

CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS: MÉTODOS TRADICIONAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA SEGURANÇA E CONSERVAÇÃO

Microbiological control of food: traditional methods and emerging technologies for safety and preservation

Eliane Maia¹, Hellen Cristina Guidolin¹, Maria Luiza Hoffmann Vieira¹, Maria Paula Baldissera¹, Rafael da Silveira Caron¹, Taísa Rebelato¹, Sabrina Duarte Camargo² e Jamile Zeni^{2*}

¹Discentes do Curso de Nutrição, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional do Alto Uruguai e as Missões, Brasil.

*jamilenzi@uricer.edu.br

Data do recebimento: 14/01/2025 - Data do aceite: 11/02/2025

RESUMO: Este estudo explora abordagens clássicas e inovadoras no controle microbiológico de alimentos, avaliando sua eficácia, segurança e aplicabilidade industrial. Métodos tradicionais, como o uso de conservantes químicos, ácidos orgânicos e sais antimicrobianos, permanecem amplamente utilizados devido à sua comprovada eficiência na inibição de patógenos e na extensão da vida útil dos produtos. No entanto, a busca por alternativas naturais e sustentáveis impulsionou o desenvolvimento de novas estratégias, incluindo nanopartículas de prata, bacteriocinas, óleos essenciais (OE) e quitosana. Essas tecnologias emergentes apresentam potencial para complementar ou substituir os métodos convencionais, equilibrando eficiência antimicrobiana e aceitação do consumidor. O estudo destaca que a escolha do método ideal deve considerar fatores como tipo de alimento, microrganismos-alvo e regulamentações vigentes. Conclui-se que a integração de abordagens tradicionais e inovadoras é fundamental para garantir a segurança microbiológica, preservando a qualidade e atendendo às exigências do mercado.

Palavras-chave: Controle microbiológico, segurança alimentar, conservação de alimentos, métodos químicos, tecnologias emergentes.

ABSTRACT: This study explores classical and innovative approaches to microbiological food control, evaluating their effectiveness, safety, and industrial applicability. Traditional methods, such as the use of chemical preservatives, organic acids, and antimicrobial salts, remain widely used due to their proven efficiency in inhibiting pathogens and extending the shelf life of product. However, the search for natural and sustainable alternatives has driven the development of new strategies, including silver nanoparticles, bacteriocins, essential oils, and chitosan. These emerging technologies have the potential to complement or replace conventional methods, balancing antimicrobial effectiveness and consumer acceptance. The study highlights that selecting the ideal method should consider factors such as food type, target microorganisms, and current regulations. It concludes that integrating traditional and innovative approaches is essential to ensuring microbiological safety while preserving quality and meeting market demands.

Keywords: Microbiological control, food safety, food preservation, chemical methods, emerging technologies.

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que doenças transmitidas por alimentos afetam aproximadamente 10% da população global anualmente, com destaque para crianças menores de 5 anos, que representam uma parcela significativa das mortes, especialmente em regiões com acesso limitado a cuidados de saúde e saneamento. Por exemplo, o norovírus humano é responsável por cerca de 35.000 mortes e 125 milhões de casos por ano, sendo a principal causa de doenças alimentares fatais (Leasca, 2025).

A redução da carga microbiana em alimentos é crucial para prevenir doenças e assegurar a durabilidade e a qualidade dos produtos. No Brasil, com o crescente aumento dos serviços de alimentação coletiva, a segurança alimentar se torna ainda mais relevante (Oliveira *et al.*, 2019) bandejas e talheres. A contaminação pode ocorrer devido a utensílios, superfícies e equipamentos mal higienizados, que abrigam microrganismos

patogênicos (Dutra, 2019). Dado o alto potencial de reprodução desses microrganismos, qualquer contato com alimentos inevitavelmente leva à contaminação. Portanto, é fundamental cuidar da produção, distribuição e armazenamento dos alimentos para evitar contaminações (Nascimento *et al.*, 2023). A indústria alimentícia utiliza métodos químicos clássicos, como ácidos orgânicos (ácido acético e ácido sórbico), para acidificar o meio e inibir o crescimento de microrganismos em alimentos fermentados e conservas, combatendo patógenos como *Salmonella* e *L. monocytogenes* (Coban, 2020). Nitratos e nitritos são usados em carnes curadas para garantir segurança alimentar e melhorar características sensoriais (Furlan *et al.*, 2020). O cloreto de sódio também é empregado tradicionalmente, criando um ambiente osmoticamente hostil em carnes (Hwang; Huang; Sheen, 2024), queijos (Oliveira *et al.*, 2024) e vegetais em conserva (Dupree *et al.*, 2019).

Por outro lado, os métodos químicos inovadores têm surgido como alternativas eficazes e seguras. A aplicação de conservantes naturais, como óleos essenciais e

compostos bioativos, tem ganhado destaque na indústria alimentícia por suas propriedades antimicrobianas e por serem alternativas aos conservantes sintéticos. No entanto, sua aplicação pode apresentar desafios, como possíveis efeitos adversos relacionados à toxicidade em altas concentrações, impacto sensorial nos alimentos e variabilidade na eficácia dependendo do método de extração e do tipo de microrganismo alvo (Angane *et al.*, 2022; Yasir *et al.*, 2024). Além disso, o uso de nanopartículas de prata e bacteriocinas, como a nisina, representa um avanço significativo no controle microbiano, oferecendo soluções com alta eficácia contra patógenos. Tecnologias baseadas em ácidos orgânicos e seus sais também têm se mostrado promissoras, com a capacidade de inibir a atividade microbiana enquanto mantém as características sensoriais dos alimentos (Angane *et al.*, 2022; Anumudu *et al.*, 2021).

O objetivo deste estudo é explorar os diferentes métodos químicos disponíveis para o controle de microrganismos e examinar inovações recentes no mercado. Também serão discutidos os efeitos dessas abordagens na melhoria da segurança microbiológica dos alimentos, destacando sua importância para a proteção da saúde pública e a redução de riscos de contaminação microbiana.

Material e Métodos

A pesquisa bibliográfica foi conduzida entre agosto e setembro de 2024, utilizando os termos “controle microbiano em alimentos”, “métodos químicos para controle microbiano”, “métodos químicos clássicos”, “métodos químicos inovadores” e “segurança alimentar” em Português e Inglês. A busca foi realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como Google Acadêmico, Scielo, Science Direct, ACS Publications, Royal Society of Chemistry,

Springer Nature, Wiley Online Library e Taylor & Francis, além de fontes institucionais, como a ANVISA, o Ministério da Saúde e a Vigilância Sanitária.

Foram priorizados estudos publicados nos últimos cinco anos (2019-2024) para assegurar a inclusão de dados atualizados sobre métodos clássicos e inovadores no controle microbiológico de alimentos. Apenas artigos que abordassem diretamente a eficácia e a segurança dos conservantes químicos foram considerados, enquanto aqueles que mencionavam os métodos sem detalhar seus mecanismos de ação ou aplicações foram excluídos. Além disso, foram selecionadas pesquisas com metodologias robustas, como estudos experimentais e revisões sistemáticas que apresentassem dados quantitativos sobre a eficácia dos agentes antimicrobianos. Para garantir um conjunto de literatura científica relevante e acessível, apenas artigos publicados em português e inglês foram considerados.

Resultados e Discussão

Este estudo analisou métodos químicos clássicos, como conservantes artificiais, ácidos orgânicos e sais antimicrobianos, e métodos inovadores, como nanopartículas de prata e compostos bioativos de plantas, para o controle microbiano em alimentos. Foram discutidas as interações dessas abordagens com diferentes alimentos e microrganismos, além de suas implicações para a segurança alimentar e a aceitação do consumidor.

Métodos Clássicos

Esta seção aborda os principais métodos antimicrobianos utilizados na indústria alimentícia, incluindo conservantes artificiais como etanol, detergentes, halogênios, óxido

de etileno e glutaraldeído, além de ácidos orgânicos e sais antimicrobianos. Esses agentes são essenciais para a preservação, desinfecção e prolongamento da vida útil dos alimentos. A compreensão de seus mecanismos de ação e aplicação adequada é fundamental para garantir a segurança alimentar e a qualidade dos produtos.

Conservantes químicos

No contexto da indústria alimentícia, a segurança e a qualidade dos produtos dependem de diversos agentes antimicrobianos, que são cruciais para a preservação e desinfecção. Entre esses agentes, conservantes químicos como etanol, detergentes, halogênios, óxido de etileno e glutaraldeído se destacam por sua eficácia no controle de microrganismos indesejáveis (Figura 1). Eles não apenas eliminam patógenos, mas também ajudam a prolongar a vida útil dos alimentos, garantindo conformidade com os padrões de segurança alimentar. Compreender os mecanismos de ação e aplicar corretamente esses agentes é fundamental para maximizar sua eficácia e minimizar riscos à saúde.

O etanol atua principalmente como desinfetante ao interromper a estrutura proteica das células microbianas. Desnaturando as proteínas, compromete a integridade celular, resultando na perda da função celular e morte do microrganismo. O etanol também desidrata as células microbianas, aumentando sua eficácia antimicrobiana. Seu efeito desinfetante é mais eficiente em concentrações entre 60% e 90%, com a faixa ideal sendo 70% a 80%, pois permite a penetração na célula e a desnaturação de proteínas essenciais. Concentrações abaixo de 60% podem não ser eficazes, enquanto concentrações acima de 90% podem causar desidratação rápida da célula, formando uma camada protetora que reduz a ação antimicrobiana.

Outra importante propriedade do etanol é sua capacidade de interagir com as membranas celulares, alterando a fluidez e a permeabilidade da membrana lipídica, facilitando a entrada de outros agentes antimicrobianos e promovendo a morte celular (Hasan; Kadhun; Alasedi, 2020), conforme ilustrado na Figura 2. Isso é especialmente relevante em alimentos com alta carga microbiana, nos quais a combinação do etanol com outros métodos de conservação pode resultar em uma ação sinérgica.

