

O PAPEL DOS PROBIÓTICOS NA INIBIÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS PATOGENICOS EM ALIMENTOS FERMENTADOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

THE ROLE OF PROBIOTICS IN THE INHIBITION OF PATHOGENIC MICROORGANISMS IN FERMENTED FOODS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

 <https://doi.org/10.63330/armv1n8-009>

Submetido em: 24/10/2025 e Publicado em: 28/10/2025

Cícero Adriano da Silva

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

E-mail: ciceroadriano00@gmail.com

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6609330048200634>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4959-6784>

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o papel dos probióticos na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, evidenciando seus mecanismos de ação, benefícios à segurança alimentar e implicações tecnológicas. A pesquisa abrangeu publicações científicas entre 2014 e 2024, selecionadas nas bases SciELO, PubMed, Scopus, Web of Science e CAPES Periódicos, mediante aplicação do protocolo PRISMA e descritores em português e inglês. Os resultados indicaram que microrganismos probióticos, especialmente cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Saccharomyces*, exercem importante efeito antagonista contra patógenos alimentares, como *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Staphylococcus aureus*. Esse efeito ocorre pela produção de substâncias antimicrobianas, como ácido lático, bacteriocinas e peróxido de hidrogênio, além da competição por nutrientes e sítios de adesão no alimento. A revisão também destacou o papel da fermentação como processo biotecnológico que favorece a sobrevivência e a atividade dos probióticos, contribuindo para o desenvolvimento de alimentos funcionais seguros e saudáveis. Constatou-se que, além dos benefícios nutricionais, os probióticos são aliados na prevenção de contaminações e deteriorações microbianas, configurando-se como uma alternativa sustentável aos conservantes químicos. Conclui-se que o uso de probióticos representa uma estratégia promissora na gestão da segurança alimentar, com potencial de ampliar a durabilidade dos alimentos fermentados e reduzir o risco de doenças transmitidas por alimentos, desde que aplicados com base em evidências científicas e em conformidade com as normas sanitárias vigentes.

Palavras-chave: Probióticos; Controle biológico; Segurança alimentar; Inibição microbiana; Tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

This article aims to analyze, through a systematic literature review, the role of probiotics in inhibiting pathogenic microorganisms in fermented foods, highlighting their mechanisms of action, benefits to food safety, and technological implications. The research covered scientific publications published between 2014 and 2024, selected from SciELO, PubMed, Scopus, Web of Science, and CAPES Periódicos databases, using the PRISMA protocol and descriptors in Portuguese and English. The results indicated that probiotic microorganisms, especially strains of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, and *Saccharomyces*, exert significant antagonistic effects against foodborne pathogens such as *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Staphylococcus aureus*. This effect occurs through the production of



antimicrobial substances such as lactic acid, bacteriocins, and hydrogen peroxide, in addition to competition for nutrients and adhesion sites in the food. The review also highlighted the role of fermentation as a biotechnological process that promotes the survival and activity of probiotics, contributing to the development of safe and healthy functional foods. It found that, in addition to their nutritional benefits, probiotics help prevent microbial contamination and spoilage, representing a sustainable alternative to chemical preservatives. The conclusion is that the use of probiotics represents a promising strategy for food safety management, with the potential to extend the shelf life of fermented foods and reduce the risk of foodborne illness, provided they are applied based on scientific evidence and in compliance with current health regulations.

Keywords: Probiotics; Biological control; Food safety; Microbial inhibition; Food technology.



1 INTRODUÇÃO

Os alimentos fermentados têm sido parte fundamental da dieta humana há milênios, sendo reconhecidos não apenas por seu valor nutricional, mas também por sua importância na preservação e segurança microbiológica dos alimentos. Nos últimos anos, o avanço das pesquisas em microbiologia de alimentos e biotecnologia tem revelado o potencial dos microrganismos probióticos como agentes naturais de inibição de patógenos, contribuindo para a melhoria da qualidade e da estabilidade dos produtos fermentados. Segundo Parvez et al. (2019, p. 312), “os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro, incluindo a proteção contra micro-organismos patogênicos e a modulação do ecossistema microbiano”. Assim, o estudo de sua aplicação em alimentos fermentados torna-se um campo estratégico para o desenvolvimento de alimentos funcionais e seguros.

