apenas pelo aumento do número de ingredientes bioativos, mas também pela demonstração de compatibilidade entre eles e pela comprovação da qualidade do produto final. Essa abordagem poderá sustentar formulações cientificamente fundamentadas e tecnologicamente viáveis.

Referências

ADINEPOUR, F. et al. Fortification/enrichment of milk and dairy products by encapsulated bioactive ingredients. **Food Research International**, v. 157, Art. 111212, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111212

AGUIRRE-GARCIA, Y. L. et al. Lactic acid fermentation in the food industry and bio-preservation of food. **Fermentation***,* v. 10, n. 3, p. 168, 2024. DOI: 10.3390/fermentation10030168

AKALIN, A. S. et al. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 1, p. 37-49, 2018. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468

AKSHAY, P. et al. Microencapsulated spirulina fortified yoghurt – An insight into physicochemical and sensory properties. **Indian Council of Agricultural Research**, v. 72, n. 3, p. 153-163, 2025. DOI:10.21077/ijf.2025.72.3.166590-17

ALEMAN, R. S. et al. Influences of yogurt with functional ingredients from various sources that help treat leaky gut on intestinal barrier dysfunction in Caco-2 cells. **Pharmaceuticals**, v. 16, p. 1511, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/ph16111511

ALIAKBARIAN, B. et al. Production of a novel fermented milk fortified with natural antioxidants and its analysis by NIR spectroscopy. **LWT Food Science Technology**, v. 62, n. 1, p. 376-383, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.07.037

ALMUHAYAWI, M. S. Propolis as a novel antibacterial agent. **Saudi Journal of Biological Science**, v. 27, n. 11, p. 3079-3086, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.016

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Nota Técnica nº 43/2025/SEI/COPAR/GGALI/DIRE2/ANVISA:** atualização das orientações sobre

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

alegações de propriedades funcionais para nutrientes com funções plenamente reconhecidas na rotulagem de alimentos embalados. Brasília, DF: Anvisa, 2025.

ARAI, S. Functional food science in Japan: State of the Art. **BioFactors**, v. 12, n. 1-4, p. 13-16, 2000. DOI: 10.1002/biof.5520120103

ATUBUKHA, B. et al. Microalgae techno-functional properties in bread, cookies, and pasta products: A review. **Comprehensive Review**, v. 25, n. 2, p. e70428, 2026. DOI: 10.1111/1541-4337.70428

AUESTAD, N.; LAYMAN, D. K. Dairy bioactive proteins and peptides: a narrative review. **Nutrition Reviews***,* v. 79, supl. 2, p. 36-47, 2021. DOI: 10.1093/nutrit/nuab097

BAĞDAT, E. Ş.; KAHRAMAN ILIKKAN, Ö. investigation of microbiological, physicochemical, and sensory properties of a kefir drink fortified with propolis. **Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, v. 39, n. 1, p. 35-44, 2024. DOI: 10.36846/CJAFS.2024.131

BALLINI, A. et al. About functional foods: The probiotics and prebiotics state of art. **Antibiotics**, v. 12, p. 635, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/antibiotics12040635

BENGI, S. et al. Effect of propolis extract addition on some physicochemical, microbiological, and sensory properties of kefir drinks. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 11, p. 7407-7417, 2023. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.3671

BELOVIĆ, M. et al. Relationship Between knowledge, attitudes, and practices for the consumption of *Spirulina*-enriched fruit and vegetable juices: structural equation modelling and consumers' preference evaluation approach. **Nutrients**, v. 18, n. 8, p. 1309, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/nu18081309

BINDA, S. et al. Criteria to qualify microorganisms as "probiotic" in foods and dietary supplements. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1662, 2020. DOI:10.3389/fmicb.2020.01662

BINTSIS, T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. **AIMS Microbiology**, v. 4, n. 4, p. 665-684, 2018. DOI: 10.3934/microbiol.2018.4.665

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999**.** Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 3 dez. 1999a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999**.** Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde em sua rotulagem. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 10 dez. 1999b.

