



BDELLOVIBRIO BACTERIOVORUS E O BIOCONTROLE DE PATÓGENOS ASSOCIADOS À PRODUÇÃO DE ALIMENTOS SEGUROS

BDELLOVIBRIO BACTERIOVORUS AND THE BIOCONTROL OF PATHOGENS RELATED TO A FOOD SAFETY PRODUCTION

Giovanna Cristina Galindo Soares^a, Ilana Racowski^a

^a Faculdade de Tecnologia Termomecânica, São Bernardo do Campo – SP, Brasil.

RESUMO

Ao longo dos anos, diversos microrganismos se tornaram mais resistentes, ultrapassando métodos de controle biológico usados atualmente, como antibióticos e agentes químicos, os quais também podem causar impactos ambientais. Bactérias relacionadas ao processo alimentício inclusive, como *Escherichia coli* e *Salmonella sp*, também oferecem essa crescente resistência, assim como os biofilmes. Isso conduz à necessidade de métodos alternativos que possam contornar esse risco, tanto na área alimentícia como em outras, e uma dessas formas é por meio da ação de biocontrole da bactéria *Bdellovibrio bacteriovorus*, que por sua atividade predatória é capaz de reduzir uma significativa parte da população patogêna presente num meio, tendo uma ampla variedade de presas, sendo preferencialmente bactérias gram-negativas. Desta forma, o presente trabalho faz uma revisão da literatura sobre as possíveis formas de atuação da bactéria *Bdellovibrio bacteriovorus* a fim de entender se ela poderia ser considerada para se alcançar a produção de alimentos seguros. Apesar do número de artigos não ser grande (cerca de 30) pôde-se verificar que esta bactéria se comporta de forma satisfatória quando em contato com a presa, auxiliando talvez, a eliminação ou redução do uso de aditivos químicos nos alimentos.

Palavras-chave: Alimento seguro; *Bdellovibrio bacteriovorus*; agentes de biocontrole bacteriano; bactéria predadora; doenças de origem alimentar



ABSTRACT

Over the years, many microorganisms have been becoming more resistant, overtaking methods of biological control currently used, such as antibiotics and chemical agents, which can also cause environmental impact. Bacteria related to the food process, like *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*, have this increasing resistance as well, just as the biofilm. It leads to the necessity of alternative methods that decrease risks in food industry and other areas, one of these methods is the biocontrol action of the *Bdellovibrio bacteriovorus* bacterium, due to its predatory activity able to reduce a significant part of the pathogen population in an environment, having a wide variety of preys, especially the gram-negative bacteria. Thereby, the present article makes a bibliographic review about the possible performances of *Bdellovibrio bacteriovorus*, in order to understand if it could be used to ensure food safety in the production. Despite the low quantity of articles (about 30), it's possible to analyze that this bacteria has a satisfactory action when there is a contact with the prey, which can also help with the elimination or reduction of chemical additives use in food.

Key words: Food safety; *Bdellovibrio bacteriovorus*; bacterial biocontrol agents; predatory bacteria; foodborne diseases.



1. INTRODUÇÃO

Um alimento seguro, ao longo do seu processamento, passa pela eliminação de possíveis causas de contaminação física, química e/ou biológica, que possam vir a oferecer risco à saúde do consumidor (QUINTINO & RODOLPHO, 2018). Dentre elas, a contaminação cruzada causada pela presença de biofilmes, que não são eliminados mesmo com higienizantes, em superfícies de equipamentos industriais, têm grande impacto, podendo causar deterioração do produto e até mesmo doenças transmitidas por alimentos (DTAs) (TOSONI, 2019).

Pesquisas indicam que tanto bactérias patogênicas - *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Klebsiella pneumoniae* e outras - como biofilmes, vêm apresentando genes com crescente resistência a antibióticos e outros tratamentos. Ou seja, as espécies se fortalecem, crescendo nos meios e causando riscos. Tal fato demonstra certa urgência por métodos não convencionais para o controle dessas denominadas "superbactérias" (EBANA et al., 2019; ODOOLI et al., 2020; PRIETO, 2019).

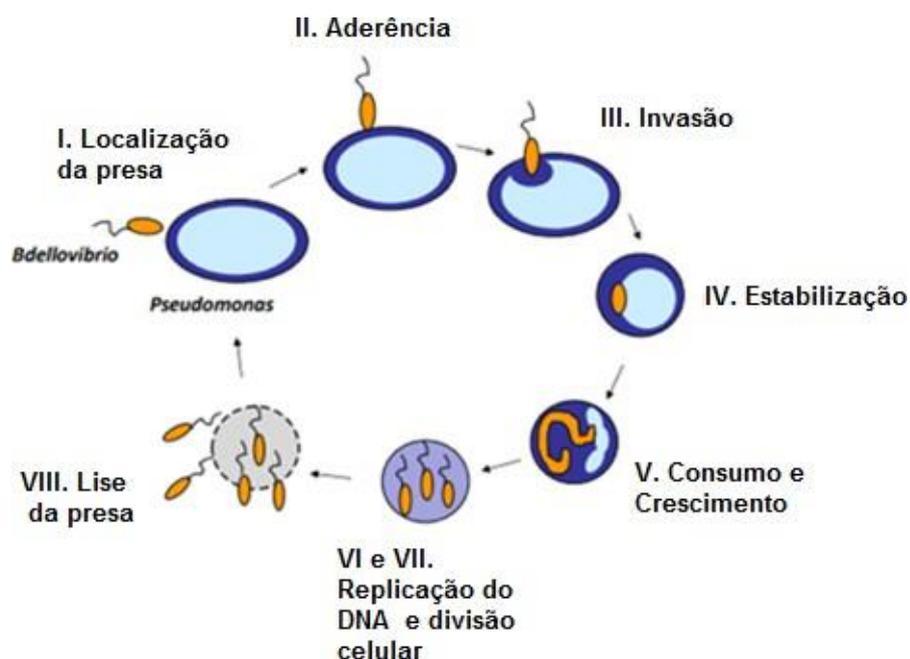
Patógenos relacionados a DTAs, como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e até mesmo a bactéria gram-positiva *Staphylococcus aureus*, tiveram resistência reduzida na presença da bactéria *Bdellovibrio bacteriovorus*, além de aplicabilidade em superfícies de aço inox contaminadas, que poderiam ter contato com alimento (PRIETO, 2019). Ainda, sua ação contra a formação de biofilmes, pode ter uma