Figura 1: Conservantes químicos clássicos utilizados no controle microbiano em alimentos.

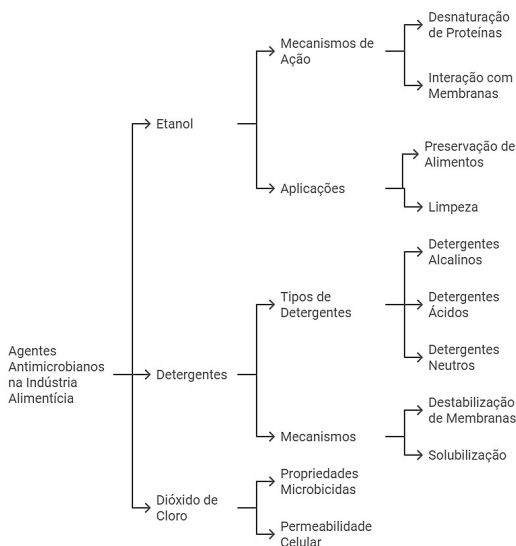
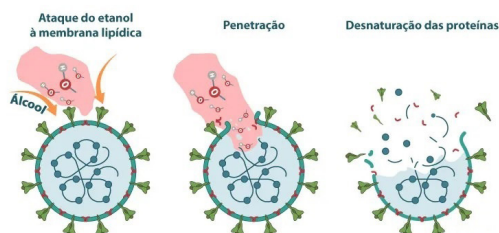


Figura 2: Mecanismo de Ação do álcool sobre a célula microbiana.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/etanol.htm>

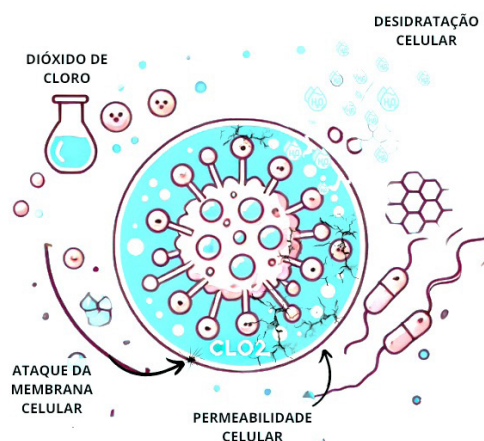
O etanol desempenha diversas funções na indústria alimentícia, como conservante e desinfetante, reduzindo a carga microbiana e prolongando a vida útil de produtos. É utilizado tanto na preservação de alimentos quanto na limpeza de superfícies e equipamentos, ajudando a prevenir a contaminação cruzada (He *et al.*, 2022) which is influenced by suboptimal environmental conditions. Here, biofilm formation pattern of this bacterium was assessed in the presence of ethanol at sub-minimal inhibitory concentrations (sub-MICs). Sua eficácia varia conforme concentração e temperatura, sendo mais eficiente em altas concentrações. Contudo, é necessário considerar seus impactos em populações vulneráveis (Sequinel *et al.*, 2020).

Os detergentes são fundamentais para o controle microbiano na indústria alimentícia, removendo resíduos orgânicos e prevenindo biofilmes que dificultam a limpeza e a redução de patógenos. Tipos específicos, como detergentes alcalinos, ácidos e neutros, desempenham papéis diferentes na limpeza de gorduras, resíduos minerais e superfícies sensíveis, respectivamente (Fernandes *et al.*, 2024). A sanitização posterior com compostos como hipoclorito de sódio elimina microrganismos remanescentes e previne contaminações cruzadas (Arienzo *et al.*, 2023). Os detergentes agem desestabilizando membranas celulares microbianas, facilitando a remoção de microrganismos e biofilmes (Breibeck; Rompel 2019).

O cloro e seus derivados, como o dióxido de cloro, são amplamente utilizados como sanitizantes. O dióxido de cloro, além de ser um oxidante potente, minimiza reações de escurecimento e não forma trihalometanos. Contudo, sua ação é limitada contra esporos bacterianos e pode ser corrosivo para materiais (Jefri *et al.*, 2022). O uso dessas tecnologias, quando aplicado corretamente, melhora a segurança e qualidade alimentar (Fernandes *et al.*, 2024).

O avanço das tecnologias de tratamento de alimentos levou à incorporação do ozônio, um agente oxidante altamente eficaz no combate a microrganismos e na extensão da vida útil dos alimentos. Sua forte ação oxidante permite a destruição de componentes celulares, como a parede e a membrana celular, resultando em um efeito letal sobre diversas bactérias e fungos (Rastely *et al.*, 2019), conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Mecanismo de ação do dióxido de cloro sobre a célula microbiana.



Reconhecido pelo FDA como seguro (“GRAS”), o uso do ozônio em contato direto com alimentos foi autorizado na década de 1990 (Sarron; Gadonna-Widehem; Aussenac, 2021). No Brasil, sua aplicação na indústria alimentícia segue a Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta seus parâmetros técnicos para tratamento de água potável (Brasil, 2021).

O ozônio destaca-se por sua alta eficácia antimicrobiana, aliada à sustentabilidade e à preservação das características nutricionais e sensoriais dos alimentos (Dubey; Singh; Yousuf, 2022). Seu principal diferencial é a decomposição natural em oxigênio, evitando

resíduos tóxicos em superfícies de contato e nos produtos finais (Panebianco *et al.*, 2021).

Além de sua potência como agente oxidante, sua atividade antibacteriana tem sido amplamente demonstrada contra diversos microrganismos (Panebianco *et al.*, 2021). Seu mecanismo de ação envolve a oxidação de múltiplos alvos celulares, incluindo membranas celulares, ácidos graxos insaturados, glicolípídios, enzimas de membrana, peptidoglicanos e ácidos nucleicos presentes no citoplasma (Mahdavi; Aliakbarlu, 2024). Dessa forma, o ozônio se consolida como uma tecnologia promissora para o setor alimentício, garantindo segurança microbiológica sem comprometer a qualidade dos produtos e sem impactos ambientais negativos.

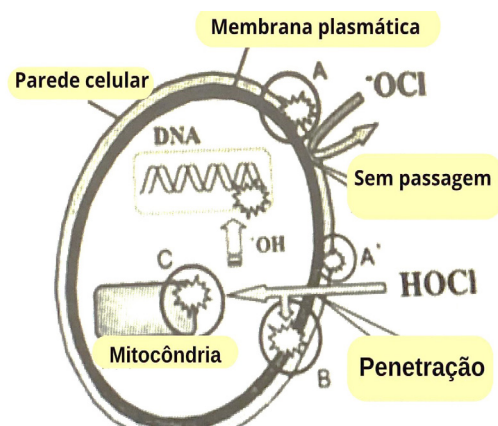
Os halogênios, como o iodo e o cloro, são agentes antimicrobianos amplamente utilizados. O iodo atua impedindo a síntese de proteínas e alterando membranas celulares, empregado em desinfecção de pele e feridas, com o Betadine como preparado mais comum (Artasensi *et al.*, 2021). O cloro, em formas como hipoclorito de sódio e dióxido de cloro, forma ácido hipocloroso na água, um potente oxidante que inibe sistemas enzimáticos celulares (Chung; Chaklader; Howieson, 2024).

Os halogênios oxidam componentes celulares essenciais, como proteínas e ácidos nucleicos, levando à morte microbiana. O cloro desnatura proteínas e interrompe processos metabólicos, enquanto o iodo inibe a síntese de DNA, tornando-os eficazes no controle de patógenos (Obayomi *et al.*, 2024), conforme demonstrado na Figura 4.

A clorexidina é amplamente utilizada como agente antimicrobiano na indústria alimentícia para reduzir a carga microbiana em superfícies de processamento e embalagens, contribuindo para a segurança alimentar (Pereira *et al.*, 2022). É eficaz contra patógenos como *Salmonella* e *E. coli* e *L. monocytogenes* (Longo *et al.*, 2019). Sua ação

antimicrobiana se dá pela desnaturalização de proteínas e interferência na integridade da membrana celular, com efeito residual prolongado (Leshem *et al.*, 2022).

Figura 4: Mecanismo de ação do cloro sobre a célula microbiana.



O óxido de etileno (ETO) é amplamente utilizado na esterilização de especiarias, ervas e alimentos sensíveis ao calor, garantindo a eliminação de microrganismos como *Salmonella* e *E. coli* sem comprometer as propriedades sensoriais dos produtos (Wason; Irmak; Subbiah, 2024). Sua ação ocorre por meio da alquilação de proteínas, DNA e RNA, o que inativa enzimas e bloqueia a replicação genética, tornando-o altamente eficaz mesmo em baixas temperaturas e conferindo-lhe grande capacidade de penetração (Morales López *et al.*, 2024).

Apesar de sua eficácia, o ETO apresenta graves riscos toxicológicos. Ele é um potente agente alquilante, capaz de interromper processos celulares normais ao modificar o DNA e proteínas, além de ser altamente explosivo e tóxico quando exposto a agentes oxidantes e ao ar, exigindo manuseio cuidadoso. Além disso, sua ação mutagênica e cancerígena levou à proibição de seu uso como produto de proteção vegetal na União Europeia, confor-

me reportado pelo Sistema de Alerta Rápido para Alimentos e Rações (RASFF, 2020). No entanto, seu uso ainda é permitido em países como Índia, EUA e Canadá.

Na União Europeia, a definição de resíduo de ETO inclui tanto a substância original quanto seu metabólito 2-cloroetanol, expresso como ETO (Base de dados de pesticidas da UE, 2024). Para garantir a conformidade com a legislação e proteger os consumidores, o Anexo II do Regulamento de Implementação (UE) 2019/1793 foi alterado, aumentando a frequência das verificações em sementes de gergelim importadas da Índia para 50% dos lotes analisados ((UE) 2020/1540) (Europa 2019; 2020).