ÇAKMAKOĞLU, S. K. et al. Production of bioactive peptides during yogurt fermentation, their extraction and functional characterization. **Food Bioscience**, v. 61, p. 104805, 2024. DOI: 10.1016/j.fbio.2024.104805

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

CHI, X. et al. Improvement of rheological and sensory properties of *Lactobacillus helveticus* fermented milk by prebiotics. **Food Chemistry X**, v. 23, p. 101679, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101679

CHIBANE, L. B. et al. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 4, p. 1457-1474, 2019, DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.9357

CHON, J.-W. et al. Chemical and organoleptic properties of some dairy products supplemented with various concentration of propolis: a preliminary study. **Journal of Dairy Science and Biotechnology**, v. 38, n. 2, p. 59-69, 2020. DOI: https://doi.org/10.22424/jdsb.2020.38.2.59

CÓRDOVA-RAMOS, J.S.; GONZALES-BARRON, U.; CERRÓN-MALLQUI, L.M. Physicochemical and sensory properties of yogurt as affected by the incorporation of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) powder. **LWT - Food Science Technology**, v. 93, p. 506-510, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.082

CRUZ, A. I. C. et al. A sodium alginate bilayer coating incorporated with green propolis extract as a powerful tool to extend *Colossoma macropomum* fillet shelf-life. **Food Chemistry,** v. 355, p. 129610, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129610

DANTAS, D. L. S. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: Improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. **LWT – Food Science and Technology**, v. 158, art. 113165, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113165

EBID, W. M. A.; ALI, G. S.; ELEWA, N. A. H. Impact of *Spirulina platensis* on physicochemical, antioxidant, microbiological and sensory properties of functional labneh. **Discover Food**, v. 2, Art. 29, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s44187-022-00031-7

ECHEGARAY, N. et al. A novel approach to *Lactiplantibacillus plantarum*: From probiotic properties to the omics insights. **Microbiological Research**, v. 268, p. 127289, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127289

EDKAIDEK, H.; DAHIYA, D.; NIGAM, P. S. Prospects of bioactive compounds in designing functional foods: challenges and solutions. **Foods***,* v. 15, n. 8, p. 1291, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/foods15081291

FAIS, G. et al. Wide range applications of *Spirulina*: From earth to space missions. **Marine Drugs**, v. 20, n. 5, p. 299, 2022. DOI*:* https://doi.org/10.3390/md20050299

FERREIRA, L. C. et al. Iogurte simbiótico sabor cajá (*Spondias Mombin* L.): características físico-químicas, microbiológicas e de aceitabilidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. e2019111, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1981-6723.11119

FERREIRA, I. et al. Non-lactic probiotic beverage enriched with microencapsulated red propolis: microorganism viability, physicochemical characteristics, and sensory perception. **Fermentation**, v. 9, Art. 234, p. 1-24, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/fermentation9030234

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

FERREIRA, J. M.; NEGRI, G. Composição química e atividade biológica das própolis brasileiras: verde e vermelha. **ACTA Apicola Brasilica,** v. 6, n. 1 p. 6 - 15, 2018. DOI: https://doi.org/10.18378/aab.v6i1.4962

FERREIRA, I. M. et al. Beyond sensory properties: molecular interactions of antioxidant flavour-active polyphenols across the food-oral-gut axis. **Antioxidants**, v. 15, n. 3, p. 397, 2026. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox15030397

FLUTTO, T., et al. Biochemical characterization of YoAlp®: a sheep-fermented milk obtained with autochthonous starter cultures. **European Food Research and Technology**, v. 250, p. 1755-1763, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-024-04517-9

GANCHEV, I. Impact of *Spirulina platensis* biomass on the viability of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strain during the freeze-drying process. **BioTecnologia (Pozn)**, v. 105, n. 2, p. 109-119, 2024. DOI: 10.5114/bta.2024.139751

GAO, X. et al. Healthy lifestyles and risk of major non-communicable chronic diseases and mortality in individuals with metabolic syndrome. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 29, n. 9, p. 100654, 2025. DOI: 10.1016/j.jnha.2025.100654

GAO, J. et al. Probiotics in the dairy industry—Advances and Opportunities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 4, 3937-3982, 2021. DOI: 10.1111/1541-4337.12755