aplicação eficiente que causaria menor impacto ambiental por não contaminar a água utilizada na limpeza (EBANA et al., 2019).

O nome da *Bdellovibrio bacteriovorus* tem origem na união dos termos *Vibrio*, referente ao seu formato de vírgula, e a palavra *Bdella*, que sugere uma ação sanguessuga, o que a torna por vezes conhecida como “bactéria canibal” (EBANA et al., 2019).

Sua predação ocorre em um ciclo bifásico, representado na Figura 1, tendo fases de ataque e crescimento. A primeira se dá na forma livre da bactéria, que com seu flagelo nada até alcançar a futura célula hospedeira, aderindo-se a mesma (ODOOLI et al., 2020). Após codificação de sinais genéticos, enzimas peptidases e glucanases começam a degradar o peptidoglicano da bactéria alvo, formando um pequeno poro, por onde a *B. bacteriovorus* invade o espaço periplasmático da presa, rotacionando e liberando seu flagelo polar (EBANA et al., 2019; PRIETO, 2019).

Figura 1. Ciclo de vida da *Bdellovibrio bacteriovorus*:





I. Localização da presa II. Aderência à superfície bacteriana e formação do poro por onde passará. III. Invasão à célula alvo IV. Estabilização no periplasma celular e arredondamento da presa V. Consumo de compostos metabolizados e alongamento da predadora VI & VII. Replicação e septação VIII. Lise celular da presa. Fonte: Adaptado de López (2013).

Quando a bactéria predadora se estabiliza na camada intraperiplasmática (espaço entre membrana celular e citoplasmática), o poro da membrana fecha, encerrando a fase de ataque. Outro fato que marca o início da etapa de crescimento, é a formação da estrutura "bdelloplasto", gerada no interior da presa ela ganha maior permeabilidade e formato esférico. A predadora usa como fonte energética as macromoléculas (hidrolisadas enzimaticamente) do citoplasma da vítima, e assim cresce e altera a parede celular da mesma (ODOOLI et al., 2020; PRIETO, 2019).

Enquanto o metabolismo da presa vai sendo desativado, por deterioração do citoplasma, o DNA da *B. bacteriovorus* passa por replicações, e gera entre 5 e 8 bactérias filhas por fissão múltipla celular, sendo livres elas começam novos ciclos (BONFIGLIO et al., 2020). A susceptibilidade da presa ao ataque ocorre quando a *Bdellovibrio bacteriovorus* adquire componentes celulares da presa durante o processo, tornando-a sempre sujeita ao ataque (ODOOLI et al., 2020).

A aplicação da *Bdellovibrio bacteriovorus* pode ser promissora por não gerar compostos prejudiciais que modifiquem o produto, sua ação inócua a seres não bacterianos e promoção de um equilíbrio na comunidade microbiana, sendo uma alternativa natural e de biocontrole para agir contra bactérias super-resistentes (BONFIGLIO et al., 2020; OLANYA et al., 2020).

Desta forma, a proposta deste trabalho é, através de um levantamento bibliográfico, analisar possíveis atuações do microrganismo *Bdellovibrio bacteriovorus*



como um biocontrole de forma mais abrangente e também centrando na área de alimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pertencente à classe delta-proteobactéria, a *Bdellovibrio bacteriovorus* tem uma atividade predatória sobre outras bactérias, que assim como ela são gram-negativas. Com a característica de ser uma parasita de bactérias (TORTORA & FUNKE & CASE, 2016), ela possui entre 0,2 - 0,5 μm de largura e 0,5 - 2,5 μm de comprimento, sendo menor que suas vítimas (EBANA et al., 2019 & ODOOLI et al., 2020). Seu ciclo tem ação completa em ambientes aeróbicos, sendo algumas cepas capazes de agir em meio microaeróbio, todavia em anaerobiose ela perde sua capacidade predatória, mas ainda sobrevive (BONFIGLIO et al., 2020 & PATINI et al., 2019).

Experimentos de Cao (2019), Ottaviani (2020) e colaboradores, trabalharam com a bactéria canibal numa faixa de pH entre 6 e 8, sendo que Odooli et al. (2020) indicou que o pH ótimo foi 7,4, no qual houve maior redução da presa *Escherichia coli* estudada. Quanto à temperatura, o intervalo de maior destruição de patógenos foi 30 a 37 °C, enquanto Ebana et al. (2019) apontou que sua temperatura ótima era de 28 a 30 °C, indicou-se também que aos 42 °C a *B. bacteriovorus* tem sua atividade lítica interrompida, o que demonstra morte gradual (ODOOLI et al., 2020).