O maior número de análises levou a um aumento significativo nas detecções de ETO, revelando a extensão desse risco à segurança alimentar, anteriormente subestimado (Comissão Europeia, 2021; RASFF, 2020).

Embora o ETO continue indispensável na fumigação de especiarias e na esterilização de materiais médicos sensíveis ao calor (Muzzafar *et al.*, 2024), a busca por métodos alternativos tem se intensificado. Tecnologias

como radiação ionizante e vapor de peróxido de hidrogênio vêm sendo exploradas como substitutos potenciais para reduzir os riscos associados ao seu uso (Dudkiewicz *et al.*, 2022).

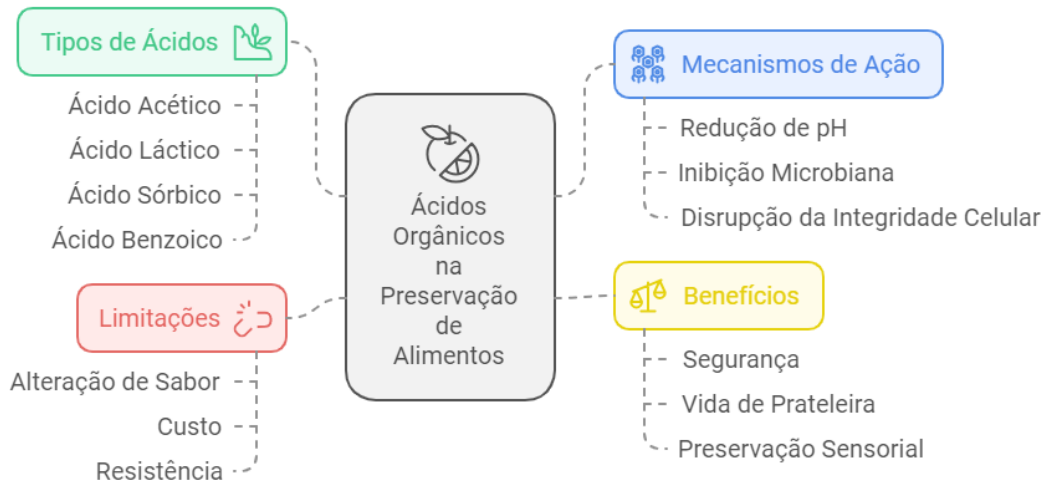
Com isso, o desafio atual reside em encontrar soluções eficazes e seguras que garantam a mesma eficiência do ETO, minimizando seus impactos negativos à saúde e ao meio ambiente.

Ácidos orgânicos

Ácidos orgânicos, como ácido acético, láctico e sórbico, são usados para reduzir o pH dos alimentos, criando um ambiente hostil ao crescimento microbiano. Esses compostos são eficazes na inibição de microrganismos patogênicos e deterioradores, contribuindo para a preservação e segurança alimentar, conforme apresentado na Figura 5.

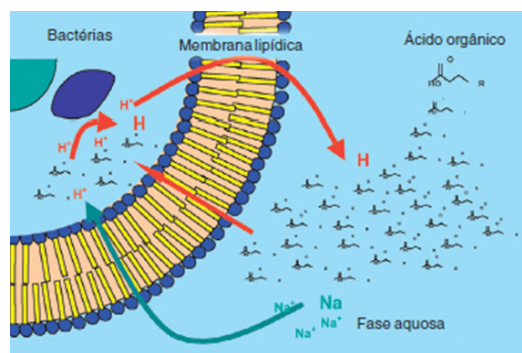
O ácido acético, por exemplo, é amplamente utilizado devido às suas propriedades antimicrobianas. Ele atua por acidificação, reduzindo o pH dos alimentos e inibindo o crescimento de bactérias, leveduras e fungos,

Figura 5: Tipos de ácidos orgânicos, mecanismos de ação, limitações e benefícios do uso destes na preservação e segurança alimentar.



como *E. coli*, *Salmonella* spp., e *L. monocytogenes* (Sohail; Hume, 2019). O ácido acético dissocia em íons hidrogênio (H^+) e acetato (CH_3COO^-), causando acidificação interna nas células microbianas e comprometendo sua integridade, resultando na morte celular (Guaragnella; Bettiga, 2021), conforme ilustrado na Figura 6. Outros ácidos, como ácido láctico, benzoico e sórbico, apresentam mecanismos de ação semelhantes.

Figura 6: Mecanismo de ação do ácido acético na célula microbiana.



Fonte: <https://www.cosmeticsonline.com.br/artigo/367>

O benzoato de sódio, derivado do ácido benzoico, é amplamente usado em alimentos ácidos, como refrigerantes e conservas, devido à sua eficácia contra fungos e algumas bactérias. Ele interfere na síntese de proteínas, respiração celular e integridade da membrana microbiana (Doyle *et al.*, 2019). Além do efeito antimicrobiano, ácidos orgânicos, como ácido acético, láctico e sórbico, preservam a cor, sabor e textura dos alimentos, prolongando sua vida útil e garantindo segurança alimentar (Ajami; Nemati, 2024). Na Turquia, o Código Alimentar Turco permite o uso de benzoato de sódio em uma concentração máxima de 0,1% para preservação de alimentos (Tüzeli; Tegün; Aydin, 2025).

Contudo, eficácia é dependente do pH, sendo reduzida em alimentos menos ácidos,

o que pode demandar combinações com outros métodos de preservação. Também podem causar alterações sensoriais indesejadas, como acidez excessiva ou mudanças na textura, especialmente em produtos à base de proteínas. Além disso, há preocupações com custos elevados e o possível desenvolvimento de resistência microbiana, embora este último risco seja menor se comparado ao uso de antibióticos (Shi *et al.*, 2022). Assim, embora eficazes e naturais, os ácidos orgânicos devem ser avaliados com base nas condições do alimento, impacto sensorial e custo-benefício para garantir a eficiência e aceitação do produto final.

Sais antimicrobianos

Os sais antimicrobianos, incluindo o dióxido de enxofre, sulfitos, nitritos e cloreto de sódio, desempenham um papel crucial na conservação de alimentos devido às suas propriedades inibitórias sobre microrganismos patogênicos e deteriorantes. Esses compostos químicos atuam por meio de diferentes mecanismos que afetam a viabilidade celular e o metabolismo microbiano, contribuindo assim para a preservação e segurança alimentar (De Barros *et al.*, 2021). Na indústria alimentícia, a utilização desses conservantes é essencial não apenas para prolongar a vida útil dos produtos, mas também para manter suas características sensoriais como sabor, textura e cor. No entanto, a aplicação desses sais deve ser realizada com cuidado, levando em consideração possíveis reações adversas e regulamentações de segurança alimentar.

O dióxido de enxofre (SO_2) e os sulfitos são amplamente utilizados como conservantes antimicrobianos e antioxidantes, inativando microrganismos por mecanismos como a desativação de enzimas essenciais e alterações em proteínas e lipídios celulares (Shimizu, M.; Yamamoto, T.; Nishida, 2019). Sua eficácia é maior em ambientes ácidos,

como vinhos e frutas secas, nas quais preservam a cor e a textura dos alimentos. No entanto, seu uso deve ser controlado devido a possíveis reações alérgicas em indivíduos sensíveis (Li *et al.*, 2024; López-Gómez *et al.*, 2019).

Os nitritos são amplamente utilizados na conservação de carnes curadas, desempenhando um papel essencial na inibição do *Clostridium botulinum* e de outros patógenos. Sua ação ocorre por meio da conversão em óxido nítrico (NO), que danifica a membrana celular microbiana e inibe enzimas essenciais para sua sobrevivência (Nourishment; Techniques, 2024).

No entanto, o uso excessivo de nitritos pode levar à formação de nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, justificando a existência de regulamentações rigorosas (Castro *et al.*, 2020; Shakil *et al.*, 2022). Além disso, o consumo excessivo desses compostos está associado a efeitos nocivos à saúde, como o risco aumentado de câncer e a redução da capacidade do sangue de transportar oxigênio (Souza *et al.*, 2024).

Diante desses riscos, a regulamentação do teor de nitrito em produtos cárneos é essencial para garantir a segurança alimentar. No Brasil, por exemplo, o limite máximo permitido é de 150 ppm (Yang *et al.*, 2024), garantindo um equilíbrio entre eficiência antimicrobiana e segurança para o consumidor.

O cloreto de sódio desempenha um papel essencial na indústria alimentícia, atuando como intensificador de sabor, regulador estrutural e conservante (Yang *et al.*, 2024). Seu uso é amplamente difundido na preservação de frutos do mar, cura de carnes e fermentação de vegetais, garantindo maior durabilidade e segurança dos alimentos (Li *et al.*, 2022; Vidal *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2023).

Como conservante tradicional, o sal reduz a atividade da água (aw), criando um ambiente desfavorável ao crescimento micro-

biano por meio do processo de osmose. Esse mecanismo é eficaz na inibição de patógenos como *E. coli*, *Salmonella* e *L. monocytogenes*, contribuindo para a segurança alimentar (Wang, D. *et al.*, 2024). Além de sua ação antimicrobiana, o cloreto de sódio desempenha um papel fundamental na formação do sabor e da textura de alimentos como carnes curadas e peixes, sendo indispensável para a qualidade sensorial desses produtos (Lorén *et al.*, 2023). Apesar de eficiente, seu uso deve ser equilibrado para evitar impactos negativos na saúde pública devido ao consumo excessivo de sal (Afshin *et al.*, 2019; Khalifah *et al.*, 2022). Em síntese, SO₂, sulfitos, nitritos e sal são conservantes importantes para a segurança alimentar e preservação de alimentos, mas seu uso requer controle para equilibrar eficácia antimicrobiana e preocupações de saúde.