GHAHARI, A. A. et al. Psychobiotics and the microbiota–gut–brain axis: Emerging paradigms in mental health modulation. **Experimental Physiology**, v. 111, n. 5, p. 2449-2463, 2026. DOI: https://doi.org/10.1113/EP093301

GOMES, E. S. et al. Alimentos funcionais integrados com prebióticos e probióticos: uma revisão. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, p. e4911, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n5-198

GRAHL, S. et al. Alternative protein sources in western diets: Food product development and consumer acceptance of spirulina-filled pasta. **Food Quality and Preference**, v. 84, art. 103933, 2020. DOI: 10.1016/j.foodqual.2020.103933

GRANATO, D. et al. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. **The Annual Review of Food Science and Technology**, v. 11, p. 93-118, 2020. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708

GRINN-GOFROŃ, A. et al. Antimicrobial potential of bee-derived products: insights into honey, propolis and bee venom. **Pathogens**, v. 14, n. 8, p. 780, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/pathogens14080780

GU, Y. et al. Antidiabetic effects of multi-species probiotic and its fermented milk in mice via restoring gut microbiota and intestinal barrier. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101619. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101619

GUNES-BAYIR, A. et al. Preparation and evaluation of novel functional fermented dairy products containing propolis and cinnamon. **Journal of Food Science and**

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

Technology, v. 59, p. 2392-2401, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-021-05255-6

HASHEMI, S. S.; KHORSHIDIAN, N.; MOHAMMADI, M. An insight to potential application of synbiotic edible films and coatings in food products. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 875368, 2022. DOI: 10.3389/fnut.2022.875368

HIDALGO-CANTABRANA, C. et al. Bifidobacteria and their health-promoting effects. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 3, p. 2017. DOI: 10.1128/microbiolspec.bad-0010-2016

HUPPERTZ, T. et al. Dairy matrix effects: Physicochemical properties underlying a multifaceted paradigm. **Nutrients**, v. 16, n. 7, p. 943, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/nu16070943

HYUN, J-H. et al. Anti-inflammatory activities of *Levilactobacillus brevis* KU15147 in RAW 264.7 cells stimulated with lipopolysaccharide on attenuating NF-κB, AP-1, and MAPK signaling pathways. **Food Science Biotechnology**, v. 32, p. 2105-2115, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s10068-023-01318-w

IBRAHIM, M. E. E-D.; ALQURASHI, R. M. Anti-fungal and antioxidant properties of propolis (bee glue) extracts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 361, p. 109463, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109463

IRIGOITI, Y. et al. The use of propolis as a functional food ingredient: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 297-306, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.041

JANG, H. J.; LEE, N.-K.; PA, H.-D. Overview of dairy-based products with probiotics: fermented or non-fermented milk drink. **Food Science of Animal Resources**, v. 44, n. 2, p. 255-268, 2024. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2023.e83

KANDYLIARI, A. et al. Development of dairy products fortified with plant extracts: antioxidant and phenolic content characterization. **Antioxidants**, v. 12, n. 2, p. 500, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox12020500

KARACA, O. B.; SAYDAM, İ. B.; GÜVEN, M. Physical, chemical, and sensory attributes of low-fat, full-fat, and fat-free probiotic set yogurts fortified with fiber-rich persimmon and apple powders. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, p. 1-13, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.13926

KENNAS, A. et al. Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 1, p. 99-108, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.07.001

KEZER, G. et al. A comprehensive overview of the effects of probiotics, prebiotics and synbiotics on the gut-brain axis. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1651965, 2025. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1651965

LATIF, A. Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1216674, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1216674

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

MARKOWIAK-KOPEĆ, P.; ŚLIŻEWSKA, K. The Effect of probiotics on the production of short-chain fatty acids by human intestinal microbiome. **Nutrients**, v. *12,* n. 4, p. 1107, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/nu12041107

MARTINENGO, P.; ARUNACHALAM, K.; SHI, C. Polyphenolic antibacterials for food preservation: review, challenges, and current applications. **Foods**, v. 10, n. 10, p. 2469, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10102469

MAZZIOTTA, C. et al. Probiotics mechanism of action on immune cells and beneficial effects on human health. **Cells**, v. 12, n. 1, p. 184, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/cells12010184