A *Bdellovibrio bacteriovorus* pertence a um grupo denominado "Bdellovibrio e organismos similares", conhecido como BALOs (*Bdellovibrio and like organisms*), em



que estão outros gêneros da classe delta-proteobactéria, alfa-proteobactéria e ademais gêneros (ROTEM & PASTERNAK & JURKEVITCH, 2014).

Os BALOs estão presentes no solo, ambientes aquáticos (como rios, lagos e esgotos) e foram encontrados até mesmo no sistema gastrointestinal de mamíferos, incluindo humanos (BRATANIS et al., 2020; PAIX & EZZEDINE & JACQUETB, 2019). Os mesmos pertencem a um grupo com ação que pode ser considerada canibal, reproduzindo-se e crescendo a partir da predação de outras bactérias pertencentes ou não ao seu filo, sendo que espécies selvagens apresentam predação obrigatória, ou seja, para sobreviverem dependem da presa (GUO et al., 2017; ODOOLI et al., 2020).

BALOs em geral aumentaram a taxa de sobrevivência de seres marinhos cultivados em criadouros, tendo sido testados na aquicultura chinesa (GUO et al., 2017; WEN et al., 2014), erradicaram a bactéria *Xanthomonas oryzae* na pós-colheita de arroz (EBANA et al., 2019) e uma outra pesquisa verificou que esses microrganismos preveniram a formação de biofilmes (BRATANIS, 2020).

Atualmente, alguns produtos presentes no mercado já aplicam os BALOs, como probióticos para animais na China, e outro parte de uma recombinação de proteínas da *B. bacteriovorus*, por uma empresa canadense (BRATANIS et al., 2020). Afinal, estudos demonstraram que o genoma do grupo apresenta proteínas específicas para o mecanismo predador, modulando a população bacteriana presente num ecossistema (PÉREZ et al., 2016).

Baseado nessas informações, percebe-se que não só a *B. bacteriovorus*, assim como outras BALOs apresentam grande potencial de serem ferramentas inovadoras



de biocontrole contra alguns patógenos (BRATANIS et al., 2020; EBANA et al., 2019; GUO et al., 2017). Dessa forma, além desse grupo de predadores naturais ter possível aplicação na medicina, sua utilização pode ser viável na agropecuária, higienização de superfícies e produção de alimentos seguros, conforme pesquisas comprovem sua eficácia e segurança para consumidores, fundamentando-se em estudos de genoma e experimentos que expliquem a ação dos BALOs, para aprimorá-la ainda mais (OLANYA & LAKSHMAN, 2015; PÉREZ et al., 2016). Antes de creditar total esperança nessa possível “bala mágica” – como foi nomeada por EBANA et al (2019) – que resolveria diversos problemas, deve-se atentar que apesar de ter uma ampla variedade de presas, os BALOs têm sua eficácia duvidosa em meios com comunidades de bactérias de gêneros diversos, podendo não reduzir totalmente a bactéria gram-negativa alvo, ademais sua ação ser influenciada por fatores externos (BRATANIS et al., 2020; OLANYA & LAKSHMAN, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de obter informações sobre a *Bdellovibrio bacteriovorus*, realizou-se um levantamento bibliográfico em bases de dados nacionais e internacionais. Foram consultadas as seguintes bases: a) Google Acadêmico, ferramenta de pesquisa científica do Google; b) Portal de busca integrada da USP, meio que integra os recursos informacionais da Universidade de São Paulo; c) Scielo, uma base internacional que abrange o Brasil como fonte de dados científicos, de modo eletrônico e d) Science Direct, plataforma para acesso de pesquisas do mundo todo.



As palavras-chaves buscadas estavam na língua inglesa, ampliando a possibilidade de encontrar resultados internacionais, e foram utilizados os termos:

1. "Bdellovibrio bacteriovorus" – buscando assuntos sobre a bactéria de forma geral;
2. "Bdellovibrio bacteriovorus in food" – a fim de especificar o uso da bactéria no alimento ou área alimentícia;
3. "Bdellovibrio bacteriovorus in food safety" – com o intuito de encontrar pesquisas relacionadas à produção de um alimento seguro.

Deve-se ressaltar que os termos pesquisados poderiam constar em quaisquer partes do texto. Ademais, foram coletados registros a partir do ano de 2016 até setembro de 2020, criando-se a Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de artigos registrados nas plataformas de pesquisa conforme termos utilizados (2016 até setembro de 2020).

Plataforma	Bdellovibrio bacteriovorus	Bdellovibrio bacteriovorus in food	Bdellovibrio bacteriovorus in food safety
Google Acadêmico			
- Com patente	1210	546	332
- Sem patente	1160	511	303
Portal de busca integrada da USP	234	4	19



Fonte: Autoria própria, 2020.

Sem especificar uma data, as plataformas Google Acadêmico, Portal de busca integrada da USP e Science Direct apresentaram respectivamente 4350 (incluindo patentes), 1129 e 403 resultados com o termo “Bdellovibrio bacteriovorus”. É importante destacar que a base de dados Scielo não constou até a data da coleta dos artigos nenhuma publicação acerca da *Bdellovibrio bacteriovorus*.

