

Suplemento científico

Brasília DF
Ano XXIV
Edição nº 96



A abordagem de más notícias na faculdade de Medicina Veterinária sob a ótica dos discentes

Bacteriocinas: uma abordagem visando a segurança de alimentos e a saúde única

AS NOMAS PARA SUBMISSÃO, BEM COMO AS ORIENTAÇÕES A AUTORES E REVISORES DE ARTIGOS ESTÃO DISPONÍVEIS EM WWW.REVISTA.CFMV.GOV.BR. A TRAMITAÇÃO É FEITA POR MEIO EXCLUSIVAMENTE ELETRÔNICO.

BACTERIOCINAS: UMA ABORDAGEM VISANDO A SEGURANÇA DE ALIMENTOS E A SAÚDE ÚNICA

BACTERIOCINS: AN APPROACH TO ENSURE FOOD SAFETY AND ONE HEALTH

RESUMO

A crescente ocorrência de infecções causadas por bactéria resistentes a antimicrobianos, a necessidade de assegurar a segurança de alimentos, bem como a importância da integração entre saúde humana, animal e ambiental demandam o desenvolvimento e a aplicação de substâncias seguras e eficazes. Nesse contexto, as bacteriocinas podem ser uma solução versátil com aplicações abrangentes na saúde humana, animal e na indústria alimentícia. Assim, este artigo de revisão de literatura tem como objetivo abordar a aplicabilidade das bacteriocinas nestas áreas. Na indústria de alimentos, as bacteriocinas pode desempenhar papel relevante, sendo aplicadas, por exemplo, em embalagens para garantir a qualidade microbiológica do produto. Além disso, esses compostos são utilizados na prevenção e tratamento de doenças bucais e do sistema gênito-uritário humano, além de demonstrarem efeito anticarcinogênico. Na saúde animal, sua aplicação é promissora na prevenção de mastite em vacas leiteiras e têm sido associada a efeito promotor de crescimento em leitões e melhoria da qualidade do sêmen para inseminação artificial. A aplicação das bacteriocinas apresenta uma abordagem promissora que merece atenção e estímulo a pesquisas, com intuito de garantir a saúde única de forma sustentável e eficaz.

Palavras-chave: bactéria, peptídeo, resistência antimicrobiana.

ABSTRACT

The increasing occurrence of infections caused by antimicrobial-resistant bacteria, the need to ensure food safety, as well as the importance of integrating human, animal and environmental health, demand the development and application of safe and effective substances. In this context, bacteriocins can be a versatile solution with comprehensive applications in human health, animal health and the food industry. Thus, this literature review aims to address the applicability of bacteriocins in these areas. In the food industry, bacteriocins can play a significant role, being applied, for example, in packaging to ensure the microbiological quality of the product. Additionally, these compounds are used in the prevention and treatment of oral and genitourinary diseases in humans, as well as demonstrating anticarcinogenic effects. In animal health, their application is promising in the prevention of mastitis in dairy cows and has been associated with growth-promoting effects in piglets and improvement in semen quality for artificial insemination. The application of bacteriocins presents a promising approach that deserves attention and encouragement for research, with the aim of ensuring sustainable and effective overall health.

Keywords: antimicrobial resistance, bacterium, peptide.

INTRODUÇÃO

A contaminação microbiana inaceitável de alimentos é caracterizada por um perigo biológico, que pode acarretar riscos à saúde humana. Nesse sentido, é de alta relevância garantir a qualidade microbiológica do alimento, a fim de evitar a ocorrência de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). Todavia, os consumidores exigem que os produtos sejam minimamente processados e sem adição de conservantes. Neste contexto, as bacteriocinas destacam-se por serem conservantes, devido a sua ação antimicrobiana, que não apresentam toxicidade e aplicam-se à indústria alimentícia (KIM; AHN; AHN, 2022).

