



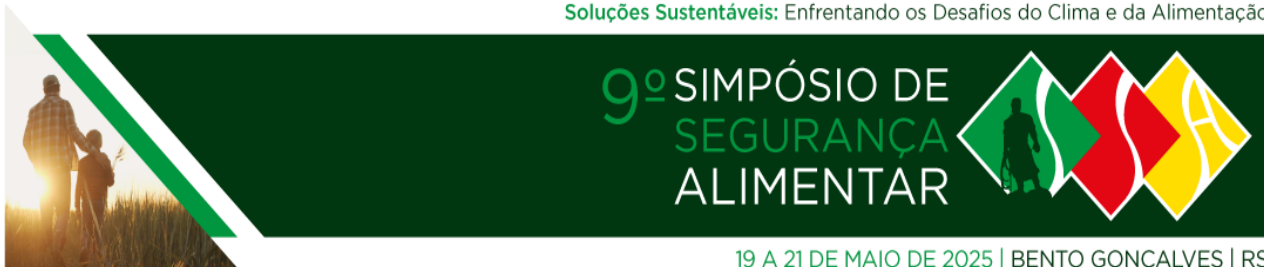
ATIVIDADE ANTI-*Listeria monocytogenes* DE UM BIOMATERIAL À BASE DE AMIDO E ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE (*Zingiber officinale*) EM CARNE BOVINA CRUA

G.W. Faleiro¹, N. R. Kleinubing², E. P. Cruz³, G. M. Oliveira⁴, E. R. Zavareze⁵, W. P. Silva⁶

- 1- Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 99626-7088 – e-mail: (giovanawink@gmail.com)
- 2- Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 98109-0049 – e-mail: (natalierk10@hotmail.com)
- 3 - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 98416-9147 – e-mail: (elderpachecodacruz@gmail.com)
- 4 - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (55) 99735-54650 – e-mail: (guilhermymirveira211@gmail.com)
- 5 - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 98406-3974 – e-mail: (elessandrad@yahoo.com.br)
- 6 - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 99131-0017 – e-mail: (wladimir.padilha2011@gmail.com)

RESUMO. As embalagens utilizadas para alimentos desempenham funções essenciais, como a proteção, a conservação e o transporte. As embalagens ativas, como aquelas que incorporam compostos bioativos, surgem como uma alternativa inovadora para melhorar a qualidade dos produtos. Entre essas tecnologias, destaca-se o uso de óleos essenciais (OE), como o OE de gengibre (OEG), que possui propriedades antimicrobianas. Diante disso, o presente estudo avaliou a atividade anti-*Listeria monocytogenes* do OEG incorporado a um biomaterial à base de amido utilizado como absorvente de exsudato em carne bovina crua. Os resultados indicaram que a adição do OEG não reduziu significativamente as contagens do patógeno. No entanto, o biomaterial contribuiu para a diminuição da contaminação pelo patógeno ao longo do armazenamento, possivelmente devido à absorção de umidade, com consequente redução da atividade de água do alimento. Além disso, a pesquisa reforça a importância do desenvolvimento de embalagens sustentáveis que unam segurança dos alimentos e menor impacto ambiental.

ABSTRACT. Packaging used for food performs essential functions, such as protection, preservation, and transportation. Active packaging, such as those incorporating bioactive compounds, emerges as an innovative alternative to improve product quality. Among these technologies, the use of essential oils (EO), such as ginger EO (GEO), which has antimicrobial properties, stands out. In view of this, the present study evaluated the anti-*Listeria monocytogenes* activity of GEO incorporated into a starch-based biomaterial used as an exudate absorbent in raw beef. The results indicated that the addition of GEO did not significantly reduce pathogen counts. However, the biomaterial contributed to the reduction of contamination by the pathogen during storage, possibly due to moisture absorption, with a consequent reduction in the water activity of the food. In addition, the research reinforces the importance of developing sustainable packaging that combines food safety and reduced environmental impact.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

PALAVRAS-CHAVE: embalagem ativa; compostos bioativos; sustentabilidade; microrganismo patogênico; segurança dos alimentos.