Após contabilizar os artigos presentes em cada base, optou-se pela utilização principal da plataforma Google Acadêmico, pela maior quantidade de artigos, além da maioria deles apresentar acesso disponível para leitura. Conforme foram pesquisados os termos, a leitura dos títulos serviu como um filtro de relevância, comparando se havia ou não relação entre a bactéria predadora e a área alimentícia ou de biocontrole. Após separá-los, os resumos também foram lidos e assim filtrou-se novamente os artigos considerados significativos para o tema pesquisado.

Ao selecionar os artigos que seriam usados, produziu-se um fichamento considerando suas partes mais relevantes, atentando-se a determinadas categorias de informações sobre a *Bdellovibrio Bacteriovorus*:

1. Estrutura, características e classificação;
2. Ecossistemas de presença natural;
3. Ciclo de vida;
4. Condições de crescimento (temperatura, aerobiose, pH e outros);



5. Bactérias utilizadas como presas
6. Aplicações da *B. Bacteriovorus* in vitro e in vivo na área alimentícia, na higienização de superfícies industriais, no biocontrole de meios, na agropecuária e em biofilmes;
7. Segurança de uso da bactéria para o ser humano;
8. Desafios para aplicação;
9. Estudos necessários para garantir uma aplicação segura e eficaz.

O conteúdo da introdução e a revisão bibliográfica no presente artigo, foram baseados em publicações recentes (a partir de 2016), seguindo principalmente os dados listados. Enquanto o Quadro 1 (em Resultados e Discussão) também teve como fonte, estudos anteriores que haviam sido referenciados nos próprios artigos revisados, sendo assim, consta-se desde aplicações da bactéria que datam do ano de 1972 a estudos recentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mais de 15 autores diferentes foram usados como fontes para elaboração do Quadro 1 "Experimentos realizados com a *Bdellovibrio bacteriovorus* para verificar a redução de patógenos", envolvendo pesquisas associadas a bactérias causadoras de DTAs ou de deterioração de produtos alimentícios e ocorrendo a introdução da bactéria *Bdellovibrio bacteriovorus* diretamente na matriz alimentícia ou noutros espaços (como ambientes aquáticos, meios de cultura ou equipamentos), para combater as bactérias alvos causadoras de malefícios. Atenta-se ao fato de que muitos dos estudos foram



realizados in vitro, não tendo aplicação no próprio alimento ou superfície de equipamentos.



Quadro 1. Experimentos realizados com a *Bdellovibrio bacteriovorus* para verificar a redução dos patógenos.

Cepas predadoras	Associação a outra célula/método	Superfície/Alimento	pH de cultivo da bactéria	T (°C) de ação da <i>Bdellovibrio</i>	Presença	Concentração inicial	Concentração final	Redução		Tempo (h)	Autor	Ano
								Porcentagem (%)	Log			
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> Bd17	Sem	Soja	-	27	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Glycinea</i>			Inibição do "crestamento bacteriano" (razão 99:1)		168	R. H. Scherff	1972
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i>	Sem	Cultivo de Arroz	-	Não descrito	<i>Xanthomonas oryzae</i>			---- Não descrito ----			T. Uematsu	1980
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> 109J	Sem	Isolado in vitro	7,4	30	<i>E. coli</i> 0159:H34 e 026:H11				7,68 log (para 0159) e média de 5,4 log (para 026)	7	Fratamico e Whiting	1995
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> 109J	Sem	Isolado in vitro	7,4	30	<i>E. coli</i> 0157				0,36-0,80	7	Fratamico e Whiting	1995
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> 109J	Sem	Isolado in vitro	7,4	30	<i>Shigella flexneri</i>				6,61-7,47	7	Fratamico e Whiting	1995
<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> 109J	Sem	Isolado in vitro	7,4	30	<i>Yersinia enterocolitica</i>				2,70-7,69	7	Fratamico e Whiting	1995



Bdellovibrio bacteriovorus 109J	Sem	Isolado in vitro	7,4	30	Shigella dysenteriae				4,7	7	Fratamico e Whiting	1995
Bdellovibrio 45k (isolado do solo)	Sem	Aço inox	7,4	30°C nas primeiras 5 h e depois 19°C no restante	Escherichia coli 0157:H7				3,6 log 10 CFU/cm ²	24	Pina M. Fratamico e Peter H. Cooke	1996
Bdellovibrio bacteriovorus	Sem	Biofilme	7,4	30	Escherichia coli				4 log	24	Daniel Kadouri e George A. O'Toole	2005
Bdellovibrio C-1	Sem	Peixe (Carassius auratus gibelio)	6,5-8,5	25-30	Aeromonas hydrophila J-1	5x10 ⁸ CFU/ml	5.2 · 10 ³		5 log 10	90	Chu, W.; Zhu, W.	2008
B. bacteriovorus - Produto comercial	Bactéria fotosintética	Tilápia	-	Não descrito	Escherichia coli			Aumento da sobrevivência da tilápia		3024	Chen et al. In: Wang et al.	2011
B. bacteriovorus HD100	Sem	Aves (menos de 30 dias de vida)	7,6	29	Salmonella enterica serovar Enteritidis strain P125109			96,97 (in vitro)	1 a 2 log 10 CFU/g (in vivo no conteúdo do ceco)	672	Robert J. Atterbury et al.	2011
B. bacteriovorus HD 100	Aspersão de CO ₂	Biofilme em chips de silicone	≈7,2	37	Escherichia coli	7,5x 10 ⁵ CFU	16	Reduzido em aproximadamente 50000 vezes		24	Mohammed Dwidar et al	2012
B. bacteriovorus HD100	Sem	Isolado in vitro	-	30	Escherichia coli				3,66log10	24-48	Kadouri et al.	2013