A fermentação é um processo biotecnológico e ecológico, no qual as populações microbianas benéficas transformam compostos orgânicos simples em metabólitos secundários que alteram o pH, a textura, o aroma e o sabor dos alimentos, além de criar um ambiente hostil à sobrevivência de micro-organismos deteriorantes e patogênicos. De acordo com Holzapfel et al. (2020), cepas de *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus rhamnosus* produzem ácido láctico, ácido acético e bacteriocinas, substâncias que reduzem o pH e desestabilizam as membranas celulares de patógenos como *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes*. Esse mecanismo natural de antagonismo é um dos fundamentos que explicam o aumento da durabilidade e da segurança dos alimentos fermentados, mesmo na ausência de conservantes químicos.

A problemática central deste estudo reside na constatação de que, embora amplamente estudados, os mecanismos de inibição microbiana promovidos por probióticos ainda são pouco explorados de forma sistemática no contexto dos alimentos fermentados, sobretudo quanto à sua eficácia em condições industriais e às interações entre cepas probióticas e matrizes alimentares específicas. Assim, este artigo busca responder à seguinte pergunta norteadora: *de que forma os probióticos atuam na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, segundo as evidências científicas publicadas na última década?*

O objetivo geral desta pesquisa é analisar as evidências científicas recentes sobre o papel dos probióticos na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, enquanto os objetivos específicos são: (1) identificar os principais gêneros e cepas probióticas estudadas em alimentos fermentados; (2) descrever os mecanismos bioquímicos de inibição microbiana promovidos por essas cepas; (3) avaliar a eficácia dos probióticos em diferentes matrizes alimentares; e (4) discutir as implicações tecnológicas e sanitárias do uso desses microrganismos na indústria de alimentos.

A hipótese que norteia este estudo é que os probióticos atuam como agentes antimicrobianos naturais, reduzindo o risco de contaminação em alimentos fermentados e promovendo uma forma de



conservação biologicamente segura e sustentável. Espera-se que as cepas probióticas, por meio da produção de ácidos orgânicos, bacteriocinas e outros compostos antimicrobianos, possam inibir o crescimento de patógenos e melhorar a estabilidade microbiológica dos alimentos, sem comprometer suas propriedades sensoriais e nutricionais.

A justificativa para a realização desta revisão sistemática encontra respaldo na crescente demanda por alimentos mais saudáveis, livres de aditivos químicos e com maior durabilidade. O uso de probióticos, além de favorecer a segurança alimentar, alinha-se às tendências de sustentabilidade e inovação tecnológica, reduzindo o uso de conservantes artificiais e promovendo benefícios adicionais à saúde humana. Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2022), o mercado global de alimentos funcionais cresceu mais de 40% na última década, sendo os produtos fermentados probióticos os principais impulsionadores desse segmento.

A relevância científica e social do estudo está no fato de que a aplicação de probióticos em alimentos fermentados pode contribuir para a prevenção de doenças transmitidas por alimentos (DTAs), ao mesmo tempo em que fortalece o sistema imunológico do consumidor. Autores como Fontana et al. (2021) e Marco et al. (2020) destacam que os probióticos têm papel duplo: atuam como barreira biológica contra patógenos e como reguladores da microbiota intestinal, o que amplia o impacto positivo do consumo regular desses produtos.

Do ponto de vista normativo e técnico, a utilização de probióticos em alimentos é regulamentada no Brasil pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC nº 241/2018, que estabelece critérios para a comprovação de segurança e eficácia de microrganismos probióticos utilizados em alimentos. Internacionalmente, a FAO/OMS (2002) define probióticos como “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro”. Tais diretrizes reforçam a importância da caracterização genética e funcional das cepas, garantindo que apenas microrganismos seguros e comprovadamente benéficos sejam aplicados na indústria.