Por outro lado, a crescente ampliação dos patógenos resistentes a antimicrobianos é uma ameaça à saúde pública. Relata-se que, se não implementadas medidas de resolução para o problema, até 2050, o mundo poderá atingir 444 milhões de mortes devido a doenças causadas por microrganismos resistentes. Logo, soluções alternativas à utilização de antimicrobianos convencionais já não eficazes devem ser aplicadas a fim de se garantir a saúde humana. Neste contexto, as bacteriocinas detêm mecanismos de ação diversos, bactericidas e bacteriostáticos, que atuam sobre às bactérias resistentes aos fármacos convencionais (XIANG et al., 2022).

Além da saúde humana, os microrganismos resistentes permeiam a saúde animal,

gerando baixa taxa de sucesso em tratamentos e não resolução de casos clínicos, como é o caso de mastite causada por cepas de *Staphylococcus aureus*. Dessa forma, existem bacteriocinas, como a nisina, produzida por *Lactococcus lactis*, que demonstraram serem aplicáveis a doenças infecciosas, em animais. No mesmo sentido, estas podem ser a opção para o tratamento de doenças causadas por *Staphylococcus aureus* resistente ao antibiótico meticilina (CASTELANI et al., 2019).

Nessa perspectiva, dentre os compostos bioativos produzidos pelas bactérias, estão as bacteriocinas, peptídeos formados nos ribossomos bacterianos, sendo uma possibilidade de tratamento de processos infecciosos. Além de apresentarem especificidade, não são tóxicas e não permanecem no ambiente, por serem degradadas por enzimas proteolíticas. Assim, as bacteriocinas podem ser aplicadas em diversos ramos que objetivam combater microrganismos com igualdade evitando a resistência microbiana (DABA; ELKHATEEB, 2024).

Portanto, o presente estudo tem como objetivo abordar sobre a aplicabilidade das bacteriocinas na indústria alimentícia e na saúde única. Com isso, serão ampliados os conhecimentos sobre estes peptídeos, a fim de incentivar a utilização dos mesmos, visto a importância de se combater microrganismos de origem alimentar e aqueles que interferem negativamente na saúde única por meio dos seus mecanismos de resistência.

BACTERIOCINAS E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A composição química e tamanho são fatores que determinam as categorias das bacteriocinas. Em primeiro plano, bacteriocinas de classe I apresentam peso molecular inferior a 5 kDa (quilodalton) e o seu principal mecanismo de ação é por meio da formação de poros na membrana plasmática bacteriana. Por outro lado, as de classe II possuem peso de 5 a 10 kDa. Dentre as subdivisões, as bacteriocinas pertencentes à subclasse II-A formam poros na membrana celular, visto que penetram na porção C terminal da mesma. Ainda, aquelas pertencentes à subclasse II-B modificam a permeabilidade da membrana a íons que levam à morte celular. Semelhante a isto, as bacteriocinas de subclasse II-C penetram na membrana celular, ocasionando a perda de íons e as de subclasse II-D também, mas se ligam a receptores distintos. Por fim, bacteriocinas de classe III são proteínas com peso superior a 10 kDa e destroem a parede celular bacteriana ou rompem a membrana, ocasionando lise celular (MANNA; MONDAL, 2023).

Ainda é importante destacar que a morfologia das bacteriocinas interfere em sua atividade. Desse modo, as bacteriocinas circulares possuem uma estrutura cíclica que confere rigidez ao peptídeo. Assim, pode-se citar a bacteriocina circular Ent53B, produzida pela bactéria *Enterococcus faecium*, que apresenta atividade antimicrobiana contra *Lactococcus lactis* em meios mais alcalinos,

além de alta estabilidade a enzimas proteolíticas e ao calor. Frente a isso, demonstrou-se que a bacteriocina circular possui atividade em situações em que a nisina, por exemplo, seria degradada. Dessa forma, a utilização de bacteriocinas circulares possui vantagens e tem potencial de ser aplicada à produção de alimentos (WANG et al., 2023).