Métodos inovadores

A crescente demanda por alternativas naturais aos conservantes químicos tem impulsionado o desenvolvimento de métodos inovadores de preservação de alimentos. Destaques incluem conservantes naturais à base de compostos bioativos com propriedades antimicrobianas e benefícios sensoriais (Sequeda-Castañeda *et al.*, 2025) such as antibacterial, antioxidant, and antiviral activities, which are beneficial in various industries, including cosmetics, food, and pharmaceuticals. In this study, the antioxidant and antimicrobial activities of Pentacalia vaccinioides EOs obtained from leaves and flowers (fresh and dried plant material nanopartículas de prata, eficazes na inativação microbiana devido ao tamanho reduzido (Luceri *et al.*, 2023); bacteriocinas, peptídeos antimicrobianos que controlam patógenos (Simons; Alhannout; Duval, 2020); e quitosana, utilizada na formação de filmes antimicrobianos (Hu; Gänzle, 2019). Essas abordagens avançam na

segurança alimentar, atendendo à preferência por ingredientes naturais e saudáveis.

Conservantes naturais à base de compostos bioativos

O uso de óleos essenciais (OEs) como agentes antimicrobianos é amplamente conhecido há séculos, historicamente empregados na preservação de alimentos e no tratamento de infecções (Chen; Lan; Xie, 2024; Mikołajczak; Tańska; Ogrodowska, 2021). O seu potencial ganhou destaque devido à crescente busca por alternativas naturais aos conservantes sintéticos na indústria alimentícia.

Os OEs são compostos aromáticos voláteis extraídos de plantas, ricos em terpenos, terpenoides e outros metabólitos secundários, amplamente utilizados tanto por suas propriedades antimicrobianas quanto como aditivos para sabor e aroma (Câmara *et al.*, 2024). Seu mecanismo de ação envolve a desestabilização das membranas celulares microbianas, alteração dos gradientes iônicos e redução do pH interno, levando à disfunção de sistemas enzimáticos e metabólicos, resultando na ini-

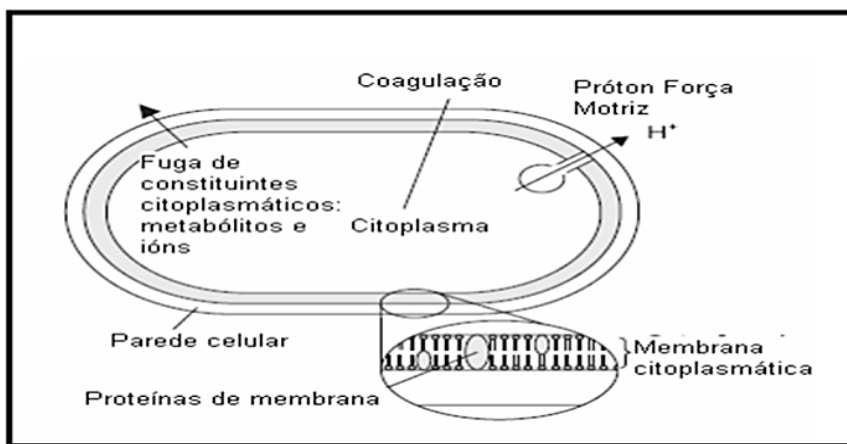
bição ou morte dos microrganismos (Angane *et al.*, 2022), conforme ilustrado na Figura 7.

Dentre os compostos bioativos presentes nos OEs, os fenólicos se destacam por sua forte atividade antimicrobiana, cuja eficácia é influenciada por fatores como a estrutura da parede celular bacteriana, concentração do composto, método de extração e tempo de exposição (Chen; Lan; Xie, 2024).

Estudos mostram que extratos de romã, alecrim e azeitona, ricos em hidroxitirosol inibem o crescimento de *L. monocytogenes*, *S. aureus* e *E. coli*, aumentando a vida útil de hambúrgueres de peixe (Martínez *et al.*, 2019). Emulsões fenólicas de eugenol e timol demonstraram eficácia contra biofilmes em superfícies de processamento de frutos do mar (Toushik *et al.*, 2022), enquanto extratos ricos em elagitanninos de pseudofrutos de rosas inibiram bactérias do gênero *Staphylococcus* (Milala *et al.*, 2021).

Além de sua eficácia antimicrobiana, os OEs são considerados seguros para a saúde humana. A Food and Drug Administration (FDA) classifica muitos óleos essenciais como “geralmente reconhecidos como segu-

Figura 7: Mecanismo de ação do óleo essencial sobre a célula microbiana.



Fonte: Burt (2004); Carvalho (2024).

ros” (GRAS), permitindo seu uso em alimentos e produtos de consumo. Estudos recentes corroboram essa segurança. Por exemplo, a pesquisa desenvolvida pela Embrapa (2021) demonstrou que os OEs de alecrim-pimenta, tomilho e orégano são eficazes contra *S. typhimurium* e *S. aureus*, sem apresentar efeitos adversos à saúde humana, sugerindo seu potencial como conservantes naturais em alimentos

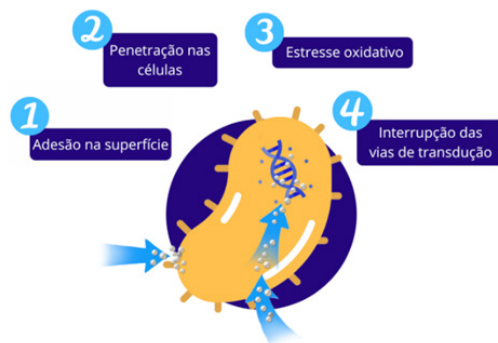
Outro estudo avaliou a atividade antimicrobiana dos OEs de citronela (*Cymbopogon nardus*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e alfavaca (*Ocimum selloi benth*) contra bactérias de interesse alimentar, como *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli* e *S. enterica*. Os resultados indicaram eficácia na inibição desses patógenos, sem efeitos prejudiciais à saúde, reforçando o potencial dos OEs como alternativas seguras aos conservantes sintéticos (Da Silva Neto *et al.*, 2024). Essa crescente valorização dos antimicrobianos naturais reforça a importância dos OEs como alternativas promissoras para a segurança alimentar e a redução do uso de conservantes químicos.

Nanopartículas de prata

As nanopartículas de prata (AgNPs) têm sido amplamente estudadas por suas propriedades antimicrobianas, oferecendo uma abordagem inovadora para a inativação de microrganismos em alimentos. Sua eficácia é atribuída ao tamanho reduzido e à grande área de superfície, que resultam em atividades antimicrobianas superiores às da prata macroscópica (Wang, G. *et al.*, 2024). O mecanismo de ação das AgNPs é complexo e inclui a interação com a membrana celular dos microrganismos, causando danos à estrutura lipídica, perda de integridade celular, liberação de conteúdo intracelular e morte celular (Wang, G. *et al.*, 2024). Além disso, as AgNPs geram espécies reativas de oxigênio

(EROs), que provocam estresse oxidativo nas células microbianas, inibindo o crescimento e levando à morte dos microrganismos (Ali *et al.*, 2023), conforme Figura 8.

Figura 8: Mecanismo de ação das nanopartículas de prata sobre a célula microbiana.



Fonte: <https://s3nano.com/acao-antimicrobiana-da-nanoparticulo-como-funciona/>

A eficácia das nanopartículas de prata (AgNPs) é determinada por características como tamanho, forma, concentração e modificação da superfície. Partículas menores demonstram maior atividade antimicrobiana devido à sua elevada área superficial e capacidade de penetração celular (Cheon *et al.*, 2019). Além disso, a funcionalização dessas nanopartículas pode potencializar sua ação, tornando-as conservantes promissores para frutas, vegetais e carnes, ajudando a estender a vida útil e manter a qualidade sensorial dos alimentos (Zhang *et al.*, 2023).

Outro uso relevante das AgNPs é na descontaminação da água, na qual se mostraram eficazes contra bactérias multirresistentes, como *S. aureus* e *P. aeruginosa*. A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera seguras concentrações de até 0,01 mg/L em água potável (Nawaz *et al.*, 2023). A síntese dessas nanopartículas, geralmente realizada por redução química, permite ajustes em

sua morfologia e atividade antimicrobiana, influenciada pelo tipo de suporte utilizado, como nanocristais de celulose sulfatada ou dióxido de titânio (Rangaraju *et al.*, 2024).

Apesar dos benefícios, a segurança alimentar e os possíveis efeitos tóxicos das AgNPs exigem avaliação rigorosa. Um estudo realizado por (Durán *et al.*, 2018) aponta que a toxicidade das AgNPs pode variar conforme a dose, o tamanho das partículas e o tempo de exposição. Embora estudos *in vivo* com camundongos e humanos tenham indicado baixa toxicidade, há necessidade de pesquisas que avaliem efeitos a longo prazo e em diferentes sistemas fisiológicos. Além disso, o uso indiscriminado das AgNPs pode contribuir para o desenvolvimento de resistência bacteriana.

Zulfiqar *et al.* (2024) relatam que as nanopartículas de prata (AgNPs) podem entrar no organismo humano por diferentes vias, incluindo ingestão, inalação e contato dérmico, além de serem transportadas pela corrente sanguínea. A toxicidade dessas nanopartículas varia conforme seu tamanho, sendo que partículas menores tendem a ser mais citotóxicas devido à sua maior relação superfície/massa e à liberação de uma quantidade mais elevada de íons de prata. No caso de AgNPs com mais de 10 nm, a citotoxicidade está predominantemente associada à sua interação direta com macrófagos, o que pode desencadear respostas imunológicas e inflamatórias.

Diversos metais e óxidos metálicos, como prata, cobre, óxido de zinco (ZnO), óxido de magnésio (MgO) e dióxido de titânio (TiO₂), têm sido amplamente estudados devido à sua ação antimicrobiana. No entanto, evidências indicam que algumas dessas nanopartículas, incluindo as de prata, ZnO, óxido de cério (CeO₂) e TiO₂, podem se acumular nas superfícies celulares ou dentro de organelas subcelulares. Esse acúmulo pode desencadear

estresse oxidativo, levando a danos celulares, ativação de vias inflamatórias e liberação de mediadores inflamatórios, como quimiocinas e citocinas, que podem agravar respostas inflamatórias no organismo (Adhika *et al.*, 2025; Costa *et al.*, 2008).