B. bacteriovorus	Rotação (100 rpm)	Biofilme em membranas de Poly(ether)sulphone (PES) de biorreator que filtraram lama ativada	7,2	T ambiente	Escherichia coli			Aumento do fluxo de água 3.2 L/m ² .h	3	Hilal Yilmaz et al	2014
Bdellovibrio bacteriovorus HD100	Sem	Superfície do cogumelo Agaricus bisporus	≈7,6	29	Pseudomonas tolaasii			Redução na formação das manchas escuras	48	Emma B. Saxon et al	2014
B. bacteriovorus	Encapsulamento em pó a 0,8 mg/L	Camarão de patas brancas (Penaeus vannamei)	≈7,0	Ambiente (25 - 28)	Vibrio cholerae, V. parahaemolyticus e V. vulnificus			43,3 e 70 e 53,4% de redução de morte do camarão	144	Cao et al	2019
Bdellovibrio bacteriovorus HD100	Leucócitos (interior)	Larva: Zebrafish larvae	-	Não descrito	Shigella flexneri (GFP-Shigella M90T)	Maior que 5 x 10 ³ CFU		Aumento da sobrevivência da larva em 35%	21	Alexandra R. Willis et al.	2016
Bdellovibrio bacteriovorus 109	Sem	Carne enlatada	6,09	30	Escherichia coli			2,1 log	6	Donatella Ottaviani et al.	2019
Bdellovibrio bacteriovorus 109	Sem	Tiras de Frango	6,09	30	Escherichia coli			4,3 log	6	Donatella Ottaviani et al.	2019
Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4 ideal)	25 - 37 (30 ideal)	E. coli			87,5	168	Salman Odooli et al	2020
Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4 ideal)	25 - 37 (30 ideal)	Shigella dysenteriae			89,66	168	Salman Odooli et al	2020



Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4)	25 - 37 (30 ideal)	Pseudomonas aeruginosa			74,83	168	Salman Odooli et al	2020	
Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4)	25 - 37 (30 ideal)	Proteus vulgaris			84,66	168	Salman Odooli et al	2020	
Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4)	25 - 37 (30 ideal)	Klebsiella pneumonia			84,33	168	Salman Odooli et al	2020	
Bdellovibrio bacteriovorus SOIR-1	Sem	Isolado in vitro	6,0-8,0 (7,4)	25 - 37 (30 ideal)	Salmonella typhi			83	168	Salman Odooli et al	2020	
Bdellovibrio bacteriovorus 109	Radiação gama	Alface e cenoura	-	26-30	E. coli O157:H7 e Salmonella spp.				0,3 - 1,8 log CFU/g para E. coli e 0,9-1,2 log para S. enterica	24	Modesto Olanya et al	2020

Fonte: Autoria própria, 2021.



Percebe-se que as condições de crescimento da bactéria canibal, na maioria dos experimentos, realmente condizem com sua faixa de temperatura ótima, entre 28 e 37 °C, e os valores de pH, na faixa ideal de 6 a 8, sendo um dos fatores determinantes para a multiplicação dos microrganismos (JAY et al., 2005; GUO, 2017; EBANA et al., 2019; ODOOLI et al, 2020).

Ainda, a aplicação do microrganismo predador ocorre de diferentes modos: em forma de pó, encapsulado por spray drier, e depois aplicado em um aquário (CAO et al, 2019), diluído em caldo de cultura junto à presa, no modo in vitro (FRATAMICO & WHITING, 1995), isolado do solo e aplicado em placa de profundidade junto à presa (FRATAMICO & COOKE, 1996), espalhamento em superfície de carnes no método in vivo (OTTAVIANI et al, 2020), com solução de biocontrole centrifugada junto à membrana com biofilme (YILMAZ et al, 2014). Isso leva a crer que embora haja uma proporção da bactéria predadora com concentração maior do que a da presa e passe por um longo tempo de contato (pelo menos 3 horas de acordo com o Quadro 1) a ação bacteriolítica da *Bdellovibrio bacteriovorus* pode ser uma opção viável para ação antimicrobiana, causando a lise da célula da presa.

Futuramente, o uso da bactéria oferecerá uma potencial redução na necessidade de tantos agentes químicos poluentes ao meio ambiente, além da diminuição na quantidade de conservantes utilizados nos produtos, assim satisfazendo um mercado que vem buscando produtos mais naturais e clean label, ressaltando-se que a ingestão da predadora não afeta a saúde humana (BRATANIS et al, 2020; OLANYA et al, 2020; OTTAVIANI et al, 2019).



Ademais, por apresentar um “reservatório” de genes líticos de proteases e hidrolases com ação antimicrobiana, sua utilização pode ser promissora. Enquanto novas tecnologias para tratamento de bactérias multirresistentes vêm sendo desenvolvidas, esse bioagente previne a dissipação de contaminantes em animais com o uso de probióticos, evitando a propagação de doenças ou de bactérias deteriorantes para produzir um alimento seguro, bem como reduzindo patógenos em equipamentos industriais, biofilmes em formação e contaminação em ambientes agrícolas ou hospitalares - junto a antibióticos (BRATANIS et al, 2020; EBANA et al, 2019; OTTAVIANI et al, 2019).