A nisina, produzida por *Lactococcus lactis* e outras bactérias gram-positivas, como *Staphylococcus* spp. e *Streptococcus* spp., é a bacteriocina mais popular utilizada na indústria alimentícia. Dessa forma, é encontrada, naturalmente, em produtos lácteos, por ser produzida por uma bactéria intrínseca do leite. Sua atividade contra bactérias gram-positivas justifica a utilização na preservação e segurança de alimentos. Além disso, a nisina pode ser utilizada, seguramente, até a dose de 12,5 mg/kg (miligramas por quilo) e é facilmente degradada no intestino, de forma a não perturbar a microbiota intestinal (TAVARES et al., 2024).

Relatou-se a ação da bacteriocina lactiscina, produzida por *Lactococcus lactis*, contra *Escherichia coli*, *Vibrio parahemolyticus*, *Staphylococcus aureus* e *Micrococcus luteus*. A indução de permeabilização da membrana bacteriana ilustrou o mecanismo de ação desta bacteriocina. Por conseguinte, observou-se que a lactiscina possui amplo espectro, além de ser estável a pH entre 3,0 e 12,0 e ao aquecimento a 100 °C por 30 minutos. Assim, a fim de garantir qualidade alimentar, a indústria, por meio de um sistema de purificação, pode

extrair a lactiscina, produzida por uma bactéria ácido láctica, com efeito bioconservante (RUKYING et al., 2023).

Ainda no contexto da indústria alimentícia, demonstrou-se a viabilidade da utilização de bactérias ácido lácticas, produtoras de bacteriocinas, em embalagens de alimentos. Com isso, é possível inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, a fim de garantir a qualidade higiênico-sanitária e sensorial do produto. Dessa forma, uma cepa de *Lactobacillus curvatus*, por meio da produção de bacteriocinas, reduziu a contagem de *Listeria innocua* até o final da vida de prateleira do alimento, em filme de proteína, inulina e gelatina do soro de leite. Portanto, estudos devem ser desenvolvidos no que tange à viabilidade da utilização de microrganismos com ação probiótica e antimicrobiana em embalagens de alimentos (SILVA; TEIXEIRA; SILVA, 2023).

APLICAÇÃO DE BACTERIOCINAS NA SAÚDE HUMANA

No que se diz respeito à resistência antimicrobiana, seu desenvolvimento relaciona-se ao uso indiscriminado e irracional dos antibióticos. Portanto, a saúde humana apresenta-se em risco, visto que já não existem fármacos disponíveis para o tratamento de determinadas afecções e o desenvolvimento de antimicrobianos para isso não é rapidamente viável. Nesse sentido, as bacteriocinas podem ser aplicadas, por diversas vias de administração,

como via oral, subcutânea, intravenosa, intranasal e intravaginal, com intuito de combater microrganismos resistentes. Contudo, as aplicações locais demonstram maior eficácia na utilização das bacteriocinas, mas, estratégias devem ser desenvolvidas para otimizar o efeito sistêmico das mesmas (FLYNN; RYAN; HUDSON, 2021).

Além de seu efeito antimicrobiano, as bacteriocinas apresentam atividade anticarcinogênica, por meio do estímulo à apoptose e inibição à proliferação de oncócitos. Ainda, foi relatado que a nisina inibiu fatores de transcrição relacionados à resistência das células tumorais aos quimioterápicos, apontando a possibilidade de regressão da doença. Nesse sentido, a nisina apresentou resultados satisfatórios contra células de carcinoma cervical, colorretal e hepatocelular em humanos (BALCIK-ERCIN e SEVER, 2022).