Portanto, embora as AgNPs ofereçam vantagens significativas na preservação de alimentos e descontaminação da água, seu uso deve ser acompanhado de regulamentações rigorosas e avaliações contínuas para garantir a segurança do consumidor.

Aplicação de bacteriocinas

As bacteriocinas são peptídeos antimicrobianos produzidos por bactérias, como *Lactococcus*, *Lactobacillus* e *Pediococcus*, amplamente estudadas pela sua eficácia no controle de microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos (Cancelli *et al.*, 2024). Elas agem desestabilizando a membrana celular, inibindo a síntese de proteínas e interferindo na replicação do DNA, classificadas em dois tipos principais: de baixa massa molecular, que alteram a permeabilidade da membrana, e de alta massa molecular, que formam poros na membrana bacteriana (Hernández-Jiménez; Loa; Rojas-Avelizapa, 2025).

Na indústria alimentícia, as bacteriocinas, como a nisina e a pediocina, têm aplicações diversas, incluindo a redução de contaminações por *L. monocytogenes* em queijos e carnes processadas (da Costa *et al.*, 2019). A nisina é aprovada comercialmente e utilizada em produtos lácteos, enquanto a pediocina tem eficácia em alimentos de origem animal e vegetal. Elas podem ser aplicadas por adição direta, imobilização em matrizes alimentares ou uso em embalagens ativas.

Além disso, as bacteriocinas formam poros nas membranas bacterianas, causando perda de íons essenciais e desestabilização do equilíbrio celular, com potencial para inibir a

síntese de DNA e proteínas (Liu *et al.*, 2022). Assim, representam alternativas naturais e sustentáveis aos conservantes químicos, atendendo à crescente demanda por métodos de preservação mais seguros e aceitos pelos consumidores.

Uso de conservantes à base de quitosana

Os conservantes à base de quitosana são amplamente utilizados na preservação de alimentos devido às suas propriedades

antimicrobianas, naturais e biodegradáveis (Liu; Liao; Xia, 2023). Derivada da quitina de crustáceos, como camarões e caranguejos, a quitosana possui grupos amino e hidroxila que conferem atividade antimicrobiana, agindo na desestabilização da membrana celular e na inibição da síntese da parede celular bacteriana (Gradinaru *et al.*, 2023). Além disso, forma filmes em superfícies alimentares, criando barreiras físicas contra oxigênio e umidade, e permitindo a liberação controlada de compostos bioativos (Luo *et al.*, 2023).

Tabela I: Estudos realizados com aplicação de métodos químicos clássicos e inovadores no controle microbiano de alimentos.

Agente	Classificação	Descrição	Referência
Ácido Acético	Clássico	Utilizado para reduzir o pH, criando um ambiente inóspito para o crescimento microbiano.	Park <i>et al.</i> (2021)t
Nitratos e Nitritos	Clássico	Usados na preservação de carnes curadas para inibir o crescimento de <i>S. aureus</i> e <i>C. botulinum</i> , além de contribuir para cor, sabor e aroma.	Mastanjević et al. (2025)
Sais (Cloreto de Sódio)	Clássico	Cria um ambiente osmótico estressante para as células microbianas, inibindo seu crescimento.	Zarzecka <i>et al.</i> (2022)
Dióxido de Enxofre e Sulfitos	Clássico	Usados para inibir o crescimento microbiano, além de prevenir o escurecimento enzimático.	Gould; Russell (2003)
Ácido Benzoico e Derivados	Clássico	Conservante comum em alimentos ácidos, inibindo fungos e algumas bactérias.	Chipley; Sofos (2020)
Óleos Essenciais	Inovador	OE atuam como antimicrobianos naturais, afetando as membranas celulares dos microrganismos.	Chen; Lan; Xie (2024) Da Silva Neto <i>et al.</i> (2024)
Nanopartículas de Prata	Inovador	Agem interrompendo a estrutura celular microbiana por oxidação, levando à inativação.	Jadhav <i>et al.</i> (2023)
Bacteriocinas (nisina)	Inovador	Peptídeos antimicrobianos que inibem microrganismos patogênicos em alimentos.	Setiarto <i>et al.</i> (2023)
Quitosana	Inovador	Polissacarídeo com propriedades antimicrobianas, usado em embalagens comestíveis e conservantes.	Ștefănescu <i>et al.</i> (2022)
Ácidos Orgânicos e Seus Sais	Inovador	Tecnologias que utilizam ácidos orgânicos como inibidores de patógenos alimentícios.	Yoon <i>et al.</i> (2024)

Quando combinada com outros conservantes naturais, como OE, a quitosana demonstra efeito sinérgico na inibição de patógenos, incluindo *E. coli*, *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes*, em alimentos como carnes, laticínios e frutas. Segura para consumo humano e com baixa toxicidade, a quitosana apresenta-se como uma alternativa sustentável e eficaz aos conservantes sintéticos tradicionais (Fatima *et al.*, 2024).

Estudos sobre métodos clássicos e inovadores de preservação de alimentos

A Tabela I apresenta uma visão geral dos métodos químicos clássicos e inovadores para controle microbiano em alimentos, destacando compostos como nanopartículas de prata, bacteriocinas, óleos essenciais e quitosana. Os conservantes químicos tradicionais, como ácidos orgânicos (ácido acético, ácido sórbico e ácido benzoico), nitritos e sulfitos são amplamente regulamentados e aceitos para uso na conservação de alimentos. No entanto, novas abordagens têm sido

desenvolvidas para atender à demanda por alternativas naturais e menos impactantes à saúde humana.

A Tabela II apresenta tipos de microrganismos e os métodos químicos utilizados para o controle de sua presença em alimentos.

Conforme apresentado na Tabela II, a presença de microrganismos em alimentos pode ser controlada por diversos métodos químicos, que atuam de maneira combinada para aumentar sua eficácia. Por exemplo, o ácido acético, os óleos essenciais e a quitosana demonstram atividade antimicrobiana contra *E. coli*, enquanto nitratos e nitritos, bacteriocinas e ácidos orgânicos são eficazes na inibição de *L. monocytogenes* e *C. botulinum*. Já as nanopartículas de prata apresentam amplo espectro de ação, utilizadas contra patógenos como *P. aeruginosa* e *S. enterica*.

A preservação de alimentos exige um equilíbrio entre segurança alimentar e qualidade sensorial. Embora conservantes artificiais e ácidos orgânicos continuem sendo amplamente utilizados na indústria alimen-

Tabela II: Interação entre microrganismos e os métodos utilizados para o controle de sua presença em alimentos.

Microrganismos	Agentes antimicrobianos
<i>E. coli</i>	Ácido acético, óleos essenciais, quitosana, nanopartículas de prata
<i>L. monocytogenes</i>	Nitratos e nitritos, bacteriocinas (nisina), ácidos orgânicos
<i>S. aureus</i>	Ácido benzoico, óleos essenciais, nanopartículas de prata
<i>C. botulinum</i>	Nitratos e nitritos, ácidos orgânicos
<i>S. enterica</i>	Ácido láctico, óleos essenciais, nanopartículas de prata
<i>B. cereus</i>	Dióxido de enxofre e sulfitos, ácidos orgânicos
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ácido acético, óleos essenciais
<i>Penicillium</i> spp.	Óleos essenciais, ácido benzoico
<i>P. aeruginosa</i>	Nanopartículas de prata, quitosana, óleos essenciais
<i>Candida albicans</i>	Ácido benzoico, óleos essenciais, quitosana
<i>Listeria</i> spp.	Bacteriocinas (nisina), óleos essenciais, ácidos orgânicos
<i>E. coli</i> O157	Quitosana, nanopartículas de prata, ácidos orgânicos

tícia, a crescente demanda por alternativas naturais tem impulsionado o uso de óleos essenciais, bacteriocinas, nanopartículas de prata e quitosana. Esses compostos inovadores atendem às expectativas dos consumidores por alimentos mais saudáveis, ao mesmo tempo que garantem proteção contra microrganismos patogênicos.

A combinação de abordagens clássicas e novas tecnologias é fundamental para desenvolver estratégias eficazes e sustentáveis no controle microbiológico. A integração de diferentes agentes antimicrobianos permite otimizar a segurança dos alimentos, prolongar sua vida útil e minimizar impactos negativos à saúde, garantindo um produto final de alta qualidade e aceitação pelo mercado.

Considerações Finais

O controle microbiano é fundamental para garantir a segurança alimentar e prolongar a vida útil dos alimentos. Métodos tradicionais, como o uso de ácidos orgânicos, sais, nitratos e sulfitos seguem sendo amplamente empregados devido à sua comprovada eficácia na inibição de microrganismos, seja por meio da alteração do pH, osmolaridade ou pela ação direta sobre suas estruturas celulares.

Nos últimos anos, abordagens inovadoras vêm ganhando destaque, incluindo o uso de conservantes naturais, como óleos essenciais, nanopartículas de prata, bacteriocinas e quitosana, que prometem ação antimicrobiana eficaz com menor impacto à saúde. Além disso, tecnologias baseadas em ácidos orgânicos e seus sais vêm ampliando as possibilidades para o controle microbiano em uma variedade de produtos alimentícios.

No entanto, apesar do potencial dessas abordagens inovadoras, há uma necessidade urgente de estudos adicionais para avaliar sua eficácia e segurança em diferentes matrizes alimentares e ao longo do tempo. Aspectos como interações com componentes dos alimentos, impacto na microbiota benéfica e possíveis efeitos adversos à saúde humana precisam ser melhor compreendidos antes de sua ampla aplicação industrial.

Pesquisas futuras devem se concentrar na otimização dessas tecnologias, explorando combinações sinérgicas entre métodos tradicionais e inovadores para potencializar seus efeitos antimicrobianos. Além disso, estudos de longo prazo sobre estabilidade, toxicidade e regulamentação serão essenciais para viabilizar a adoção segura e eficaz dessas estratégias pela indústria alimentícia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES – Código de Financiamento 001, e a FAPERGS.