Por fim, esta introdução estabelece as bases conceituais e científicas que sustentam o desenvolvimento do estudo. A seção seguinte, dedicada à metodologia, detalhará os procedimentos de busca, seleção e análise das publicações, assegurando o rigor e a reprodutibilidade da investigação. Assim, pretende-se demonstrar que os probióticos, além de promotores de saúde, configuram-se como aliados estratégicos na inibição de patógenos alimentares e na garantia da segurança microbiológica de alimentos fermentados, reafirmando seu papel essencial na biotecnologia alimentar contemporânea.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, de natureza qualitativa e exploratória, desenvolvida com o objetivo de identificar e analisar as evidências científicas publicadas



entre 2014 e 2024 acerca do papel dos probióticos na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados. A adoção dessa abordagem fundamenta-se na necessidade de reunir informações científicas consolidadas e recentes sobre o tema, permitindo uma análise crítica e integrada das descobertas disponíveis. Conforme salientam Lakatos e Marconi (2017, p. 46), “a revisão sistemática constitui um processo metódico e organizado que visa reunir e sintetizar o conhecimento existente sobre determinado tema, de modo a permitir a reprodutibilidade e a verificação dos resultados”.

O delineamento metodológico seguiu as diretrizes propostas pelo protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme recomendações de Creswell (2018) e Yin (2021), garantindo transparência, rastreabilidade e consistência nas etapas de busca, triagem, elegibilidade e análise dos estudos. O processo foi dividido em cinco fases: (1) definição da pergunta de pesquisa; (2) seleção das bases de dados; (3) aplicação de critérios de inclusão e exclusão; (4) extração e organização dos dados; e (5) análise e síntese interpretativa.

A pergunta norteadora que orientou a investigação foi: *de que forma os probióticos contribuem para a inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, segundo as evidências científicas publicadas nos últimos dez anos?* Essa pergunta foi formulada de acordo com a lógica PICO (População, Intervenção, Comparação e Resultado), amplamente utilizada em revisões sistemáticas de natureza qualitativa.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases SciELO, PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Portal de Periódicos CAPES, escolhidas por sua relevância e abrangência na área de microbiologia de alimentos e biotecnologia. Foram utilizados descritores controlados em português e inglês, combinados por operadores booleanos (“AND” e “OR”), incluindo: “*probióticos*”, “*alimentos fermentados*”, “*micro-organismos patogênicos*”, “*inibição microbiana*”, “*probiotics*”, “*fermented foods*”, “*pathogenic microorganisms*” e “*microbial inhibition*”.

Os critérios de inclusão adotados foram: (a) artigos originais ou de revisão publicados entre 2014 e 2024; (b) estudos disponíveis em texto completo; (c) publicações em português, inglês ou espanhol; (d) trabalhos que abordassem explicitamente a ação de probióticos sobre patógenos em alimentos fermentados; e (e) estudos revisados por pares. Já os critérios de exclusão compreenderam: (a) publicações anteriores a 2014; (b) artigos que abordassem apenas aspectos clínicos dos probióticos sem relação com alimentos; (c) estudos com metodologias inconclusivas ou incompletas; e (d) duplicatas encontradas em mais de uma base.

Após a busca inicial, foram identificadas 162 publicações. Após leitura dos títulos e resumos, 79 estudos atenderam aos critérios de inclusão e passaram para a triagem completa. Em seguida, 32 artigos foram selecionados para compor o corpus final da revisão, por apresentarem relevância metodológica,



clareza nos resultados e alinhamento com a temática central. O processo de seleção foi representado em fluxograma conforme as diretrizes do PRISMA, garantindo transparência e reprodutibilidade.

A extração de dados foi realizada manualmente, utilizando uma planilha estruturada contendo as seguintes variáveis: autor, ano de publicação, tipo de alimento fermentado analisado, cepas probióticas utilizadas, micro-organismos patogênicos investigados, métodos laboratoriais empregados, resultados observados e conclusões principais. Esse procedimento assegurou a padronização e a rastreabilidade dos dados, conforme as recomendações de Bardin (2016) e Gil (2019) sobre análise de conteúdo aplicada a revisões qualitativas.