Contudo, alguns desafios devem ser ultrapassados para utilização da *Bdellovibrio bacteriovorus*, como: a redução das presas ser apenas parcial, sendo necessário finalizar com antibióticos, bacteriófagos, sanitizantes ou outros que eliminem de modo mais eficiente os patógenos remanescentes (HASHEMPOUR-BALTORK et al, 2019); o meio induzir um estresse, como condições diferentes de pH e temperaturas (CAO et al, 2019); e fatores como alta concentração de glicose e glicerol, surfactantes, metais pesados ou pesticidas, que quando presentes no meio sensibilizam sua atividade de biocontrole (BRATANIS et al, 2020; OLANYA & LAKSHMAN, 2015).

Sendo assim, a eficácia da ação da bactéria predadora ainda precisa de alguns estudos biotecnológicos relacionados ao genoma da bactéria, para promover uma melhoria na sua atuação, aumentando sua especificidade num substrato — e assim num meio com ampla variedade de presas, a *B. bacteriovorus* afeta apenas seu alvo — (EBANA et al, 2019; OLANYA & LAKSHMAN, 2015), para entender os genes que tornam uma cepa com predação dependente ou independente (BRATANIS et al, 2020),



além de uma pesquisa referente aos efeitos gerados no microambiente após inserir uma alta quantidade da bactéria canibal (PRIETO, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos estudos mostram a bactéria *Bdellovibrio bacteriovorus* promissora quanto à redução de patógenos, o que corrobora a hipótese de que seu controle é realmente eficaz, podendo vir a reduzir o impacto ambiental gerado por agentes químicos e evitar uma possível geração de multirresistência bacteriana.

Conforme apontamento na literatura, percebe-se ainda a necessidade de mais estudos da ação predatória da bactéria voltada à garantia de um alimento seguro, realmente livre de contaminações e que não ofereça riscos ao consumidor, considerando também que a redução de patógenos e deteriorantes é somente parcial.

Constata-se também, que novas pesquisas em áreas de biotecnologia seriam úteis para promover maior eficiência da bactéria canibal, mesmo assim, pode-se dizer que ela serviria de alternativa para reduzir o uso de sanitizantes em equipamentos industriais, antibióticos e até mesmo aditivos/conservantes na produção alimentícia.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTERBURY, R. J. & HOBLEY, L. & TILL, R. & LAMBERT, C. & CAPENESS, M. J. & LERNER, T. R.; FENTON, A. K.; BARROW, P.; SOCKETT, R. E.. Effects of Orally Administered *Bdellovibrio bacteriovorus* on the Well-Being and *Salmonella* Colonization of Young Chicks. *Applied And Environmental Microbiology*, [S.L.], v. 77, n. 16, p. 5794-5803, 15 ago. 2011. American Society for Microbiology. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3165243/>/<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3165243/>. Acesso em: 10 maio 2021.

BONFIGLIO, G. & NERONI, B. & RADOCCIA, G. & MARAZZATO, M. & PANTANELLA, F. & SCHIPPA, S.. Insight into the Possible Use of the Predator *Bdellovibrio bacteriovorus* as a Probiotic. *Nutrients*, [S.I.], v. 8, n. 12, p. 1-18, jul. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/8/2252#cite>. Acesso em: 18 dez. 2020.

BRATANIS, E. & ANDERSSON, T. & LOOD, R. & BUKOWSKA-FANIBAND, E.. Biotechnological Potential of *Bdellovibrio* and Like Organisms and Their Secreted Enzymes. *Frontiers In Microbiology*, [S.L.], v. 11, p. 662-671, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.00662/full>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CAO, H. & WANG, H. & YU, J. & AN, J. & CHEN, Jun. Encapsulated *Bdellovibrio* Powder as a Potential Bio-Disinfectant against Whiteleg Shrimp-Pathogenic *Vibrios*. *Microorganisms*, [S.L.], v. 7, n. 8, p. 244-258, 7 ago. 2019. MDPI AG. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31394792/>. Acesso em: 06 mar. 2021.

CHEN, J. & LI, X. & TONG, G. & HUANG, L. WEI, X. & WU, W. Effects of *B. bacteriovorus* on disease prevention in tilapia farming, *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, v. 39, n. 17, p. 10494–10496, 2011. Disponível em: https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotat-AHNY201117143.htm. Acesso em: 11 maio 2021.

CHU, W. & ZHU, W. Isolation of *Bdellovibrio* as Biological Therapeutic Agents Used For the Treatment of *Aeromonas hydrophila* Infection in Fish, *Zoonoses and Public Health*, n. 24, p. 1 – 7, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26257289_Isolation_of_Bdellovibrio_as_Biological_Therapeutic_Agents_Used_For_the_Treatment_of_Aeromonas_hydrophila_Infection_in_Fish. Acesso em: 11 maio 2021.

DWIDAR, M. & HONG, S. & CHA, M. & JANG, J. & MITCHELL, R. J.. Combined application of bacterial predation and carbon dioxide aerosols to effectively remove biofilms. *Biofouling*, [S.L.], v. 28, n. 7, p. 671-680, 11 jul. 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08927014.2012.701286?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 02 jun. 2021.