REFERÊNCIAS

ADHIKA, D. R.; GENECHYA, G.; HABIBAH, A. A.; PUTRI, A. N. A. R.; ARROZI, U. S. F. Carrageenan bionanocomposite films incorporating Ag and Zn-Doped CeO₂ nanoparticles for active food packaging applications. **OpenNano**, v. 22, p. 100234, 2025. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352952025000039>.

AFSHIN, A.; SUR, P. J.; FAY, K. A. *et al.* Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 393, n. 10184, p. 1958–1972, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673619300418>.

AJAMI, V.; NEMATİ, S. H. Investigating the effect of different concentrations of salicylic acid and citric acid on some quality characteristics and microbial load of fresh cut watermelon. **Horticultural Science**, 2024.

ALI, H. M.; KARAM, K.; KHAN, T.; WAHAB, S.; ULLAH, S.; SADIQ, M. Reactive oxygen species induced oxidative damage to DNA, lipids, and proteins of antibiotic-resistant bacteria by plant-based silver nanoparticles. **3 Biotech**, v. 13, n. 12, p. 414, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s13205-023-03835-1>.

ANGANE, M.; SWIFT, S.; HUANG, K.; BUTTS, C. A.; QUEK, S. Y. Essential Oils and Their Major Components: An Updated Review on Antimicrobial Activities, Mechanism of Action and Their Potential Application in the Food Industry. **Foods**, v. 11, n. 3, p. 464, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/3/464>.

ANUMUDU, C.; HART, A.; MIRI, T.; ONYEAKA, H. Recent Advances in the Application of the Antimicrobial Peptide Nisin in the Inactivation of Spore-Forming Bacteria in Foods. **Molecules**, v. 26, n. 18, p. 5552, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/18/5552>.

ARIENZO, A.; GALLO, V.; TOMASSETTI, F.; ANTONINI, G. Implication of Sodium Hypochlorite as a Sanitizer in Ready-to-Eat Salad Processing and Advantages of the Use of Alternative Rapid Bacterial Detection Methods. **Foods**, v. 12, n. 16, p. 3021, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3021>.

ARTASENSI, A.; MAZZOTTA, S.; FUMAGALLI, L. Back to Basics: Choosing the Appropriate Surface Disinfectant. **Antibiotics**, v. 10, n. 6, p. 613, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/6/613>.

BARROS, J. R.; SOARES, F. M.; SILVA, E. D. S.; CONSTANT, P. B. L. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: Uma Revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 37, n. 2, p. 18–29, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria GM/MS no 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2021.

BREIBECK, J.; ROMPEL, A. Successful amphiphiles as the key to crystallization of membrane proteins: Bridging theory and practice. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v. 1863, n. 2, p. 437–455, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304416518303520>.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160504001680>.

CÂMARA, J. S.; PERESTRELO, R.; FERREIRA, R.; BERENGUER, C. V.; PEREIRA, J. A. M., & CASTILHO, P. C. Plant-Derived Terpenoids: A Plethora of Bioactive Compounds with Several Health Functions and Industrial Applications-A Comprehensive Overview. **Molecules**, v. 29, n. 16, p. 3861, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/29/16/3861>.

CANCELLA, M. J.; SANTOS, T. A.; MIGUEL, E. M. *et al.* Bactérias lácticas como probióticas, bioconservantes de alimentos e produtoras de bacteriocinas: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 79, n. 1, p. 37–47, 2024. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/956>.

CARVALHO, Z. S. DE. . exploração e aplicações Phytochemical potential of essential oils : exploration and applications. , p. 1-9, 2024.

CASTRO, M. F.; SILVA, D. S.; GONÇALVES, R. F. Nitrates and nitrites in foods: Occurrence, metabolism and potential risks. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 7, p. 2396-2412, 2020.

CHEN, X.; LAN, W.; XIE, J. Natural phenolic compounds: Antimicrobial properties, antimicrobial mechanisms, and potential utilization in the preservation of aquatic products. **Food Chemistry**, v. 440, p. 138198, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814623028169>.

CHEON, J. Y.; KIM, S. J.; RHEE, Y. H.; KWON, O. H.; PARK, W. H. Shape-dependent antimicrobial activities of silver nanoparticles. **International Journal of Nanomedicine**, v. Volume 14, p. 2773-2780, 2019. Disponível em: <https://www.dovepress.com/shape-dependent-antimicrobial-activities-of-silver-nanoparticles-peer-reviewed-article-IJN>.

CHIPLEY, J. R.; SOFOS, J. N. Antimicrobial activity of benzoates in acidic foods. **Food Additives & Contaminants**, v. 37, n. 6, p. 1232-1240, 2020.

CHUNG, W. H.; CHAKLADER, M. R.; HOWIESON, J. Efficacy Evaluation of Chlorine Dioxide and Hypochlorous Acid as Sanitisers on Quality and Shelf Life of Atlantic Salmon (Salmo salar) Fillets. **Foods**, v. 13, n. 19, p. 3156, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/19/3156>.

COBAN, H. B. Organic acids as antimicrobial food agents: applications and microbial productions. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 43, n. 4, p. 569-591, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00449-019-02256-w>.

COSTA, F. DE S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323–332, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100030&lng=pt&tlng=pt.

DA COSTA, R. J.; VOLOSKI, F. L. S.; MONDADORI, R. G.; DUVAL, E. H.; FIORENTINI, Â. M. Preservation of Meat Products with Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat. **Journal of Food Quality**, v. 2019, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2019/4726510/>.

COTTER, P. D.; HILL, C. Surviving the Acid Test: Responses of Gram-Positive Bacteria to Low pH. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 67, n. 3, p. 429-453, 2003. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/MMBR.67.3.429-453.2003>.

DOYLE, M. P.; BEUCHAT, L. R.; MONTVILLE, T. J. **Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers**. 4th Editio ed. John Wiley & Sons, 2019.

DUBEY, P.; SINGH, A.; YOUSUF, O. Ozonation: an Evolving Disinfectant Technology for the Food Industry. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, n. 9, p. 2102-2113, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11947-022-02876-3>.

DUDKIEWICZ, A.; DUTTA, P.; KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, D. Ethylene oxide in foods: current approach to the risk assessment and practical considerations based on the European food business operator perspective. **European Food Research and Technology**, v. 248, n. 7, p. 1951-1958, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s00217-022-04018-7>.

DUPREE, D. E.; PRICE, R. E.; BURGESS, B. A.; ANDRESS, E. L.; BREIDT, F. Effects of Sodium Chloride or Calcium Chloride Concentration on the Growth and Survival of Escherichia coli O157:H7 in Model Vegetable Fermentations. **Journal of Food Protection**, v. 82, n. 4, p. 570-578, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0362028X22102218>.

DURÁN, N.; ROLIM, W.; DURÁN, M.; FÁVARO, W.; SEABRA, A. Nanotoxicologia De Nanopartículas De Prata: Toxicidade Em Animais E Humanos. **Química Nova**, 2018. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=6873&nomeArquivo=RV20180284.pdf.

DUTRA, L. Qual a relação entre o uso correto de utensílios de limpeza e a produção de alimentos seguros? Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/qual-relacao-entre-o-uso-correto-de-utensilios-de-limpeza-e-producao-de-alimentos-seguros>. Acesso em: 17 fev. 2025.

EMBRAPA. Óleos essenciais combatem patógenos de origem alimentar. Disponível em: <https://alavoura.com.br/colunas/panorama/oleos-essenciais-combatem-patogenos-de-origem-alimentar/>.

EUROPEIA, C. **Regulamento de Execução (UE) 2019/1793 da Comissão, de 22 de outubro de 2019, relativo ao aumento temporário dos controlos oficiais e às medidas de emergência que regem a entrada na União de determinadas mercadorias provenientes de determinados países ter**. 2019.

EUROPEIA, C. **Regulamento de Execução (UE) 2020/1540 da Comissão de 22 de outubro de 2020 que altera o Regulamento de Execução (UE) 2019/1793 no que diz respeito às sementes de gergelim originárias da Índia**. 2020.

EUROPEIA, C. **Relatório anual de 2021 – Rede de alerta e cooperação**. Bruxelas, 2021.

EUROPEIA, C. **Base de dados de pesticidas da UE – LMR - resíduos de pesticidas e níveis máximos de resíduos (mg/kg)**. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls/details?lg_code=EN&pest_res_id_list=91&product_id_list=. Acesso em: 26 mar. 2024.

FATIMA, M.; MIR, S.; ALI, M.; et al. Synthesis and applications of chitosan derivatives in food preservation-A review. **European Polymer Journal**, v. 216, p. 113242, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014305724005032>.

FERNANDES, S.; GOMES, I. B.; SIMÕES, M.; SIMÕES, L. C. Novel chemical-based approaches for biofilm cleaning and disinfection. **Current Opinion in Food Science**, v. 55, p.101124, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221479932400002X>.

FURLAN, V. J. M.; DA SILVA, K. F.; CUNHA, J. P. S.; UGALDE, F. Z.; DA SILVA, D. G.; CENTENARO, G. S. Determinação de nitrato e nitrito em produtos cárneos: adequação à legislação. **Magistra**, v. 31, p. 559-567, 2020.

GÄNZLE, M. G. Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. **Current Opinion in Food Science**, v. 2, p. 106-117, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799315000508>.

GOULD, G. W.; RUSSELL, N. J. Sulfite. **Food Preservatives**, p. 85-101, 2003. Boston, MA: Springer US. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-30042-9_5.

GRADINARU, L. M.; BARBALATA-MANDRU, M.; ENACHE, A. A.; RIMBU, C. M.; BADEA, G. I.; AFLORI, M. Chitosan Membranes Containing Plant Extracts: Preparation, Characterization and Antimicrobial Properties. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 10, p. 8673, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/10/8673>.