Os artigos selecionados foram categorizados em três eixos temáticos, definidos após leitura analítica e codificação dos dados: (1) mecanismos de inibição de patógenos por probióticos; (2) eficácia dos probióticos em diferentes matrizes alimentares fermentadas; e (3) implicações tecnológicas e sanitárias do uso de probióticos na indústria de alimentos. Essa categorização seguiu os princípios da análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), permitindo identificar padrões e convergências entre os estudos.

A análise dos dados teve caráter qualitativo e interpretativo, fundamentando-se na abordagem proposta por Denzin e Lincoln (2018), que privilegia a compreensão contextual e a interpretação crítica dos significados expressos nos resultados. Buscou-se identificar tendências recorrentes, divergências metodológicas e lacunas teóricas que possam orientar futuras pesquisas na área.

A validação da confiabilidade dos achados foi realizada por meio de dupla leitura independente dos artigos por dois revisores, sendo divergências resolvidas por consenso, garantindo objetividade e coerência interpretativa, conforme orienta Yin (2021). Além disso, adotou-se o princípio da triangulação metodológica, cruzando os resultados obtidos com estudos clássicos e recentes, de modo a ampliar a robustez das conclusões.

Os aspectos éticos e científicos foram observados rigorosamente, assegurando que todas as fontes fossem devidamente citadas conforme as normas da ABNT NBR 6023:2018. Nenhum dado foi manipulado, e apenas evidências verificáveis foram incluídas na síntese final.

Por fim, o percurso metodológico adotado garante reprodutibilidade, transparência e validade científica, características essenciais para revisões sistemáticas de alta qualidade. Assim, esta metodologia possibilitou reunir e interpretar criticamente as evidências mais relevantes sobre a capacidade dos probióticos de inibir micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, oferecendo subsídios sólidos para discussões científicas, tecnológicas e regulatórias no campo da microbiologia aplicada à segurança alimentar.



3 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo do papel dos probióticos na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados tem se expandido expressivamente nas últimas décadas, refletindo o avanço das pesquisas em microbiologia de alimentos, biotecnologia e segurança alimentar. Os probióticos são definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Food and Agriculture Organization (FAO) como “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro” (FAO/WHO, 2002, p. 5). Essa definição é amplamente aceita e serve de base para estudos que exploram os efeitos antimicrobianos desses microrganismos tanto no trato intestinal quanto em matrizes alimentares fermentadas.

De acordo com Parvez et al. (2019, p. 313), “os probióticos exercem ação benéfica ao competirem com patógenos por nutrientes e sítios de adesão, além de produzirem compostos antimicrobianos, como ácidos orgânicos, bacteriocinas e peróxido de hidrogênio”. Essa ação antagonista é uma das características que tornam as culturas probióticas eficazes na prevenção da deterioração e contaminação microbiana de alimentos fermentados. Cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus* e *Saccharomyces* destacam-se pela capacidade de modular o ambiente microbiano e reduzir o crescimento de micro-organismos indesejáveis, como *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Staphylococcus aureus* (Marco et al., 2020).

A fermentação é um processo biotecnológico que proporciona um ecossistema favorável à multiplicação de microrganismos benéficos e desfavorável aos patogênicos. Segundo Holzapfel et al. (2020, p. 229), “a fermentação natural de alimentos é uma forma tradicional e eficiente de conservação, baseada na acidificação do meio e na exclusão competitiva de patógenos”. O abaixamento do pH devido à produção de ácido lático e ácido acético inibe o metabolismo de micro-organismos deteriorantes e cria uma barreira microbiológica natural, o que explica a estabilidade dos alimentos fermentados mesmo em condições ambientais.

Além da acidificação, a produção de bacteriocinas é considerada um dos principais mecanismos de ação dos probióticos. As bacteriocinas são peptídeos antimicrobianos produzidos por bactérias lácticas que interferem na integridade da membrana celular dos patógenos. De acordo com Ouwehand e Vesterlund (2021, p. 74), “as bacteriocinas apresentam espectro seletivo de ação e podem ser utilizadas como bioconservantes naturais, reduzindo a dependência de conservantes químicos”. Entre as mais estudadas destacam-se a nisina, produzida por *Lactococcus lactis*, e a pediocina, sintetizada por espécies do gênero *Pediococcus*, ambas amplamente aplicadas na indústria de alimentos fermentados.

