

USO DE BACTERÍOFAGOS COMO CONTROLE MICROBIOLÓGICO NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

BACTERIOPHAGES AS MICROBIOLOGICAL CONTROL IN THE FOOD INDUSTRY

FRANÇA, Júlia¹; FERREIRA, Matheus Rocha¹; MACHADO, Daisy²

¹Discentes do curso de Biomedicina da Universidade São Francisco; ²Professora Doutora do curso de Biomedicina da Universidade São Francisco

julia.franca@mail.usf.edu.br

RESUMO

Bacteriófagos, também chamados de fagos, são vírus que infectam especificamente bactérias. Esses vírus têm a capacidade de se ligar às bactérias e, em seguida, injetar seu material genético no interior da célula bacteriana hospedeira. Os fagos podem ser usados como alternativa de controle microbiológico de bactérias patogênicas e deteriorantes, como *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. Pode ser aplicado na limpeza dos alimentos em substituição aos produtos químicos e radiação gama para a carne, que podem alterar o sabor e qualidade do produto e ser prejudicial à saúde do consumidor. Além da terapia fágica ser utilizada para controlar bactérias patogênicas em alimentos, pode também prolongar a vida útil de produtos alimentícios. Em alguns casos, também são usados na fermentação de alimentos, como queijos e iogurtes, para controlar a microbiota bacteriana e garantir a qualidade do produto final. São vários os fatores que favorecem a utilização dos fagos na indústria de alimentos, pode-se contar também com a capacidade dos bacteriófagos, ao contrário dos antimicrobianos, de evoluir para contornar os mecanismos de resistência da bactéria hospedeira. Sua funcionalidade não gera resistência cruzada à antibióticos e não afeta a cor, sabor ou textura dos alimentos. Tendo assim então grande potencial para uso como controle biológico de patógeno em alimentos.

Palavras-chave: bacteriófagos; indústria alimentícia; controle microbiológico; antibióticos;

ABSTRACT.

Bacteriophages, also called phages, are viruses that specifically infect bacteria. These viruses have the ability to bind to bacteria and then inject their genetic material into the host bacterial cell. Phages can be used as an alternative microbiological control of pathogenic and spoilage bacteria, such as *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Salmonella*, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. It can be used to clean food instead of chemical products and gamma radiation for meat, which can alter the taste and quality of the product and be harmful to consumer health. In addition to phage therapy being used to control pathogenic bacteria in food, it can also extend the shelf life of food products. In some cases, they are also used in the fermentation of foods, such as cheeses and yogurts, to control the bacterial microbiota and guarantee the quality of the final product. There are several factors that favor the use of phages in the food industry, including the ability of bacteriophages, unlike antimicrobials, to evolve to circumvent the resistance mechanisms of the host bacteria. Their functionality does not generate cross-resistance to antibiotics and does not affect the color, taste or texture of the food. Therefore it has great potential for use as a biological control of foodborne pathogens.

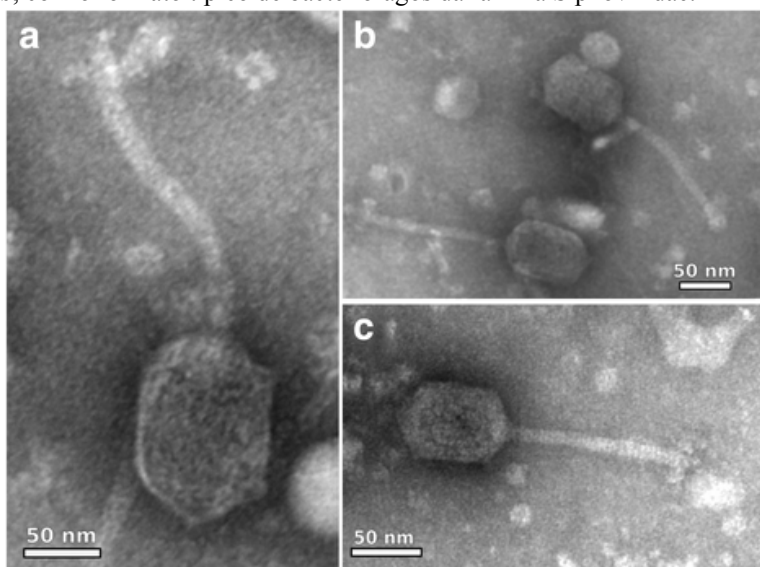


Keywords: bacteriophages; food industry; microbiological control; antibiotics.