GUARAGNELLA, N.; BETTIGA, M. Acetic acid stress in budding yeast: From molecular mechanisms to applications. **Yeast**, v. 38, n. 7, p. 391-400, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/yea.3651>.

JEFRI, H. N. M.; KHAN, A.; LIM, Y. C.; LEE, K. S.; LIEW, K. B.; KASSAB, Y. W.; CHOO, C.-Y.; AL-WORAFI, Y. M.; MING, L. C.; KALUSALINGAM, A. A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. **Journal of Medicine and Life**, v. 15, n. 3, p. 313-318, 2022. Disponível em: <https://medandlife.org/wp-content/uploads/JMedLife-15-313.pdf>.

HASAN, T. H.; KADHUM, H. A. L. I.; ALASEDI, K. K. The Using of Ethanol and Isopropyl Alcohol as a disinfectant: Review. **International Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 01, 2020.

HE, S.; ZHAN, Z.; SHI, C.; WANG, S.; SHI, X. Ethanol at Subinhibitory Concentrations Enhances Biofilm Formation in Salmonella Enteritidis. **Foods**, v. 11, n. 15, p. 2237, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/15/2237>.

HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, M. O.; LOA, J. D. A.; ROJAS-AVELIZAPA, N. G. Agroindustrial Plant Wastes: Novel Source of Antimicrobial Peptides. **Circular Economy and Sustainability**, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s43615-025-00515-5>.

HU, Z.; GÄNZLE, M. G. Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. **Journal of Applied Microbiology**, v. 126, n. 5, p. 1318-1331, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/jambio/article/126/5/1318/6714944>.

HWANG, C.-A.; HUANG, L.; SHEEN, S. Modeling the growth probability of Clostridium Perfringens in cooked cured meat as affected by sodium chloride and sodium tripolyphosphate. **Microbial Risk Analysis**, v. 26, p. 100296, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352352224000070>.

JADHAV, R.; PAWAR, P.; CHOUDHARI, V.; TOPARE, N.; RAUT-JADHAV, S.; BOKIL, S.; KHAN, A. An overview of antimicrobial nanoparticles for food preservation. **Materials Today: Proceedings**, v. 72, p. 204-216, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785322046478>.

KHALIFAH, A. M.; BADR, A. N.; EL-KHADRAGY, M. F.; SHEHATA, M. G.; ABDALLA, S. A.; YEHIA, H. M.; ALI, H. S. Comparative Evaluations to Enhance Chemical and Microbial Quality of Salted Grey Mullet Fish. **Fishes**, v. 7, n. 4, p. 175, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2410-3888/7/4/175>.

LEASCA, S. This Is the Deadliest Foodborne Illness, According to the World Health Organization. Disponível em: <https://www.foodandwine.com/most-viral-foodborne-illnesses-world-health-organization-8767812>.

LESHEM, T.; GILRON, S.; AZRAD, M.; PERETZ, A. Characterization of reduced susceptibility to chlorhexidine among Gram-negative bacteria. **Microbes and Infection**, v. 24, n. 2, p. 104891, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1286457921001131>.

LI, Z.; HUANG, J.; WANG, L.; LI, D.; CHEN, Y.; XU, Y.; LI, L.; XIAO, H.; LUO, Z. Novel insight into the role of sulfur dioxide in fruits and vegetables: Chemical interactions, biological activity, metabolism, applications, and safety. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 24, p. 8741-8765, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2023.2203737>.

LI, Z.; XIE, S.; SUN, B.; ZHANG, Y.; LIU, K.; LIU, L. Effect of KCl replacement of NaCl on fermentation kinetics, organic acids and sensory quality of sauerkraut from Northeast China. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 9, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.16622>.

LIU, G.; NIE, R.; LIU, Y.; MEHMOOD, A. Combined antimicrobial effect of bacteriocins with other hurdles of physicochemic and microbiome to prolong shelf life of food: A review. **Science of The Total Environment**, v. 825, p. 154058, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969722011500>.

LIU, X.; LIAO, W.; XIA, W. Recent advances in chitosan based bioactive materials for food preservation. **Food Hydrocolloids**, v. 140, p. 108612, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X23001583>.

LONGO, W.; SARKER, M. I.; ANNOUS, B. A.; PAOLI, G. C. Decontamination of bovine hide surfaces for enhancing food safety: Use of alkyltrimethylammonium bromide and chlorhexidine digluconate. **LWT**, v. 109, p. 255-260, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819303019>.

LÓPEZ-GÓMEZ, A.; ROS-CHUMILLAS, M.; ANTOLINOS, V.; BUENDÍA-MORENO, L.; NAVARRO-SEGURA, L.; SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M. J.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; SOTO-JOVER, S. Fresh culinary herbs decontamination with essential oil vapours applied under vacuum conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 156, p. 110942, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521419303278>.

LORÉN, N.; NIIMI, J.; HÖGLUND, E.; ALBIN, R.; RYTTER, E.; BJERRE, K.; NIELSEN, T. Sodium reduction in foods: Challenges and strategies for technical solutions. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 3, p. 885-900, 2023. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.16433>.

LUCERI, A.; FRANCESE, R.; LEMBO, D.; FERRARIS, M.; BALAGNA, C. Silver Nanoparticles: Review of Antiviral Properties, Mechanism of Action and Applications. **Microorganisms**, v. 11, n. 3, p. 629, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/3/629>.

LUO, X.; PENG, Y.; QIN, Z.; TANG, W.; DUNS, G. J.; DESSIE, W.; HE, N.; TAN, Y. Chitosan-based packaging films with an integrated antimicrobial peptide: Characterization, in vitro release and application to fresh pork preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 231, p. 123209, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813023000831>.

MAHDAVI, P.; ALIAKBARLU, J. Antibiofilm Effect of Sequential Application of Ozonated Water, Acetic Acid and Lactic Acid on Salmonella Typhimurium and Staphylococcus aureus Biofilms In Vitro. **Journal of Food Protection**, v. 87, n. 9, p. 100336, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0362028X24001200>.

MARTÍNEZ, L.; CASTILLO, J.; ROS, G.; NIETO, G. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Rosemary, Pomegranate and Olive Extracts in Fish Patties. **Antioxidants**, v. 8, n. 4, p. 86, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/8/4/86>.

MASTANJEVIĆ, K.; KOVAČEVIĆ, D.; DANIČIĆ, M.; HABSCHIED, K. Levels of nitrite and nitrate content in traditional dry sausage “homemade kulen”. **MESO**, v. 5, n. 2024, p. 419-427, 2025.

MIKOŁAJCZAK, N.; TAŃSKA, M.; OGRODOWSKA, D. Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 110-138, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092422442100306X>.

MILALA, J.; PIEKARSKA-RADZIK, L.; SÓJKA, M.; KLEWICKI, R.; MATYSIAK, B.; KLEWICKA, E. Rosa spp. Extracts as a Factor That Limits the Growth of Staphylococcus spp. Bacteria, a Food Contaminant. **Molecules**, v. 26, n. 15, p. 4590, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/15/4590>.

MORALES LÓPEZ, Á.; APPAIAH, A.; BERGLUND, J.; MARTELEUR, K.; AJALLOUEIAN, F.; FINNE-WISTRAND, A. Effect of ethylene oxide and gamma sterilization on surface texture of films and electrospun poly(ε-caprolactone-co-p-dioxanone) (PCLDX) scaffolds. **Polymer Testing**, v. 139, p. 108567, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142941824002447>.

MUZZAFFAR, M. A.; ALI, S. W.; IQBAL, M.; SAEED, M.; AHMAD, M.; TARIQ, M. R.; YUSUF, A. M.; MURTAZA, A.; AHMED, A.; YAQUB, S.; RIAZ, M. Comparative evaluation of ethylene oxide, electron beam and gamma irradiation treatments on commonly cultivated red chilli cultivars

(Kunri and Hybrid) of Sindh, Pakistan. **Heliyon**, v. 10, n. 1, p. e23476, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844023106840>.

NASCIMENTO, M. S. G.; COSTA, M. F. B.; MORAES, V. S.; SILVA, E. C. C.; PINTO, A. B. S. S.; RAMOS, G. L. P. A. A Importância Do Controle Microbiológico De Alimentos. **Open Science Research XI**, p. 25-33, 2023. Editora Científica Digital. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/230412820>.

NAWAZ, R.; NASIM, I.; IRFAN, A.; ISLAM, A.; NAEEM, A.; GHANI, N.; IRSHAD, M. A.; LATIF, M.; NISA, B. U.; ULLAH, R. Water Quality Index and Human Health Risk Assessment of Drinking Water in Selected Urban Areas of a Mega City. **Toxics**, v. 11, n. 7, p. 577, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/7/577>.

NOURISHMENT, D.; TECHNIQUES, F. P. Additives Extend the Food Shelf Life by Addition of Preservatives Nitrate, and Nitrite to Food. **Dietary Nourishment and Food Processing Techniques**, p. 1-12, 2024.

OBAYOMI, O. V.; OLAWOYIN, D. C.; OGUNTIMEHIN, O.; MUSTAPHA, L. S.; KOLADE, S. O.; OLADOYE, P. O.; OH, S.; OBAYOMI, K. S. Exploring emerging water treatment technologies for the removal of microbial pathogens. **Current Research in Biotechnology**, v. 8, p. 100252, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590262824000789>.

OLIVEIRA, A. G. M. de M.; MELO, L.; GOMES, D. B. C.; PEIXOTO, R. S.; LEITE, D. C. de A.; LEITE, S. G. F.; COLARES, L. G. T.; MIGUEL, M. A. L. Condições higiênico-sanitárias e perfil da comunidade microbiana de utensílios e mesas higienizadas de um serviço de alimentação localizado no Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232019000100600&tlng=pt.