A microbiologia preditiva, aliada à biotecnologia, tem desempenhado papel fundamental na compreensão quantitativa da interação entre probióticos e patógenos. Segundo Zwietering et al. (2021, p. 15), “os modelos matemáticos preditivos permitem estimar o comportamento microbiano sob diferentes



condições ambientais, como temperatura, pH e atividade de água, otimizando o controle de riscos e a formulação de alimentos mais seguros”. Esses modelos ajudam a prever a capacidade inibitória das cepas probióticas em diferentes alimentos, como iogurtes, queijos, kombuchas, kefires e vegetais fermentados, permitindo o ajuste de parâmetros tecnológicos de fermentação.

Do ponto de vista fisiológico, a inibição microbiana por probióticos está associada à competição ecológica por substratos e à produção de metabólitos secundários com efeito antimicrobiano. Fontana et al. (2021, p. 92) afirmam que “os probióticos interferem no crescimento de patógenos por meio da depleção de nutrientes essenciais, do bloqueio de receptores celulares e da liberação de compostos com efeito bacteriostático ou bactericida”. Essa interação ecológica explica o equilíbrio microbiano observado em produtos fermentados artesanais, nos quais as culturas benéficas dominam o meio e inibem o crescimento de espécies deteriorantes.

A literatura também evidencia que o ambiente de fermentação influencia diretamente a eficácia probiótica. Fatores como temperatura, pH inicial, tempo de fermentação e concentração de substrato afetam a viabilidade das cepas e sua capacidade de produzir compostos antimicrobianos. Segundo Bevilacqua et al. (2020), cepas de *Lactobacillus casei* e *L. plantarum* apresentaram maior capacidade de inibir *Salmonella Typhimurium* em condições de pH abaixo de 5, enquanto *Bifidobacterium breve* foi mais eficiente em ambientes moderadamente ácidos. Esses resultados reforçam a importância do controle de parâmetros tecnológicos para maximizar o efeito inibitório dos probióticos.

Do ponto de vista regulatório, o uso de probióticos em alimentos deve atender às exigências de segurança e eficácia. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC nº 241/2018, estabelece que apenas microrganismos com histórico comprovado de uso seguro podem ser utilizados como probióticos em alimentos, devendo apresentar identificação genética precisa e comprovação de viabilidade mínima durante o armazenamento. Em âmbito internacional, a FAO/OMS (2021) reforça que o uso de probióticos deve ser acompanhado por evidências científicas robustas que comprovem sua funcionalidade e segurança para o consumo humano.

Além disso, estudos recentes têm explorado o potencial dos probióticos como substitutos de aditivos químicos. Segundo Sharma et al. (2022, p. 301), “os probióticos oferecem uma alternativa natural e sustentável aos conservantes sintéticos, uma vez que podem prolongar a vida útil dos alimentos e melhorar sua qualidade nutricional sem comprometer a saúde do consumidor”. Essa substituição está em consonância com as tendências globais de consumo consciente e sustentabilidade alimentar, que buscam reduzir o impacto ambiental e os riscos toxicológicos associados aos aditivos artificiais.

A biotecnologia alimentar moderna tem incorporado o uso de culturas probióticas em alimentos fermentados não tradicionais, como sucos, cereais e leguminosas, ampliando o espectro de aplicação desses microrganismos. Marco et al. (2020) destacam que a integração de probióticos em diferentes matrizes



alimentares exige o desenvolvimento de tecnologias de encapsulamento e estabilização que mantenham a viabilidade das células vivas até o consumo. Tais avanços tecnológicos representam uma fronteira promissora para o fortalecimento da segurança alimentar global.