INTRODUÇÃO

Reconhecidos como os microrganismos mais prevalentes no planeta, os bacteriófagos (Figura 1), também designados como fagos, representam vírus que possuem a habilidade de penetrar em células bacterianas, bloquear ou modificar seus processos metabólicos e induzir a quebra da integridade celular das bactérias, culminando em sua lise ou extinção. Como qualquer vírus, os bacteriófagos possuem material genético composto de ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA), e são estruturados por um envoltório proteico denominado capsídeo. O ácido nucleico pode se manifestar na configuração de fita única ou dupla, e em determinados bacteriófagos, o capsídeo se encontra envolvido por uma estrutura caudal que incorpora lipídios aderindo à membrana das células hospedeiras (ROSSI, 2010).

Figura 1: Bacteriófago ZC01. Microscopia eletrônica do bacteriófago ZC01, que infecta bactérias do gênero *Pseudomonas*, com o formato típico de bacteriófagos da família Siphoviridae.



Fonte: GIORDANO, (2019).

No processo de replicação dos bacteriófagos, estão presentes o ciclo lítico e o ciclo lisogênico. No ciclo lítico, os fagos se dirigem ao metabolismo do hospedeiro a fim de fabricar novos fagos e, posteriormente, promovem a lise da célula hospedeira após a replicação. Já no ciclo lisogênico, o fago invade uma bactéria e incorpora seu material genético no genoma bacteriano, adotando a condição de profago. Dessa forma, o vírus se replica sem ocasionar a morte da célula hospedeira (PEREIRA, 2011).

Os bacteriófagos podem ser utilizados como uma alternativa viável para o controle microbiológico de bactérias patogênicas e deterioradoras, como *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Salmonella* sp, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. A fagoterapia apresenta um valor significativo na indústria de alimentos, pois está intimamente ligada à regulação de contaminantes. Pode ser empregada na higienização de produtos alimentícios, em substituição a agentes químicos e à radiação gama, que têm o potencial de afetar o sabor e a qualidade do produto, bem como a saúde do consumidor. Além disso, outra aplicação relevante na área de alimentos é a eliminação de biofilmes, que representam aglomerados de



microrganismos imersos em uma matriz autoproduzida de substâncias poliméricas extracelulares (EPS) que se aderem à superfície. Esses biofilmes são encontrados em diversos pontos do processo de produção de carne de aves, sendo assim, os fagos surgem como uma alternativa eficaz para superar a resistência aos sanitizantes convencionais e assegurar que o alimento esteja isento de resíduos químicos (GARCIA, 2015). Adicionalmente, eles podem ser empregados nas linhas de fabricação com o propósito de supervisionar e diminuir a proliferação de agentes patogênicos em animais. Eles também desempenham um papel vital na desinfecção de carcaças, maquinários e superfícies industriais de contato, além de atuarem como conservantes naturais para prolongar a vida útil de alimentos perecíveis. Em certos cenários, também encontram aplicação na fermentação de produtos alimentares, como em laticínios, com o objetivo de regular a microbiota bacteriana e garantir a qualidade do produto final (ALBINO, 2016).

São diversos os elementos que propiciam a viabilidade da utilização dos bacteriófagos na indústria alimentícia, e entre esses elementos destaca-se a capacidade inerente dos bacteriófagos, ao contrário dos agentes antibióticos, de se adaptar e superar os mecanismos de resistência das bactérias hospedeiras. Além disso, sua aplicação não induz a resistência cruzada aos antibióticos e não interfere nas características visuais, gustativas ou de textura dos produtos alimentares. O procedimento de isolamento, desenvolvimento e emprego dos bacteriófagos é notavelmente conveniente, eficiente e economicamente mais vantajoso em comparação com a elaboração de um novo agente antimicrobiano (ALBINO, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a importância do uso de bacteriófagos como controle microbiológico em alternativa aos antimicrobianos utilizados na indústria alimentícia.

METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma pesquisa descritiva e de revisão da literatura, visando a obtenção de artigos de estudo de caso e de revisão, nas bases de dados Pubmed, Scielo e Google Scholar, livros e manuais de instituições governamentais voltadas à área da saúde. Para isso, as palavras chaves foram estabelecidas a partir da definição da questão norteadora: “Quais são as implicações na indústria alimentícia quando se substitui o uso de antibióticos por bacteriófagos?”. Os descritores foram "bacteriófagos", "resistência", "antibióticos" e "indústria de alimentos". Para inclusão, os critérios foram artigos completos, em português e inglês, relacionados ao tema em análise que estejam no período de 2003 a 2023. Foram excluídos os artigos que não estavam disponíveis gratuitamente e que não se tratavam desse assunto. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os mais relevantes para o estudo foram selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção dos resultados e discussão, foram utilizados 12 artigos dos últimos 20 anos (Quadro 1). Plataformas como Google Acadêmico, PubMed e Scielo serviram de base para colher informações sobre bacteriófagos, suas funcionalidades e sua aplicabilidade na indústria alimentícia.

Quadro 1. Informações a respeito dos artigos utilizados para este trabalho, elencando títulos, autores, ano de publicação e os principais tópicos abordados em cada um dos artigos.



Título	Autores	Ano de publicação	Tópicos abordados
Bacteriófagos na indústria de alimentos: Biocontrole de bactérias patogênicas e deteriorantes	Leidiane A. Acordi Menezes	2020	Uso de bacteriófagos na indústria alimentícia e suas funcionalidades.
Bacteriófagos para controle de bactérias patogênicas em alimentos	Livia Pícolo Ramos Rossi, Rogeria Comastri de Castro Almeida	2010	Uso de bacteriófagos na indústria alimentícia.
Bacteriófagos na indústria de alimentos	Maria Eduarda M. Soutelino, Gustavo P. Conceição, et al.	2021	Características gerais dos bacteriófagos e suas aplicabilidades na indústria alimentícia.
Utilização de bacteriófagos ambientais no controle de biofilmes de Salmonella spp. em superfícies utilizadas na indústria de processamento e comercialização de frango de corte e derivados	Keila Carolina de Ornellas Dutka Garcia	2015	Uso de bacteriófagos no controle de biofilmes.
Aplicações da terapia com bacteriófagos como controle microbiológico	Eleen Márcia Martins da Silva Pereira	2011	Fagoterapia como controle microbiológico.
Utilização de bacteriófagos no biocontrole de Salmonella Sp.	Luiz Augusto Aguiar Albino	2016	Uso de bacteriófagos no biocontrole de Salmonella Sp.
Contaminação biológica de alimentos	Aracy Pereira Silveira Balbani, Ossamu Butugan	2001	Microrganismos que contaminam alimentos.
Princípios de tecnologia de alimentos	Altanir J. Gava	2007	Tecnologia de alimentos.
Eficiência do bacteriófago Lisigc no controle de Listeria Monocytogenes	Jéssica Fernandes Carvalhais	2015	Eficiência de bacteriófagos em controle microbiológico
Contaminação biológica de alimentos	Aracy Pereira Silveira Balbani, Ossamu Butugan	2001	Contaminação de alimentos. Microbiologia de alimentos.
Perda e desperdício de alimentos ao longo da cadeia alimentar	Ana Catarina da Silva Eirinha	2020	Desperdício alimentar. Segurança alimentar. Cadeia de abastecimento alimentar.



O uso de bacteriófagos como solução na resistência antibiótica e suas aplicações na indústria: uma revisão de literatura	Cynthia Silva Moura Neca Andreza Ângela Marques Cinésio Luciano de Oliveira Júnior Maria Eduarda Sousa Silva Monize Estéfane Costa Stheves Avelar Rodrigues	2022	Uso de bacteriófagos. Resistência microbiana aos antibióticos.
--	---	------	--

Fonte: O próprio autor.

A indústria alimentícia é um dos grandes pilares da economia mundial, ela é responsável pela produção de alimentos seguros e acessíveis para a população global. Sua importância vai desde as linhas de produção até a segurança alimentar do consumidor. Ela deve cumprir regulamentações rigorosas para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos que consumimos. Toda cadeia produtiva pela qual os alimentos passam gera riscos de contaminação e podem comprometer o rendimento na produção, armazenamento e tempo de prateleira, bem como a saúde do consumidor (CARVALHAIS, 2015).