KEYWORDS: active packaging; bioactive compounds; sustainability; pathogenic microorganism; food safety.

1. INTRODUÇÃO

As embalagens utilizadas para revestir alimentos possuem diversas funções essenciais, incluindo a proteção, conservação e transporte dos produtos, além de fornecer informações importantes ao consumidor (Young *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, as embalagens ativas são uma alternativa inovadora para preservar ou aprimorar aspectos sensoriais, de segurança e qualidade do alimento (Ahmed *et al.*, 2022). Entre essas tecnologias, destacam-se aquelas que incorporam moléculas bioativas, como os óleos essenciais (OE), com o intuito de inibir ou retardar a multiplicação microbiana.

Os OE são substâncias aromáticas voláteis presentes nas plantas e têm sido objeto de pesquisa quanto a sua incorporação em embalagens de alimentos, devido a suas propriedades bioativas, incluindo a atividade antimicrobiana (Marzlan *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Dentre os benefícios da adição desses compostos, estudos evidenciam a capacidade dos OE em controlar importantes patógenos, como *Listeria monocytogenes* (Silva *et al.*, 2018), um micro-organismo psicrotrófico de grande preocupação na indústria de alimentos. O OE de gengibre (OEG), por exemplo, extraído das raízes de plantas de *Zingiber officinale* Roscoe é conhecido por suas propriedades antimicrobianas contra patógenos de origem alimentar (Silva *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020).

Além da busca por agentes antimicrobianos naturais, há também uma crescente preocupação com a sustentabilidade das embalagens utilizadas. Atualmente, a indústria tem se voltado para o uso de materiais renováveis e biodegradáveis, como os biomateriais à base de amido, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. Além de sustentáveis, esses biomateriais incorporados a embalagens desempenham papel importante em absorver e reter o exsudato liberado pelo alimento (Fonseca *et al.*, 2021) e, associado a compostos naturais, como o OEG, poderiam conferir proteção de forma controlada em toda a superfície do alimento.



Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar a atividade anti-*Listeria monocytogenes* do OEG incorporado a um biomaterial à base de amido utilizado como absorvedor de exsudato para carne bovina crua.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da atividade anti-*Listeria monocytogenes* do biomaterial à base de amido de feijão carioca foi feita de acordo com Rupollo et al. (2011). O biomaterial contendo OEG foi empregado como um componente de um modelo de embalagem de alimentos simulando um absorvente do exsudato de carne bovina crua, a qual foi experimentalmente contaminada com *L. monocytogenes* (ATCC 7644). O patógeno foi escolhido por sua característica psicrotrófica. A carne foi obtida em mercado local da cidade de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil) e dividida em porções de 10 g. Cada porção foi exposta a 15 min de irradiação UV-C em ambos os lados com objetivo de diminuir a contaminação microbiana inicial (Hadian et al., 2017).

O inóculo bacteriano foi preparado a partir de uma cultura de 24 h de *L. monocytogenes* (ATCC 7644), cultivado em ágar Triptona de Soja (TSA) (Kasvi, Brasil) e incubado a 37 °C. A partir disto, o inóculo foi diluído em solução salina 0,85% (Synth, Brasil), até a turbidez 0,5, de acordo com a escala de McFarland ($\sim 1,5 \times 10^8$ UFC.mL⁻¹), confirmado por espectrofotometria (DO₆₂₅ = 0,1) (UV/VIS IL-592, Kasuaki®, Japão). Após, o inóculo foi confirmado por visualização e contagem de colônias características em formulação Oxford (Oxford) (Oxoid, Reino Unido) suplementada com suplemento seletivo para *Listeria* SR0140 (SR0140) (Oxoid, Reino Unido). Para a contaminação experimental da carne bovina crua, 250 µL do inóculo bacteriano foram adicionados sobre cada lado de uma porção de 10 g de carne. Cada pedaço contaminado foi disposto sobre o biomaterial à base de amido em um recipiente plástico esterilizado (FirstLab, Brasil), o qual foi estocado a 4 °C e avaliado em 0, 3, 5 e 10 dias de armazenamento.