EBANA, R. U. B. & EDET, U. O. & ANOSIKE, I. K. & ETOK, C. A. *Bdellovibrio* and like organisms: The much-anticipated “magic bullet”. *World News of Natural Sciences*, v.



23, p. 233-249, 2019. Disponível em:
<<https://www.semanticscholar.org/paper/Bdellovibrio-and-like-organisms%3A-The-%E2%80%9Cmagic-bullet%E2%80%9D-Ebana-Edet/dd5dfa078b4859fed845c9cebb6456bdc19b084d>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FRATAMICO, P. M. & COOKE, P. H.. Isolation of Bdellovibrios that prey on Escherichia coli O157:H7 and Salmonella species and application for removal of prey from stainless steel surfaces. *Journal Of Food Safety*, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 161-173, jul. 1996. Wiley. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4565.1996.tb00157.x>. Acesso em: 12 maio 2021.

FRATAMICO, P. M. & WHITING, R. C.. Ability of Bdellovibrio bacteriovorus 109J to Lyse Gram-Negative Food-Borne Pathogenic and Spoilage Bacteria. *Journal Of Food Protection*, [S.L.], v. 58, n. 2, p. 160-164, 1 fev. 1995. International Association for Food Protection. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31121669/>. Acesso em: 12 maio 2021.

GUO, Y. & PAN, Qi & YAN, S. & CHEN, Y. & LI, M. & CHEN, D. & HAN, H. & WU, B. & CAI, J.. Bdellovibrio and like organisms promoted growth and survival of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* Ino and modulated bacterial community structures in its gut. *Aquaculture International*, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 1625-1643, 2017. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-017-0138-x>. Acesso em: 10 mar. 2021.

HASHEMPOUR-BALTORK, F. & HOSSEINI, H. & SHOJAEI-ALIABADI, S. & TORBATI, M. & ALIZADEH, A. M. & ALIZADEH, M.. Drug Resistance and the Prevention Strategies in Food Borne Bacteria: an update review. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 335-347, 1 ago. 2019. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6773942/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

JAY, J.M. & Loessner, M.J. & Golden, D.A. *Modern food Microbiology*. 7th Ed. New York, Springer, 2005.

KADOURI, D. & O'TOOLE, G. A.. Susceptibility of Biofilms to Bdellovibrio bacteriovorus Attack. *Applied And Environmental Microbiology*, [S.L.], v. 71, n. 7, p. 4044-4051, jul. 2005. Disponível em: [10.1128/AEM.71.7.4044-4051.2005](https://doi.org/10.1128/AEM.71.7.4044-4051.2005). Acesso em: 11 maio 2021.

KADOURI, D. E. & TO, K. & SHANKS, R. M. Q. & DOI, Y.. Predatory Bacteria: a potential ally against multidrug-resistant gram-negative pathogens. *Plos One*, [S.L.], v. 8, n. 5, maio 2013. Public Library of Science (PLoS). Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3641118/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

KOWALSKA, J. & WŁODARCZYK, M.. Predation among microorganisms: A huge potential of interspecies dependencies. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, ed. 71. p. 906 - 914, 2017. Disponível em:
<https://phmd.pl/resources/html/article/details?id=155041&language=en>. Acesso em: 30 nov. 2020.



LÓPEZ, V. M.. Catabolismo de los polihidroxicanoatos en la bacteria depredadora "Bdellovibrio bacteriovorus": aplicaciones biotecnológicas y diseño de nuevos sistemas para la extracción de bioplástico en cultivos bacterianos. 2012. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2013. Disponível em:

https://digital.csic.es/bitstream/10261/143723/1/Tesis_Virginia_Mart%C3%ADnez_L%C3%B3pez_UCM_2012.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

ODOOLI, S. & ROGHANIAN, R. & EMTIAZI, G. & MOHKAM, M. & GHASEMI, Y.. Characterization of the first highly predatory Bdellovibrio bacteriovorus from Iran and its potential lytic activity against principal pathogenic Enterobacteriaceae. Iranian Journal Of Basic Medical Sciences. Iran, p. 1275-1285. out. 2020. Disponível em: https://ijbms.mums.ac.ir/article_16331.html. Acesso em: 18 dez. 2020.

OLANYA, O. M. & B. A., NIEMIRA & J. M., CASSIDY; G., BOYD & J., UKNALIS. Pathogen reduction by predatory bacteria and survival of Bdellovibrio bacteriovorus and Escherichia coli on produce and buffer treated with low-dose gamma radiation. LWT, Wyndmoor, v. 130, n. 109630, p. 1-7, maio 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820306198>. Acesso em: 25 dez. 2020.

OLANYA, O. M. & LAKSHMAN, D. K.. Potential of predatory bacteria as biocontrol agents for foodborne and plant pathogens. Journal Of Plant Pathology. [S.I.], p. 405-417, nov. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292816670_POTENTIAL_OF_PREDATORY_BACTERIA_AS_BIOCONTROL_AGENTS_FOR_FOODBORNE_AND_PLANT_PATHOGENS. Acesso em: 19 mar. 2021.

OTTAVIANI, D. & PIERALISI, S. & ANGELICO, G. & MOSCA, F. & TISCAR, P. G. & ROCCHIGIANI, E. & SCUOTA, S. & PETRUZZELLI, A. & FISICHELLA, S. & BLASI, G.. Bdellovibrio bacteriovorus to control Escherichia coli on meat matrices. International Journal Of Food Science & Technology, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 988-994, 9 set. 2019. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ijfs.14355>. Acesso em: 01 fev. 2021.