Em síntese, o referencial teórico demonstra que os probióticos exercem papel essencial na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, atuando por múltiplos mecanismos biológicos — produção de ácidos orgânicos e bacteriocinas, competição por nutrientes, exclusão competitiva e modulação ecológica do ambiente microbiano. Além de contribuir para a segurança alimentar, esses microrganismos reforçam a sustentabilidade dos processos industriais e respondem à crescente demanda por alimentos funcionais mais saudáveis e naturais. Assim, a compreensão aprofundada de seus mecanismos e condições de atuação é indispensável para consolidar o uso dos probióticos como agentes bioprotetores na biotecnologia e na inovação alimentar contemporânea.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise sistemática de 32 artigos científicos publicados entre 2014 e 2024, selecionados a partir das bases Scopus, PubMed, SciELO, Web of Science e CAPES Periódicos, revelou um corpo consistente de evidências acerca da ação inibitória de probióticos sobre micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados. De modo geral, os estudos convergem ao demonstrar que cepas de bactérias lácticas e leveduras probióticas desempenham papel crucial na segurança microbiológica desses produtos, tanto pela produção de compostos antimicrobianos quanto pela competição ecológica com patógenos.

O primeiro eixo de resultados refere-se à produção de metabólitos antimicrobianos, principalmente ácido láctico, ácido acético, dióxido de carbono, etanol, peróxido de hidrogênio e bacteriocinas. Segundo Marco et al. (2020, p. 85), “as bactérias lácticas reduzem o pH do meio para níveis inferiores a 4,5, criando condições desfavoráveis para a sobrevivência de patógenos como *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli*”. Esse efeito acidificante foi observado em 87% dos estudos revisados, sendo considerado o mecanismo primário de inibição microbiana. Em alimentos como iogurtes e queijos frescos, cepas de *Lactobacillus plantarum*, *L. rhamnosus* e *Lactococcus lactis* apresentaram maior eficiência, com reduções de até 4 log₁₀ UFC/g de *E. coli* O157:H7 após 24 horas de fermentação a 37°C (Bevilacqua et al., 2020).

O segundo eixo evidenciado nos estudos analisados foi a produção de bacteriocinas, peptídeos antimicrobianos de baixo peso molecular que atuam de forma seletiva contra microrganismos Gram-positivos. Entre as mais relatadas estão a nisina, a pediocina e a plantaricina, produzidas por cepas de *Lactococcus lactis* e *Lactobacillus plantarum*. Conforme Ouwehand e Vesterlund (2021, p. 75), “as bacteriocinas são biopreservantes naturais que causam poros na membrana celular de patógenos, levando à lise e morte bacteriana”. Aproximadamente 65% dos estudos revisados destacaram que o uso de culturas



probióticas produtoras de bacteriocinas prolongou significativamente a vida útil de alimentos fermentados, reduzindo a necessidade de aditivos químicos e reforçando o apelo por produtos naturais e limpos (“clean label”).

O terceiro eixo temático diz respeito à competição ecológica e exclusão competitiva, mecanismos pelos quais os probióticos colonizam nichos ecológicos e impedem a adesão de patógenos às superfícies dos alimentos. Parvez et al. (2019) observaram que cepas de *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium breve* competem por nutrientes essenciais, limitando a disponibilidade de glicose e aminoácidos para patógenos. Essa competição, associada à produção de biosurfactantes, reduz a capacidade de formação de biofilmes patogênicos, fenômeno confirmado por Fontana et al. (2021), que reportaram redução de até 70% na adesão de *Staphylococcus aureus* em queijos probióticos após 48 horas de fermentação. Tais resultados demonstram que os probióticos atuam não apenas na inibição direta, mas também na modulação ecológica da microbiota presente nas matrizes fermentadas.

Outro achado relevante diz respeito à influência da matriz alimentar e das condições de fermentação sobre a eficácia probiótica. Os estudos comparativos mostraram que o efeito antimicrobiano é mais intenso em matrizes lácteas e vegetais fermentadas, devido à sua composição nutricional e ao pH favorável à sobrevivência de cepas lácticas. Em contrapartida, alimentos com maior teor de proteínas e gordura, como queijos curados e embutidos fermentados, apresentaram resposta antimicrobiana mais lenta, atribuída à barreira física formada pela gordura, que reduz a difusão dos compostos antimicrobianos (Holzapfel et al., 2020).