MEDEIROS, V. P. B. et al. *Spirulina platensis* biomass enhances the proliferation rate of *Lactobacillus acidophilus 5* (La-5) and combined with La-5 impact the gut microbiota of medium-age healthy individuals through an *in vitro* gut microbiome model. **Food Research International**, v. 154, art. 110880, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110880

MOEINI, A. et al. Edible polymers and secondary bioactive compounds for food packaging applications: antimicrobial, mechanical, and gas barrier properties. **Polymers**, v. 14, n. 12, p. 2395, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/polym14122395

MOURA, S. C. S. R. et al. Microencapsulation of hibiscus bioactives and its application in yogurt. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, p. 16468, 2022. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.16468

NING, J. et al. Bioactive peptides and functional activity analysis in lactic acid bacteria-fermented donkey milk. **Food Research International**, v. 221, Part. 4, Art. 117399, 2025. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.117399.

OSLAN, S. N. H. et al. Comprehensive review of bioactive compounds from microalgae as promising source for industrial applications. **Algal Research**, v. 92, art. 104420, 2025. DOI: 10.1016/j.algal.2025.104420

OLSEN, M. L.; OLSEN, K.; JENSEN, P. E. Consumer acceptance of microalgae as a novel food - Where are we now? And how to get further. **Physiologia Plantarum**, v. 176, n. 3, p. e14337, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/ppl.14337

O'SULLIVAN, A. M. et al. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 37, part B, p. 293-299, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.031

OTTOMBRINO, A. et al. Sensory analyses driven formulation of fruit cereal bars enriched with *Arthrospira platensis* dried powder. **Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 4, p. e70154, 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.70154

PARK, Y. W.; NAM, M. S. Bioactive peptides in milk and dairy products: a review. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 35, n. 6, p. 831-840, 2015. DOI: 10.5851/kosfa.2015.35.6.831

PEDONESE, F. et al. Effect of an Italian propolis on the growth of *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in milk and whey cheese. **Italian Journal of Food Safety**, v. 8, n. 4, p. 8036, 2019. DOI: 10.4081/ijfs.2019.8036

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

PELAEZ-ACERO, A. et al. Exploring *Apis mellifera* propolis extracts: bioavailability, protective strategies, and applications in food systems. **Applied Sciences**, v. 15, n. 20, p. 11043, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/app152011043

PLAZA-DIAZ, J. et al. Mechanisms of action of probiotics. **Advances in Nutrition**, v. 10, n. 1, S49-S66, 2019. DOI: https://doi.org/10.1093/advances/nmy063

POBIEGA, K.; KRAŚNIEWSKA, K.; GNIEWOSZ, M. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 53-62, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.007

PODGÓRSKA-KRYSZCZUK, I. *Spirulina* - An invaluable source of macro- and micronutrients with broad biological activity and application potential. **Molecules**, v. 29, n. 22, p. 5387, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29225387

POPESCU, L. et al. The effect of aromatic plant extracts encapsulated in alginate on the bioactivity, textural characteristics and shelf life of yogurt. **Antioxidants**, v. 12, n. 4, p. 893, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox12040893

SAINI, R. K. et al. Bioactive compounds of agro-industrial by-products: current trends, recovery, and possible utilization. **Antioxidants**, v. 14, n. 6, p. 650. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox14060650

SALEEM, G. N. et al. Therapeutic potential of popular fermented dairy products and its benefits on human health. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, p. 1328620, 2024. DOI: 10.3389/fnut.2024.1328620

SÁNCHEZ-PARRA, E.; BOUTARFA, S.; ABOAL, M. Are cyanotoxins the only toxic compound potentially present in microalgae supplements? results from a study of ecological and non-ecological products. **Toxins,** v. 12, n. 9, p. 552, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/toxins12090552

SANTOS, M. S. et al. Probiotic yogurt with brazilian red propolis: physicochemical and bioactive properties, stability, and shelf life. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 12, p. 3429-3436, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/1750-3841.14943