Dentre os fatores para prevenção de ocorrência de cáries, destacam-se as bacteriocinas. *Lactobacillus fermentum*, bactéria ácido láctica, probiótica e produtora de bacteriocina, mostrou efeitos promissores na manutenção da saúde bucal e prevenção contra periodontite. Vale ressaltar que as bactérias ácido lácticas são as principais produtoras de bacteriocinas e podem inclusive ser aplicadas na redução de bactérias que desenvolvem infecção do sistema gênito-urinário em humanos. Dessa forma, é possível administrar bacteriocinas em cateteres, que são fonte de patógenos importantes causadores de infecções do sistema gênito-urinário (MIGLANI et al., 2023).

APLICAÇÃO DE BACTERIOCINAS NA SAÚDE ANIMAL

A aplicação de soluções antes e após a ordenha são práticas importantes para a redução da contagem de microrganismos no leite e para a prevenção de infecção intramamária em vacas. Desse modo, as bacteriocinas podem ser aplicadas nas soluções que desinfetam o teto. Logo, observou-se em estudo que a nisina e reuterina reduziram a contagem bacteriana total e de *Staphylococcus* spp. do teto. Em vista disso, a aplicação das bacteriocinas no teto das vacas possui custo inferior e menor risco por efeitos tóxicos, quando comparados aos antimicrobianos. Contudo, para melhor eficácia, é indicado associar mais de um tipo de bacteriocina e, além disso, a combinação dessas com antimicrobianos pode ampliar seu espectro de ação (BENNETT et al., 2022).

Semelhante à nisina, a reuterina pode ser utilizada como bioconservante natural. *Lactobacillus reuteri* produz a reuterina durante a fermentação anaeróbica. Apesar de causar lise de bactérias gram-positivas e negativas, ainda não existem estudos consistentes, in vivo, quanto ao efeito tóxico e a segurança da substância. Contudo, estudos in vitro demonstraram que a reuterina não causa destruição das vilosidades intestinais e hemólise de células sanguíneas (SALTANI et al., 2021).

Além de seu efeito terapêutico, os antimicrobianos são utilizados nas criações animais para efeito zootécnico, como melhoria da conversão alimentar e ganho de peso. Todavia, as práticas inadequadas de utilização destes fár-

macos levam ao desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Assim, Telhig et al. (2022) realizaram um experimento com duzentos e oitenta e oito leitões a fim de avaliar o efeito de bacteriocinas, comparado aos fármacos convencionais, no crescimento desses animais. Em suma, foi relatado que os animais submetidos à utilização de bacteriocinas apresentaram crescimento semelhante aqueles que foram tratados com antimicrobianos.

Por outro lado, com intuito de aumentar a qualidade do sêmen utilizado na reprodução animal, um dos componentes da solução pode ser bacteriocinas. Nesse contexto, utilizou-se a bacteriocina 860/1c, produzida por bactérias da família Enterobacteriaceae, e observou-se redução na contagem de *Escherichia coli*, quando comparado ao sêmen sem bacteriocina. Ainda, não se observou impacto na fertilidade dos animais com a aplicação desse peptídeo. Portanto, mais estudos devem ser elaborados sobre a utilização de bacteriocinas na preservação de sêmen destinado à inseminação artificial em animais (JAKOP et al., 2021).

Por fim, a produção de bacteriocinas possui desafios, por ser altamente dispendiosa. Dentre algumas etapas, as bacteriocinas devem ser precipitadas, filtradas e submetidas à cromatografia, que compõem o processo de purificação do peptídeo (VERMA et al., 2022). Outro desafio relatado foi a resistência de microrganismos contra algumas bacteriocinas, como nisina e pediocina. Contudo, a combinação de diversas bacteriocinas, assim como a modificação dos resíduos de amino-

ácidos dessas, por meio de bioengenharia, combatem a resistência das bactérias contra essas (KUMARIYA et al., 2019).