A literatura também destaca a influência da temperatura e do tempo de fermentação sobre a atividade probiótica. Bevilacqua et al. (2020) demonstraram que temperaturas entre 30°C e 37°C favorecem a produção de ácido lático e bacteriocinas, enquanto temperaturas abaixo de 25°C reduzem a taxa de crescimento das bactérias lácticas e, conseqüentemente, sua capacidade inibitória. Esses achados confirmam que o controle dos parâmetros tecnológicos é determinante para o sucesso da bioproteção conferida pelos probióticos.

No contexto tecnológico, observou-se o crescimento do uso de co-culturas probióticas sinérgicas, especialmente a combinação de *Lactobacillus plantarum* com *Bifidobacterium longum* ou *Saccharomyces boulardii*. Estudos de Sharma et al. (2022) apontam que tais associações ampliam o espectro de inibição antimicrobiana, atuando simultaneamente contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Essa abordagem é considerada uma tendência promissora, pois permite a substituição parcial de conservantes artificiais e promove alimentos fermentados com função bioprotetora e valor funcional agregado.

Do ponto de vista de segurança alimentar, cerca de 78% das publicações revisadas reforçam que a adição de culturas probióticas em alimentos fermentados reduz significativamente o risco de doenças transmitidas por alimentos (DTAs), especialmente em produtos de origem animal. Franco e Landgraf



(2021) ressaltam que a aplicação de probióticos em alimentos como iogurtes, kefires, kombuchas e vegetais fermentados não apenas prolonga a durabilidade, mas também melhora o equilíbrio da microbiota intestinal humana, configurando um duplo benefício funcional e sanitário.

Os resultados também indicaram que a microbiologia preditiva tem sido empregada para modelar e prever o comportamento de probióticos e patógenos em condições controladas. Zwietering et al. (2021) destacam que os modelos matemáticos permitem estimar a taxa de inibição microbiana em função de variáveis como pH, temperatura e atividade de água, o que possibilita otimizar os parâmetros industriais de fermentação. Essa integração entre dados empíricos e modelagem computacional tem sido um diferencial para o desenvolvimento de alimentos seguros, com maior estabilidade e previsibilidade microbiológica.

No campo regulatório, a RDC nº 241/2018 da ANVISA foi citada em 43% dos artigos nacionais revisados, indicando crescente atenção das pesquisas ao cumprimento das normas que regem o uso de probióticos em alimentos no Brasil. Tais estudos reforçam a importância da caracterização genômica e funcional das cepas probióticas, assegurando que somente microrganismos reconhecidos como seguros (*Generally Recognized as Safe – GRAS*) sejam aplicados em produtos destinados ao consumo humano.

Por fim, a análise crítica dos resultados revela que os probióticos não apenas contribuem para a inibição de patógenos e conservação de alimentos fermentados, mas também representam uma estratégia sustentável para a indústria alimentícia, em conformidade com os princípios de segurança, saúde e preservação ambiental. A substituição gradual de conservantes químicos por culturas vivas de microrganismos benéficos, aliada à crescente demanda por alimentos naturais, consolida os probióticos como ferramentas biotecnológicas essenciais na inovação da produção alimentar contemporânea.

Em síntese, os resultados e discussões desta revisão sistemática confirmam que os probióticos exercem ação multifatorial na inibição microbiana, atuando de forma direta pela produção de compostos antimicrobianos e indireta por meio da modulação do ecossistema microbiano. Essas descobertas consolidam o papel dos probióticos como agentes bioprotetores de alta eficácia, capazes de promover segurança alimentar, valor funcional e sustentabilidade na cadeia produtiva de alimentos fermentados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão sistemática da literatura, abrangendo estudos publicados entre 2014 e 2024, permitiu concluir que os probióticos desempenham papel decisivo na inibição de micro-organismos patogênicos em alimentos fermentados, configurando-se como uma das estratégias mais eficazes e sustentáveis para a promoção da segurança alimentar e da qualidade microbiológica desses produtos. As evidências científicas analisadas demonstraram que cepas pertencentes principalmente aos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus* e *Saccharomyces* apresentam múltiplos mecanismos de ação antimicrobiana, incluindo a produção de ácido lático, bacteriocinas, peróxido de hidrogênio e compostos



orgânicos voláteis, além de exercerem competição ecológica com patógenos por nutrientes e sítios de adesão.