Muitos países dependem das exportações de alimentos agrícolas para sustentar suas economias, para evitar perdas, principalmente de alimentos perecíveis, e para o melhor aproveitamento das safras, a introdução de tecnologias e processos de industrialização são fundamentais, possibilitando a absorção de uma parte majoritária das colheitas, para que o consumo seja possível ao decorrer do ano. Entretanto, o abastecimento em locais distantes com produtos frescos se torna um problema, culminando em dificuldades para o produtor e consumidor. Um exemplo, são as grandes perdas causadas pelas deficiências de transporte, levando a deterioração de alimentos que contribui para o encarecimento de produtos agrícolas, agravando também o abastecimento de centros com maior densidade demográfica. Como solução a esse problema, parte desses alimentos podem ser processados, para que haja um maior aproveitamento da produção e prover um abastecimento adequado da indústria de alimentos garantindo a qualidade do produto; visto que uso de matéria prima de baixa qualidade, leva a produção de alimentos industrializados com características organolépticas e aparência indesejadas (GAVA, 2007).

O desperdício de alimentos é um problema global que acarreta prejuízos significativos, chegando a causar um impacto econômico alarmante de aproximadamente US\$ 750 bilhões anuais. De acordo com a *Food and Agriculture Organization* (FAO), cerca de 54% dessas perdas ocorrem nas fases iniciais da produção, durante a manipulação após a colheita e o armazenamento, enquanto os 46% restantes se dão nas etapas de processamento, distribuição e consumo. É uma realidade preocupante que afeta todo o processo de produção de alimentos (FAO, 2011).

A extensão dessas perdas foi evidenciada por estudos realizados pelo Instituto Sueco de Alimentos e Biotecnologia (SIK) em colaboração com a FAO, que revelaram que o mundo perde ou desperdiça anualmente cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos. Esse número representa mais de 30% do total de produtos não alimentares e alimentos destinados ao consumo humano e animal, equivalente a 1,6 bilhão de toneladas de "produto primário equivalente". Esses valores alarmantes mostram a gravidade do desperdício de alimentos em uma escala global (FAO, 2011).



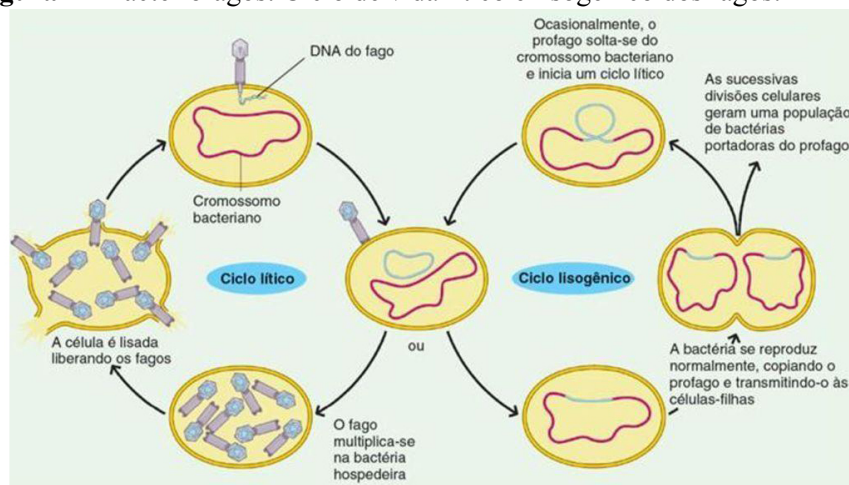
Uma das causas desse desperdício ocorre quando os consumidores descartam alimentos após a compra, muitas vezes devido a critérios de qualidade, como aparência e sabor (GUSTAVSSON et al., 2011). No entanto, é necessário destacar que o problema não se limita ao descarte por parte dos consumidores. A cadeia de produção de alimentos, desde a colheita até a distribuição, também desempenha um papel significativo nesse contexto.

A Revolução Industrial, embora tenha proporcionado benefícios à sociedade, também trouxe desafios relacionados ao desperdício de alimentos. O aumento da produção de alimentos e a abertura de novos mercados resultaram em uma produção excessiva, o que, por sua vez, contribuiu para o desperdício. Além disso, o uso intensivo de contaminantes químicos sintéticos, como agrotóxicos e aditivos alimentares, pode prejudicar tanto a qualidade dos alimentos quanto o meio ambiente (GERMANO, 2014).