OLIVEIRA, R. B. A.; RAMOS, G. L. P. A.; SÁ, P. B. Z. R.; PEREIRA, A. P. M.; CONCEIÇÃO, D. A.; CRUZ, A. G.; ALVARENGA, V. O.; SANT'ANA, A. S. Controlling Clostridium sporogenes spoilage of “requeijão cremoso” processed cheese: Modeling the growth/no-growth probability as a function of pH, sodium chloride and nisin. **Food Control**, v. 162, p. 110435, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095671352400152X>.

PANEBIANCO, F.; RUBIOLA, S.; CHIESA, F.; CIVERA, T.; DI CICCIO, P. A. Effect of Gaseous Ozone on Listeria monocytogenes Planktonic Cells and Biofilm: An In Vitro Study. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1484, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/7/1484>.

PARK, K.-M.; KIM, H.-J.; CHOI, J.-Y.; KOO, M. Antimicrobial Effect of Acetic Acid, Sodium Hypochlorite, and Thermal Treatments against Psychrotolerant Bacillus cereus Group Isolated from Lettuce (Lactuca sativa L.). **Foods**, v. 10, n. 9, p. 2165, 2021. In: PEREIRA, A. P.; ANTUNES, P.; WILLEMS, R.; CORANDER, J.; COQUE, T. M.; PEIXE, L.; FREITAS, A. R.; NOVAIS, C. Evolution of Chlorhexidine Susceptibility and of the EfrEF Operon among Enterococcus faecalis from Diverse Environments, Clones, and Time Spans. (C. P. Andam, Org.). **Microbiology Spectrum**, v. 10, n. 4, 2022. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/spectrum.01176-22>.

RANGARAJU, M.; ABEWAA, M.; HAILEMARIAM, E.; ABAY, Y.; PRABHU, S. V.; ABDU, J.; MENGISTU, A. Bacterial growth inhibition in spring water utilizing silver nanoparticles: Optimization using central composite design. **Results in Engineering**, v. 23, p. 102562, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S259012302400817X>.

RASFF. **The Rapid Alert System for Food and Feed Annual Report 2020**. 2020.

RASTELY, C.; COSTA, P.; SILVA, C. Mapping of technologies related with the use of the ozone in food. **Revista Geama**, v. 5, n. 1, p. 14-20, 2019.

SARRON, E.; GADONNA-WIDEHEM, P.; AUSSÉNAC, T. Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality: A Critical Review. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 605, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/605>.

SEQUEDA-CASTAÑEDA, L. G.; CASTELLANOS-GÓMEZ, M. A.; CÉSPEDES-ACUÑA, C. L. A. Bioactive Properties of *Pentacalia vaccinioides* (Kunth) Cuatrec. (Asteraceae) Essential Oils: Evaluation of Antimicrobial and Antioxidant Activities. **Separations**, v. 12, n. 1, p. 9, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2297-8739/12/1/9>.

SEQUINEL, R.; LENZ, G.; SILVA, FRANCIS; SILVA, FABIANO. Soluções A Base De Álcool Para Higienização Das Mãos E Superfícies Na Prevenção Da Covid-19: Compêndio Informativo Sob O Ponto De Vista Da Química Envolvida. **Química Nova**, 2020. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=9105&nomeArquivo=AG2020-0202.pdf.

SETIARTO, R. H. B.; ANSHORY, L.; WARDANA, A. A. Biosynthesis of nisin, antimicrobial mechanism and its applications as a food preservation: A review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1169, n. 1, p. 012105, 2023. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1169/1/012105>.

SHAKIL, M. H.; TRISHA, A. T.; RAHMAN, M.; TALUKDAR, S.; KOBUN, R.; HUDA, N.; ZZAMAN, W. Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3355, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/21/3355>.

SHI, Y.; PU, D.; ZHOU, X.; ZHANG, Y. Recent Progress in the Study of Taste Characteristics and the Nutrition and Health Properties of Organic Acids in Foods. **Foods**, v. 11, n. 21, 2022.

SHIMIZU, M.; YAMAMOTO, T.; NISHIDA, K. Mechanism of action of sulfur dioxide on spoilage yeasts and bacteria. **Food Control**, v. 99, p. 302-308, 2019.

DA SILVA NETO, J. J.; ISRAEL DA SILVA SANTOS, K.; GUEDES DOS SANTOS, A. C.; SALVIANO DA SILVA, J.; DE OLIVEIRA MORAES, J. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais agroecológicos frente a patógenos de interesse em alimentos. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 3, p. 1172-1183, 2024. Disponível em: <https://semiaridodevisu.ifsertao-pe.edu.br/index.php/rsdv/article/view/920>.

SIMONS, A.; ALHANOUT, K.; DUVAL, R. E. Bacteriocins, Antimicrobial Peptides from Bacterial Origin: Overview of Their Biology and Their Impact against Multidrug-Resistant Bacteria. **Microorganisms**, v. 8, n. 5, p. 639, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/639>.

SOHAIL, M.; HUME, M. Evaluation of Antimicrobial Action of Chitosan and Acetic Acid on Broiler Cecal Bacterial Profiles in Anaerobic Cultures Inoculated With *Salmonella Typhimurium*. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 1, p. 176-183, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056617119300194>.

SOUZA, R. D.; LOPES, E. R.; RAMOS, E. M.; DE OLIVEIRA, T. V.; DE OLIVEIRA, C. P. Active packaging: Development and characterization of polyvinyl alcohol (PVA) and nitrite film for pork preservation. **Food Chemistry**, v. 437, p. 137811, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814623024299>.

ȘTEFĂNESCU, B. E.; SOCACIU, C.; VODNAR, D. C. Recent Progress in Functional Edible Food Packaging Based on Gelatin and Chitosan. **Coatings**, v. 12, n. 12, p. 1815, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6412/12/12/1815>.

TOUSHIK, S. H.; PARK, J.-H.; KIM, K.; et al. Antibiofilm efficacy of *Leuconostoc mesenteroides* J.27-derived postbiotic and food-grade essential oils against *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Escherichia coli* alone and in combination, and their application as a green

preservative i. **Food Research International**, v. 156, p. 111163, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996922002204>.

TÜZEL, E.; TEGÜN, E.; AYDIN, R. Effects of sodium benzoate on the quality and aerobic stability of corn silage contaminated with *Listeria monocytogenes*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 321, p. 116238, 2025. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840125000331>.

VIDAL, V. A. S.; LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E. S.; POLLONIO, M. A. R. Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 13, p. 2194-2206, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2020.1774495>.

WANG, D.; WEI, B.; ZHANG, Y.; XIE, T.; YU, J.; XUE, Y.; KONG, B.; XUE, C.; TANG, Q. Multifunctional curcumin/ γ -cyclodextrin/sodium chloride complex: A strategy for salt reduction, flavor enhancement, and antimicrobial activity in low-sodium foods. **LWT**, v. 213, p. 117085, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643824013689>.

WANG, G.; YANG, X.; CHEN, X.; HUANG, J.; HE, R.; ZHANG, R.; ZHANG, Y. Construction and antibacterial activities of walnut green husk polysaccharide based silver nanoparticles (AgNPs). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 276, p. 133798, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813024046038>.

WASON, S.; IRMAK, S.; SUBBIAH, J. Effect of temperature and relative humidity on ethylene oxide inactivation of *Salmonella* and *Enterococcus faecium* NRRL B-2354 on chia seeds and its influence on the quality of seeds. **Food Control**, v. 166, p. 110768, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713524004857>.

WU, Y.; DU, Q.; LIAO, Y.; SHUI, S.; PANG, J.; BENJAKUL, S.; ZHANG, B. Changes in Physicochemical Characteristics and Volatile Flavor Compounds of Brine-Preserved Ready-to-Eat Shrimp (*Solenocera crassicornis*) during Chilled Storage. **Fishes**, v. 8, n. 7, p. 372, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2410-3888/8/7/372>.

YANG, S.; ZHENG, B.; HUANG, L.; ZHANG, Y.; ZENG, H. Saltiness perception mechanism and salt reduction strategies in food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 148, p. 104521, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224424001973>.

YASIR, M.; NAWAZ, A.; GHAZANFAR, S.; OKLA, M. K.; CHAUDHARY, A.; AL, W. H.; AJMAL, M. N.; ABDELGAWAD, H.; AHMAD, Z.; ABBAS, F.; WADOOD, A.; MANZOOR, Z.; AKHTAR, N.; DIN, M.; HAMEED, Y.; IMRAN, M. Anti-bacterial activity of essential oils against multidrug-resistant foodborne pathogens isolated from raw milk. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842024000100296&tlng=en.

YOON, J.-H.; OH, M.-S.; LEE, S.-Y. Effectiveness of organic acids for inactivating pathogenic bacteria inoculated in laboratory media and foods: an updated minireview. **Food Science and Biotechnology**, v. 33, n. 12, p. 2715-2728, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10068-024-01618-9>.

ZARZECKA, U.; CHAJĘCKA-WIERZCHOWSKA, W.; ZAKRZEWSKI, A.; ZADERNOWSKA, A.; FRAQUEZA, M. J. High pressure processing, acidic and osmotic stress increased resistance to aminoglycosides and tetracyclines and the frequency of gene transfer among strains from commercial starter and protective cultures. **Food Microbiology**, v. 107, p. 104090, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740002022001149>.

ZHANG, Z.; JIANG, Q.; YANG, G.; ZHANG, X.; JIANG, X.; HE, B.; CHEN, J. TEMPO-oxidized nanocellulose immobilized AgNPs modified chitosan composite film with durable antibacterial and

preservative properties for fruits and vegetables package. **Industrial Crops and Products**, v. 205, p. 117430, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669023011950>.

ZULFIQAR, Z.; KHAN, R. R. M.; SUMMER, M.; SAEED, Z.; PERVAIZ, M.; RASHEED, S.; SHEHZAD, B.; KABIR, F.; ISHAQ, S. Plant-mediated green synthesis of silver nanoparticles: Synthesis, characterization, biological applications, and toxicological considerations: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 57, p. 103121, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187881812400104X>.