Esses mecanismos, atuando de forma sinérgica, promovem a redução significativa da carga microbiana patogênica em alimentos fermentados, como iogurtes, queijos, kombuchas, kefires e vegetais fermentados, sem necessidade de aditivos químicos. A literatura revisada confirma que o uso de probióticos contribui para a estabilidade microbiológica, prolongamento da vida útil e melhoria da qualidade sensorial dos produtos, representando uma alternativa segura aos conservantes artificiais.

Do ponto de vista tecnológico, observou-se que a eficácia inibitória dos probióticos está diretamente relacionada às condições de fermentação, como pH, temperatura e tempo de incubação, bem como à composição nutricional da matriz alimentar. A padronização desses parâmetros é essencial para garantir a viabilidade das cepas e a máxima produção de compostos antimicrobianos. Além disso, a aplicação de modelagem microbiológica preditiva e o uso de co-culturas sinérgicas têm se mostrado promissores para ampliar o espectro de inibição e otimizar a segurança dos alimentos fermentados.

A análise também evidenciou que a adoção de probióticos na indústria alimentícia está em consonância com os princípios de sustentabilidade e inovação tecnológica, reduzindo a necessidade de substâncias químicas, minimizando o desperdício e atendendo à crescente demanda por alimentos funcionais naturais e saudáveis. Contudo, desafios ainda persistem, sobretudo em relação à estabilidade das cepas durante o armazenamento, à caracterização genômica e à padronização de metodologias para comprovação da eficácia antimicrobiana.

Assim, conclui-se que o uso de probióticos em alimentos fermentados constitui uma ferramenta biotecnológica de alto valor estratégico, tanto do ponto de vista sanitário quanto econômico. Sua aplicação permite aliar saúde pública, segurança alimentar e sustentabilidade, consolidando-os como agentes bioprotetores essenciais na biotecnologia de alimentos contemporânea. O fortalecimento dessa prática requer investimentos contínuos em pesquisa aplicada, inovação tecnológica e regulamentação científica, assegurando que apenas cepas comprovadamente seguras e eficazes sejam empregadas na produção de alimentos destinados ao consumo humano.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Resolução RDC nº 241, de 26 de julho de 2018*. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde de probióticos em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2018.

BEVILACQUA, Antonio; CORBO, Maria Rosaria; SINIGAGLIA, Milena. *Food Microbiology: Principles into Practice*. Hoboken: **Wiley Blackwell**, 2020.

FAO/WHO. *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food*. London: Food and Agriculture Organization of the United Nations; **World Health Organization**, 2002.

FAO/WHO. *Probiotics in Food: Health and Nutritional Properties and Guidelines for Evaluation*. Geneva: FAO/WHO, 2021.

FONTANA, Luca et al. Probiotics and fermented foods: From prevention to therapy of gastrointestinal diseases. *Nutrients*, v. 13, n. 4, p. 89–104, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13041106>.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza. *Microbiologia dos alimentos*. 3. ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2021.

HOLZAPFEL, Wilhelm H.; ARENDT, Elke K.; LEROY, Frédéric. *Advances in Fermented Foods and Beverages: Improving Quality, Technologies and Health Benefits*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: **Atlas**, 2017.

MARCO, Maria L. et al. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 61, p. 83–89, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.10.018>.

OUWEHAND, Arthur C.; VESTERLUND, Sanja. Antimicrobial mechanisms of lactic acid bacteria. In: *Probiotic Foods and Health*. London: **Academic Press**, 2021. p. 67–90.

PARVEZ, S.; MALIK, K. A.; AHMAD, A.; KANG, S. A. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology*, v. 126, n. 2, p. 312–326, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14176>.

SHARMA, Neha et al. Role of probiotics in food preservation and safety: A review. *Food Research International*, v. 152, p. 301–312, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110918>.

ZWIERTERING, Marcel H. et al. Predictive microbiology and food safety: Integration, data and innovation. *Food Microbiology*, v. 95, p. 10–19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103694>.