PAIX, B. & EZZEDINE, J. A. & JACQUET, S.. Diversity, Dynamics, and Distribution of Bdellovibrio and Like Organisms in Perialpine Lakes. Applied And Environmental Microbiology, [S.L.], v. 85, n. 6, p. 1-15, 11 jan. 2019. American Society for Microbiology. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/85/6/e02494-18>. Acesso em: 14 mar. 2021.

PATINI, R. & CATTANI, P. & MARCHETTI, S. & ISOLA, G. & QUARANTA, G. & GALLENZI, P.. Evaluation of Predation Capability of Periodontopathogens Bacteria by Bdellovibrio Bacteriovorus HD100. An in Vitro Study. Materials, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6630749/>. Acesso em: 16 fev. 2021.



PÉREZ, J. & MORALEDA-MUÑOZ, A. & MARCOS-TORRES, F. J. & MUÑOZ-DORADO, J.. Bacterial predation: 75 years and counting!. *Environmental Microbiology*, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 766-779, 2016. Wiley. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1462-2920.13171>. Acesso em: 11 mar. 2021.

PRIETO, M. I. C.. Bacterias depredadoras: Bdellovibrio bacteriovorus y sus posibles aplicaciones. 2019. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid, 2019. Disponível em: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/MARIA%20ISABEL%20CORTES%20PRIETO.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

QUINTINO, S. da S. & RODOLPHO, D.. Um estudo sobre a importância do APPCC - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - na indústria de alimentos. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 196-207, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.452. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/452>. Acesso em: 2 nov. 2020.

ROTEM, O. & PASTERNAK, Z. & JURKEVITCH, E.. The genus Bdellovibrio and Like Organisms. *The Prokaryotes*, [S.L.], p. 3-17, 2014. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/278710258_The_Genus_Bdellovibrio_and_Like_Organisms#:~:text=Bdellovibrio%20and%20like%20organisms%20\(BALOs,of%20other%20gram%2Dnegative%20bacteria.&text=High%2Dresolution%20microscopy%2C%20molecular%20genetics,predation%20and%20for%20cellular%20organization](https://www.researchgate.net/publication/278710258_The_Genus_Bdellovibrio_and_Like_Organisms#:~:text=Bdellovibrio%20and%20like%20organisms%20(BALOs,of%20other%20gram%2Dnegative%20bacteria.&text=High%2Dresolution%20microscopy%2C%20molecular%20genetics,predation%20and%20for%20cellular%20organization). Acesso em: 10 mar. 2021.

SAXON, E. B & JACKSON, R. W & BHUMBRA, S. & SMITH, T. & SOCKETT, R. Bdellovibrio bacteriovorus HD100 guards against Pseudomonas tolaasii brown-blotch lesions on the surface of post-harvest Agaricus bisporus supermarket mushrooms. *BMC Microbiology*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 163, jun. 2014. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2180-14-163#citeas>. Acesso em: 01 jun. 2021.

SCHERFF, R. H.. Control of Bacterial Blight of Soybean by Bdellovibrio bacteriovorus. *Phytopathology*, Columbia, v. 63, n. 3, p. 400-402, out. 1973. Scientific Societies. <http://dx.doi.org/10.1094/phyto-63-400>. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1973Abstracts/Phyto63_400.htm. Acesso em: 11 jun. 2021.

TORTORA, G. J. & FUNKE, B. R. & CASE, C. L.. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2016.

TOSONI, N. F.. Potencial antibacteriano de enterocinas em células planctônicas e em biofilme de Salmonella typhimurium e sorotipos de Escherichia coli. 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade



Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4418>. Acesso em: 29 nov. 2020.

UEMATSU, T. Ecology of *Bdellovibrio* parasitic to rice bacterial leaf blight pathogen, *Xanthomonas oryzae*. Review Of Plant Protection Research. Ibaraki, Japão, p. 12-26. 1980. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19806735841>. Acesso em: 11 maio 2021.

YILMAZ, H. & ÇELIK, M. A. & ŞENGEZER, Ç. & ÖZKAN, M.. Use of *Bdellovibrio* bacteriovirus as Biological Cleaning Method for MBR Systems. 2Nd International Conference On Emerging Trends In Engineering And Technology (Icetet'2014), Londres, p. 192-195, 30 maio 2014. International Institute of Engineers. Disponível em: http://iieng.org/images/proceedings_pdf/2548E0514531.pdf. Acesso em: 02 jun. 2021.

WEN, C. & XUE, M. & LIANG, H. & ZHOU, S.. Evaluating the potential of marine *Bacteriovorax* sp. DA5 as a biocontrol agent against vibriosis in *Litopenaeus vannamei* larvae, *Veterinary Microbiology*, v. 173, p. 84 - 91, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113514003575> Acesso em: 11 mar. 2021.

WILLIS, A. R. & MOORE, C. & MAZON-MOYA, M. & KROKOWSKI, S. & LAMBERT, C. & TILL, R. & MOSTOWY, S. & SOCKETT, R. E.. Injections of Predatory Bacteria Work Alongside Host Immune Cells to Treat *Shigella* Infection in Zebrafish Larvae. *Current Biology*, [S.L.], v. 26, n. 24, p. 3343-3351, dez. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5196024/>. Acesso em: 02 jun. 2021.