SAVATINOVA, M.; IVANOVA, M. Functional dairy products enriched with omega-3 fatty acids. **Food Science and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2024. DOI: https://doi.org/10.30721/fsab2024.v7.i1.301

SHAHIDI, F.; ATHIYAPPAN, K.D. Polyphenol-polysaccharide interactions: molecular mechanisms and potential applications in food systems – a comprehensive review. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 7, Art. 42, 2025. DOI: https://doi.org/10.1186/s43014-025-00322-3

SHAKERIAN, M. et al. Proteolytic and ACE-inhibitory activities of probiotic yogurt containing non-viable bacteria as affected by different levels of fat, inulin and starter culture. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 2428-2433, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1202-9

SHAMIL, A.; NAUTIYAL, A.; OMAR, I. Microencapsulated bioactive compounds for fortification of dairy products: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 12, n. 4, p. 1855-1865, 2023. DOI: https://doi.org/10.22271/tpi.2023.v12.i4v.19819

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

SHIRKHAN, F. et al. The role of lactic acid bacteria in production of bioactive peptides in fermented milk with antioxidant and antidiabetic properties. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 17, p. 4727-4738, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-023-01968-8

SINETOVA, M. A.; KUPRIYANOVA, E. V.; LOS, D. A. *Spirulina/Arthrospira/Limnospira* — Three names of the single organism. **Foods***,* v. *13,* n. 17, p. 2762, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13172762

SOLIERI, L. et al. Fermentation of whey protein concentrate by *Streptococcus thermophilus* strains releases peptides with biological activities. **Process Biochemistry**, v. 121, p. 590-600, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.08.003

SOUSA, K. S. M. et al. Elaboração de iogurte probiótico de leite de cabra adicionado de polpa de manga. **Revista Craibeiras de Agroecologia**. v. 4, n. 1, p. e7729, 2019.

SPÍNOLA, M. P.; MENDES, A. R.; PRATES, J. A. M. Chemical composition, bioactivities, and applications of Spirulina (*Limnospira platensis*) in food, feed, and medicine. **Foods**, v. 13, n. 22, p. 3656, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13223656

TOMIČIĆ, Z.; ŠARIĆ, L.; TOMIČIĆ, R. Novel insights in the application of probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* in dairy products and health promotion. **Foods***,* v. 13, n. *18*, p. 2866, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13182866

TZACHOR, A. et al. Photonic management of Spirulina (*Arthrospira platensis*) in scalable photobioreactors to achieve biologically active unopposed vitamin B12. **Discover Food**, v. 4, Art. 69, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s44187-024-00152-1

VARGAS, D. et al. Impact of Spirulina platensis on the physicochemical, microbiological and functional profiles of fermented dairy yogurt. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 28, p. e2025042, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1981-6723.04225

XAVIER, M. P. et al. Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) to a symbiotic yogurt. **Food Science and Technology**, v. 45, p. e506, 2025. DOI: https://doi.org/10.5327/fst.506

XIE, J.; LIANG, J.; CHEN, N. Autophagy-associated signal pathways of functional foods for chronic diseases. **Food Science and Human Wellness**, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.002

ZENDEBOODI, F. et al. Probiotic: conceptualization from a new approach. **Current Opinion in Food Science**, v. 32, p. 103-123, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.009

ZEN, C. K. et al. Development of functional pasta with microencapsulated Spirulina: technological and sensorial effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 5, p. 2018-2026, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.10219

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 11/09/2026
Vol: 13.19
DOI: 10.66104/4r2evs04
Pages: 1-34

ZHANG, T. et al. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. LWT – **Food Science and Technology**, v. 101, p. 276-284, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.11.010

ZHAO, Y. et al. Comparative evaluation of sensory and instrumental flavor profiles of four edible microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlamydomonas reinhardtii*, and *Haematococcus pluvialis.* **Algal Research**, v. 82, Art. 103628, 2024. DOI: 10.1016/j.algal.2024.103628

ZHENG, J. et al. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 4, 2020. DOI: https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107

YANG, Y. et al. *Spirulina* Lipids alleviate oxidative stress and inflammation in mice fed a high-fat and high-sucrose diet. **Marine Drugs**, v. 18, n. 3, p. 148, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/md18030148