Quando fala-se sobre indústria de alimentos, é indispensável pautar a segurança alimentar, onde abrange o aspecto quantitativo, tratando-se da disponibilidade de alimentos, e o qualitativo, destacando, sobretudo, a saúde do consumidor. Este princípio envolve todos os elos da cadeia produtiva de alimentos. Com o avanço da ciência e tecnologia, diferentes técnicas foram desenvolvidas para garantir a qualidade e a inocuidade alimentar. No entanto, as doenças causadas por patógenos disseminados por alimentos, continuam sendo um problema para a saúde pública, o que indica a necessidade de métodos mais eficazes para o combate de microrganismos patogênicos (CARVALHAIS, 2015).

Os bacteriófagos podem adequar-se como uma alternativa à esses métodos, visto que desempenham um papel importante infectando bactérias, onde podem levar a dois ciclos de infecção: o ciclo lítico, onde ocorre a lise celular, quando o fago se liga à superfície da bactéria e insere seu material genético, que é normalmente composto por DNA ou RNA, então a célula começa a produzir novos fagos, e, eventualmente, se rompe, liberando-os para infectar outras bactérias. Esse ciclo resulta na destruição da bactéria hospedeira, já que a célula é rompida para liberar os fagos. Já no ciclo lisogênico, o bacteriófago insere seu material genético na bactéria, mas em vez de começar imediatamente a replicação e destruição da célula hospedeira, o DNA do fago se recombina ao DNA da bactéria (Figura 2). Esse material genético integrado é chamado de profago, sendo assim, não há morte celular (CARVALHAIS, 2015).

Figura 2 - Bacteriófagos: Ciclo de vida lítico e lisogênico dos fagos.



Fonte: FLORES, Danisele (2020).

A fagoterapia é feita durante o ciclo lítico dos bacteriófagos, a fim de prevenir e combater infecções bacterianas. A terapia com fagos pode ser considerada um recurso



poderoso contra bactérias, pois são utilizados como agentes terapêuticos, controle biológico em diversos segmentos industriais, além de serem auto-replicantes. Os bacteriófagos são constituídos por uma ferramenta natural que podem ser usados como alternativa de controle de diversos patógenos, podendo ser isolados do solo, água, corpo de animais, sendo que, os fagos se replicam em bactérias que são simbióticas ou patogênicas aos organismos mais evoluídos. Por conta disso, pesquisas apontam a eficácia da aplicação dessa terapia, e, com o conhecimento que se tem dos fagos e genética bacteriana, é possível utilizá-los como agente antimicrobiano natural (PEREIRA, 2011).

Os bacteriófagos, portanto, são capazes de atuar sobre determinados grupos específicos de bactérias, sem ultrapassar aos limites de espécie ou gênero e, consequentemente, não afetam microrganismos necessários nos alimentos, e interferir na microbiota normal do trato gastrointestinal são características favoráveis para aplicação de fagos em biocontrole. Além do mais, os bacteriófagos estão, na maioria das vezes, presentes em altas concentrações em água e alimentos de diversas origens (CARVALHAIS, 2015).

Uma das vantagens do uso de bacteriófagos como controle microbiológico na indústria alimentícia são suas funcionalidades para controlar uma espécie alvo, sem interação com outros microrganismos presentes no alimento. Sua aplicação não acarreta em quaisquer mudanças sensoriais nos alimentos e tem capacidade de sobreviver ao resfriamento e congelamento. No entanto, alguns fatores como as interações entre bacteriófagos e seus hospedeiros, o efeito sobre o ambiente e obstáculos presentes no alimento propriamente dito, como estrutura e pH, devem ser melhor aprofundados e compreendidos. Se tratando dos biofilmes, possui eficiência no uso de uma solução contendo bacteriófagos na minimização de biofilmes e que não é necessário prolongar o tempo de exposição para que um fago seja capaz de reduzir a população bacteriana. Outra vantagem é o fato deste tratamento ser menos agressivo, sem o uso de conservantes químicos. Além de que, o uso excessivo de sanificantes levou ao desenvolvimento de bactérias resistentes, tornando estes procedimentos menos eficazes (CARVALHAIS, 2015).