IMPACTOS AMBIENTAIS DA RESISTÊNCIA A ANTIMICROBIANOS

A resistência bacteriana a antimicrobianos caracteriza-se quando a concentração inibitória mínima do fármaco torna-se superior à concentração necessária para o mesmo exercer o efeito em cepas não resistentes. Nesse sentido, uma posologia normalmente utilizada não possibilitará êxito no tratamento. Sabe-se, também, que os genes de resistência aos antibióticos é um componente da natureza. Contudo, a utilização inadequada dos antibióticos e a forma de eliminação no ambiente colaboram para o desenvolvimento da resistência a esses fármacos (BOOTH; AGA; WESTER, 2020).

Neste contexto, relatórios revelam que a contaminação química de antibióticos de ambientes aquáticos é um importante fator para o desenvolvimento da resistência bacteriana. Associado a isso os genes de resistência compartilham-se entre os microrganismos, por meio de conjugação, transdução e transformação. Com isso, observa-se uma ampliação da resistência aos antibióticos, gerando, no meio ambiente, superbactérias nocivas à saúde dos animais e seres humanos (VARGAS-VILLALOBOS et al., 2024).

A poluição por baixas concentrações de antimicrobianos no meio ambiente, associado aos genes de resistência, a longo prazo,

manifestam o desenvolvimento de bactérias resistentes. Com isso, por vias diretas e indiretas estes microrganismos entram em contato com os seres humanos e podem desenvolver enfermidades. Atrelado a isso, a Organização Mundial da Saúde apresenta uma lista das bactérias resistentes que geram preocupação global, dentre elas destaca-se *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente (WERKNEH; ISLAM, 2023).

Por fim, a saúde única envolve a saúde animal, humana e ambiental. Nesse sentido, torna-se nocivo à saúde única a utilização inadequada de antimicrobianos em seres humanos e na pecuária, além do descarte de resíduos no meio ambiente. Assim, as bactérias multirresistentes fazem parte da realidade (SAMREEN et al., 2021). Contudo, a bacteriocina BMP32r, produzida por *Lactobacillus crustorum*, mostrou atividade antimicrobiana contra bactérias multirresistentes, além do amplo espectro de ação, contra bactérias gram-positivas e gram-negativas. Ainda, esta bacteriocina apresentou estabilidade físico-química e segurança, podendo ser formulada para utilização como um antimicrobiano (QIAO et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bacteriocinas possuem uma ampla gama de aplicações, inclusive na indústria de alimentos, com eficácia comprovada na produção de alimentos seguros e com prazo de validade prolongado. Além disso, garantir a saúde humana é uma das funções das bac-

teriocinas, principalmente no tratamento de afecções causadas por bactérias resistentes a antimicrobianos convencionais. Da mesma forma, a sua utilização aplica-se à saúde animal e melhoria de índices zootécnicos. En-

tretanto, ainda se faz necessário um maior estímulo à pesquisa no que diz respeito as formas de utilização e eficiência de produção em larga escala das bacteriocinas, a fim de se evidenciar seus efeitos promissores.

REFERÊNCIAS

BALCIK-ERCIN, P.; SEVER, B. An investigation of bacteriocin nisin anti-cancer effects and FZD7 protein interactions in liver cancer cells. **Chemico-Biological Interactions**, v. 366, n. 1, p. 110152, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110152>.

BENNETT, S.; FLISS, I.; SAID, L. B.; MALOUIN, F.; LACASSE, P. Efficacy of bacteriocin-based formula for reducing staphylococci, streptococci and total bacterial counts on teat skin of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 5, p. 4498-4507, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21381>.

BOOTH, A.; AGA, D. S.; WESTER, A. L. Retrospective analysis of the global antibiotic residues that exceed the predicted no effect concentration for antimicrobial resistance in various environmental matrices. **Environment International**, v. 141, n. 1, p. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105796>.

CASTELANI, L.; ARCARO, J. R. P.; BRAGA, P. E. C.; BOSSO, A. S.; MOURA, Q.; ESPOSITO, F.; SAUTER, I. P.; CORTEZ, M.; LINCOPAN, N. Short communication: activity of nisin, lipid bilayer fragments and cationic nisin-lipid nanoparticles against multidrug-resistant *Staphylococcus* spp. isolated from bovine mastitis. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 678-683, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15171>.