A resistência aos antimicrobianos na indústria de alimentos é uma preocupação crescente, afetando a segurança alimentar e a saúde pública. A manipulação e armazenamento inadequados de produtos alimentares podem desempenhar um papel importante na perda de alimentos e no desperdício alimentar ao longo da cadeia de abastecimento. Infraestruturas de manipulação precárias, instalações inadequadas de armazenamento e contaminação por agentes patogênicos são algumas das causas que contribuem para esse problema (FAO, 2018).

A persistência da contaminação de alimentos por agentes biológicos nocivos à saúde, como bactérias patogênicas, é um desafio destacado pela Organização Mundial da Saúde. A utilização de antimicrobianos na criação de animais, visando o aumento da produção de carne para consumo humano, é uma prática econômica comum, mas tem implicações graves. Isso levou ao surgimento de cepas resistentes de bactérias, como *Campylobacter jejuni* e *Salmonella typhimurium*, que se tornaram resistentes a quinolonas (SANDERS, apud BALBANI e BUTUGAN, 2001).

Segundo Bezerra e colaboradores (2016), é ressaltado que o emprego de antibióticos em animais destinados à produção pode fomentar o surgimento de resistência bacteriana nesses; dado que esses animais são criados para consumo humano, há a chance de que tais bactérias, juntamente com seus genes de resistência, sejam disseminadas e integradas à microbiota humana, diminuindo, desse modo, a eficácia dos agentes antimicrobianos.

Várias cepas de *S. typhimurium*, por exemplo, mostram resistência a múltiplos antibióticos, incluindo ampicilina, cloranfenicol, estreptomicina, sulfas, tetraciclina e ciprofloxacina (ACHESON, apud BALBANI e BUTUGAN, 2001).



É fundamental abordar essa questão da resistência a antimicrobianos na indústria de alimentos para garantir a segurança dos produtos alimentares e a saúde pública. A promoção de boas práticas de manipulação, armazenamento adequado e a redução do uso indiscriminado de antimicrobianos na criação de animais são medidas cruciais nesse sentido. A conscientização e a ação coordenada de todos os setores da cadeia alimentar são essenciais para combater a resistência aos antimicrobianos e garantir que os alimentos cheguem aos consumidores de forma segura (FAO, 2017).

O aumento da resistência bacteriana aos antibióticos tem impulsionado a busca por alternativas eficazes no controle do crescimento bacteriano. Nesse cenário, uma abordagem promissora tem sido a utilização de bacteriófagos, vírus capazes de infectar bactérias hospedeiras e causar sua lise celular após replicação no interior das mesmas (CAETANO, et al., 2021). Essa estratégia tem demonstrado resultados promissores em uma variedade de contextos, abrangendo desde tratamento médico até a indústria alimentícia.

O uso de bacteriófagos emerge como uma alternativa crucial para combater a crescente resistência bacteriana aos antibióticos. No entanto, é importante reconhecer que essa abordagem não está isenta de desafios significativos (GALLARDO, 2018). Uma das principais limitações é a falta de pesquisas clínicas bem documentadas que estabeleçam protocolos claros em relação à via de administração, dosagem, frequência e duração do tratamento. Além disso, os potenciais efeitos colaterais da terapia com bacteriófagos em longo prazo ainda são desconhecidos.

Outro ponto crítico a ser considerado é a pureza e estabilidade das preparações de bacteriófagos. A falta de dados de controle de qualidade causa preocupações, visto que a eficácia da terapia está diretamente relacionada à qualidade das preparações de fagos utilizadas. Para que os bacteriófagos sejam uma alternativa viável aos antibióticos, é imperativo estabelecer padrões de qualidade criteriosos.

Uma questão relevante é a possibilidade de as bactérias adquirem resistência aos bacteriófagos, semelhante ao que ocorre com os antibióticos. Isso pode ocorrer por meio de diversos mecanismos, como a modificação dos receptores de superfície do fago na célula bacteriana, a integração do genoma do fago no genoma da bactéria e a perda de genes específicos relacionados à replicação ou montagem do fago. No entanto, é importante destacar que os receptores de fagos geralmente desempenham funções essenciais para a sobrevivência e competição das bactérias, o que gera uma pressão evolutiva para que os fagos coevoluam com as bactérias, superando a resistência a curto prazo. Estratégias como o uso de coquetéis de fagos que visam diferentes receptores podem ajudar a contornar esse desafio (FERREIRA, 2022).