DABA, G. M.; ELKHATEEB, W. A. Ribosomally synthesized bacteriocins of lactic acid bacteria: simplicity yet having wide potentials – a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 256, n. 1, p. 128325, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128325>.

FLYNN, J.; RYAN, A.; HUDSON, S. P. Pre-formulation and delivery strategies for the development of bacteriocins as next generation antibiotics. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 165, n. 1, p. 149-163, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2021.05.015>.

JAKOP, U.; HENSEL, B.; ORQUERA, S.; RÖBNER, A.; ALTER, T.; SCHRÖTER, F.; GRSSFELD, R.; JUNG, M.; SIMMET, C.; SCHULZE, M. Development of a new

antimicrobial concept for boar semen preservation based on bacteriocins. **Theriogenology**, v. 173, n. 1, p. 163-173, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.004>.

KIM, J.; AHN, J.; AHN, C. Characterization of novel bacteriocin produced by bacteriocinogenic *Carnobacterium maltaromaticum* isolated from raw milk. **Microbial Pathogenesis**, v. 173, n. 1, p. 105872, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105872>.

KUMARIYA, R.; GARSIA, A. K.; RAJPUT, Y. S.; SOOD, S. K.; AKHTAR, N.; PATEL, S. Bacteriocins: classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria. **Microbial Pathogenesis**, v. 128, n. 1, p. 171-177, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.002>.

MANNA, A.; MONDAL, R. Bacteriocin-mediated food preservation in conjugation with silver nanoparticles: a green approach. **Food Chemistry Advances**, v. 3, n. 1, p. 100464, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100464>.

MIGLANI, R.; PARVEEN, N.; KUMAR, A.; DEWALI, S.; RAWAT, G.; MISHRA, R.; PANDA, A. K.; BISHT, S. S. Bacteriocin and its biomedical application with special reference to *Lactobacillus*. **Recent advances and future perspectives of microbial metabolites**, v. 1, n. 1, p. 123-146, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90113-0.00001-8>.

QIAO, Z.; SUN, H.; ZHOU, Q.; YI, L.; WANG, X.; SHAN, Y.; YI, Y.; LIU, B.; ZHOU, Y.; LÜ, X. characterization and antibacterial action mode of bacteriocin BMP32r and its application as antimicrobial agent for the therapy of multidrug-resistant bacterial infection. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, n. 1, p. 845-854, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.192>.

RUKYING, N.; AJINGI, Y. S.; NOKYOD, S.; USMAN, J. N.; RUENGVISESH, S.; RATTANAROJPONG, T.; PASON, P.; ANG SUTHANASOMBAT, C.; JONGRUJA, N. Design, expression and characterization of lactiscin – a novel broad-spectrum peptidic bacteriocin. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 52, n. 1, p. 102811, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102811>.

SALTANI, S.; COUTURE, F.; BOUTIN, Y.; SAID, L. B.; CASHMAN-KADRI, S.; SUBIRADE, M.; BIRON, E.; FLISS, I. In vitro investigation of gastrointestinal stability and toxicity of 3-hydroxypropionaldehyde (reuterin) produced by *Lactobacillus reuteri*. **Toxicology Reports**, v. 8, n. 1, p. 740-746, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.03.025>.

SAMREEN; AHMAD, I.; MALAK, H. A.; ABULREESH, H. H. Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 27, n. 1, p. 101-111, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>.

SILVA, S. P. M.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, C. C. G. Recent advances in the use of edible films and coatings with probiotic and bacteriocin-producing lactic acid bacteria. **Food Bioscience**, v. 56, n. 1, p. 103196, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103196>.

TAVARES, T. D.; RIBEIRO, A. R. M.; SILVA, C.; ANTUNES, J. C.; FELGUEIRAS, H. P. Combinatory effect of nisin antimicrobial peptide with bioactive molecules: a review. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 91, n. 1, p. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2023.105246>.