CONCLUSÃO

Diante dos fatos supracitados, conclui-se que o uso de bacteriófagos como alternativa aos antimicrobianos na indústria alimentícia é uma estratégia promissora e relevante, considerando os desafios enfrentados no setor alimentício, pois controlar bactérias patogênicas e deteriorantes na produção e distribuição de alimentos, bem como os riscos associados ao uso indiscriminado de antimicrobianos é essencial para manutenção da saúde pública e para o setor econômico.

As características apresentadas pelos bacteriófagos, como a capacidade de se adaptar e superar os mecanismos de resistência bacteriana, não induzir resistência cruzada aos antibióticos e não interferir nas características organolépticas dos alimentos, faz com que seu uso pela indústria seja uma alternativa eficaz e economicamente vantajosa em comparação



com o desenvolvimento de novos agentes antimicrobianos, além de contribuir significativamente para redução do desperdício e melhorar a segurança dos produtos alimentares. Todavia, é necessário continuar as pesquisas e o desenvolvimento nessa área, para compreender e superar desafios apresentados, como a pureza e estabilidade das preparações de fagos e a possibilidade das bactérias desenvolverem resistência a eles, para garantir que sejam uma opção segura e eficaz para o controle microbiológico na indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

ALBINO, L.A. Utilização de bacteriófagos no biocontrole de *Salmonella* sp. Universidade Federal de Viçosa, p. 34, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/d0cd0f7e-8ebe-4e62-992a-9c6a7d8d2f01>

BALBANI, A.P.S. Contaminação biológica de alimentos. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7718913/mod_resource/content/1/Contamina%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%B3gica%20de%20alimentos.pdf

CARVALHAIS, J.F. Eficiência do bacteriófago Lisigc no controle de *Listeria monocytogenes*. Universidade Federal de Viçosa, p. 13-14. 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9888/1/texto%20completo.pdf>

EIRINHA, A.C.S., BUTUGAN, O. Perda e desperdício de alimentos ao longo da cadeia alimentar. Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Ciências da Nutrição. Portugal, Porto, 2020. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/9673>

FLORES, D. 2020. Figura 2. Disponível em: https://escolaeducacao.com.br/bacteriofagos/#google_vignette

GARCIA, K.C. Utilização de bacteriófagos ambientais no controle de biofilmes de *Salmonella* spp. em superfícies utilizadas na indústria de processamento e comercialização de frango de corte e derivados. 2015. 32 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/d0cd0f7e-8ebe-4e62-992a-9c6a7d8d2f01>

GAVA, A. J., PRINCÍPIOS DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. São Paulo, Nobel, 2007.
GRANDO, C.S. USO DE BACTERIÓFAGOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: Estudo de Caso. UFSC, 2021.
Disponível em: <https://bit.ly/3QLenHQ>

GIORDANO, R.J. Figura 1, Disponível em: <http://bit.ly/3MDxWk8> (2019)

MENEZES, L.A. BACTERIÓFAGOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: BIOCONTROLE DE BACTÉRIAS PATOGÊNICAS E DETERIORANTES. Neoprospecta, 2020. Disponível em: <https://blog.neoprospecta.com/bacteriofagos-industria-de-alimentos/>



NASCIMENTO, H.M. DELGADO, D.A., BARBARIC, I.F. Avaliação da aplicação de agentes sanitizantes como controladores do crescimento microbiano na indústria alimentícia. Revista Ceciliana Jun 2(1): 11-13, 2010. Disponível em: https://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao_03/1-2010-11-13.pdf

PEREIRA, E.M. Aplicações da terapia com bacteriófagos como controle microbiológico. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-99VHNF/1/monografia_fagos_151111_2.pdf

ROSSI, L.P; ALMEIDA, R.C. Bacteriófagos para controle de bactérias patogênicas em alimentos. Rev Inst Adolfo Lutz, p. 2, 2010. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2010/ses-17975/ses-17975-1809.pdf>.

SOUTELINO, M.E, CONCEIÇÃO, G.P, ANDRÉ, Y.S, *et al.* BACTERIÓFAGOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Departamento de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, p. 8, 2021. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9888/1/texto%20completo.pdf>

ZARO, M. Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios. Núcleo Pedagógico da FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UFRGS) – Campus Litoral Norte, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3ujY79e>