TELHIG, S.; SAID, L. B.; LEVESQUE, J.; GUAY, F.; JULIEN, C.; SUN, Y.; MARZO, V.; SILVESTRI, C.; ZIRAH, S.; FLISS, I.; RICO, D. E. The use of dietary bacteriocins as alternatives to antibiotics in growing piglets. **Animal - Science proceedings**, v. 13, n. 3, p. 395-396, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anscip.2022.07.133>.

VARGAS-VILLALOBOS, S.; HERNÁNDEZ, F.; FABREGAT-SAFONT, D.; SALAS-GONZÁLEZ, D.; QUESADA-ALVARADO, F.; BOTERO-COY, A. M.; ESPERÓN, F.; MARTÍN-MALDONADO, B.; MONRÓS-GONZALEZ,

J.; RUEPERT, C.; ESTRADA-KÖNIG, S.; RIVERA-CASTILLO, J.; CHAVERRI-FONSECA, F.; BLANCO-PEÑA, K. A case study on pharmaceutical residues and antimicrobial resistance genes in Costa Rican rivers: a possible route of contamination for feline and other species. **Environmental Research**, v. 242, n. 1, p. 117665, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117665>.

VERMA, D. K.; THAKUR, M.; SINGH, S.; TRIPATHY, S.; GUPTA, A. K.; BARANWAL, D.; PATEL, A. R.; SHAH, N.; UTAMA, G. L.; NIAMAH, A. K.; CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L.; GALLEGOS, C. F.; AGUILAR, C. N.; SRIVASTAV, P. P. Bacteriocins as antimicrobial and preservative agents in food: biosynthesis, separation and application. **Food Bioscience**, v. 46, n. 1, p. 101594, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101594>.

XIANG, Y.; WU, G.; YANG, L.; YANG, X.; ZHANG, Y.; LIN, L.; DENG, X.; ZHANG, Q. Antibacterial effect of bacteriocin XJS01 and its application as antibiofilm agents to treat multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* infection. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 196, n. 1, p. 13-22, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.136>.

WANG, C. K.; HUANG, Y.; SHABBIR, F.; PHAM, H. T.; LAWRENCE, N.; BENFIELD, A. H.; DONK, W. V. D.; HENRIQUES, S. T.; TURNER, M. S.; CRAIK, D. J. The circular bacteriocin enterocin NKR-5-3B has an improved stability profile over nisin. **Peptides**, v. 167, n. 1, p. 171049, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2023.171049>.

WERKNEH, A. A.; ISLAM, M. A. Post-treatment disinfection technologies for sustainable removal of antibiotic residues and antimicrobial resistance bacteria from hospital wastewater. **Heliyon**, v. 9, n. 4, p. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15360>.

AUTORES

JÚLIA DA COSTA CARNEIRO CRUZ

Graduanda em Medicina Veterinária
Departamento de Medicina Veterinária / Faculdade de Medicina / Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
julia.carneiro@estudante.ufjf.br

ANA CAROLINA NASCIMENTO

Graduanda em Medicina Veterinária
Departamento de Medicina Veterinária / Faculdade de Medicina / Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
anacarolina.nascimento@estudante.ufjf.br

LARA BEATRIZ OLIVEIRA MATEUS

*Graduanda em Medicina Veterinária
Departamento de Medicina Veterinária / Faculdade de
Medicina / Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
lara.beatriz@estudante.ufjf.br*

EMÍLIA MARICATO PEDRO DOS SANTOS

*Médica-veterinária
CRMV MG no 6894
Professora adjunta - Departamento de Medicina Veterinária /
Faculdade de Medicina / Universidade Federal de Juiz de Fora
(UFJF)
Doutora em Ciência Animal
Mestre em Medicina Veterinária
Especialista em Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem
Animal
emilia.maricato@ufjf.br*