O biomaterial à base de amido foi testado em diferentes concentrações do OEG (0 e 40%). Além disso, a carne bovina crua foi avaliada sem a presença do biopolímero absorvente para observar a viabilidade de *L. monocytogenes*. Após o período de armazenamento, cada amostra foi imersa em 0,1% de água peptonada (AP) (Oxoid, Reino Unido) na proporção de 1:9 e homogeneizada em stomacher (ITR, Brasil). Posteriormente, procederam-se diluições decimais seriadas, das quais uma alíquota de 100 µL foi semeada em placas de Petri contendo ágar Oxford suplementado com SR0140. As placas de Petri foram incubadas a 37 °C por 48 h e, após, foi realizada a contagem de colônias e os resultados expressos em UFC.g⁻¹.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da atividade anti-*Listeria monocytogenes* do OEG adicionado ao biomaterial à base de amido durante o período de armazenamento de carne bovina crua a 4 °C estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Contagens de *Listeria monocytogenes* na carne bovina crua após o armazenamento com e sem o biomaterial à base de amido contendo diferentes concentrações de óleo essencial de gengibre

Tempo armazenamento (dias)	Contagem bacteriana (\log_{10} CFU.g ⁻¹)		
	Amostras*		
	C	C + BA_0%OEG	C + BA_40%OEG
0	5.92 ± 0.005 ^{aA}	3.91 ± 0.023 ^{bA}	3.73 ± 0.086 ^{bA}
3	5.84 ± 0.004 ^{aB}	3.94 ± 0.020 ^{bB}	3.89 ± 0.096 ^{bA}
5	5.98 ± 0.002 ^{aC}	3.80 ± 0.166 ^{bAB}	3.70 ± 0.220 ^{bA}
10	5.88 ± 0.007 ^{aB}	4.33 ± 0.114 ^{bAB}	4.01 ± 0.160 ^{bA}

*C: carne bovina crua armazenada sem biomaterial de amido; C+BA_0%GEO: carne bovina crua armazenada com biomaterial de amido sem adição de OEG; C+BA_40%GEO: carne bovina crua armazenada com biomaterial de amido e 40% de OEG (v/w). Os resultados foram expressos como média (n=3) ± desvio padrão. ^{abc,ABC} Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as médias, no teste de Tukey (p < 0,05), entre os tratamentos (com ou sem biomaterial de amido e OEG), enquanto letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as médias, no teste de Tukey (p < 0,05) no mesmo tratamento em diferentes tempos de armazenamento.

Ao longo do período de armazenamento da carne bovina crua não foram observadas diferenças significativas na redução de *L. monocytogenes* em relação à adição de OEG. Diversos óleos essenciais e seus compostos demonstram atividade antimicrobiana contra importantes patógenos de origem alimentar quando testados *in vitro*, porém, em menor extensão quando testados em alimentos (Burt, 2004). A redução da capacidade de inibição de patógenos ao incorporar óleos essenciais sobre uma matriz alimentar pode ser devida aos componentes presentes no alimento (Devlieghere *et al.*, 2004), que podem proteger a bactéria da ação dos compostos bioativos.

No dia zero de armazenamento foi observada redução de $2,01 \pm 0,023 \log_{10}$ CFU.g⁻¹ (0% OEG) e $2,19 \pm 0,086 \log_{10}$ CFU.g⁻¹ (40% OEG) nas contagens de *L. monocytogenes* na carne acondicionada com o biomaterial à base de amido, em comparação com aquela armazenada sem a presença do biomaterial. Esse fato pode estar associado à rápida capacidade de absorção do



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

exsudato pelo biomaterial, uma vez que este é constituído de amido, substância altamente hidrofílica, que facilita a absorção de água e outros líquidos (Costa *et al.*, 2024). No quinto dia de armazenamento também foi observada uma redução de $2.18 \pm 0.166 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ (0% OEG) e $2.28 \pm 0.22 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ (40% OEG) do patógeno na carne armazenada com o biomaterial, comparada com a armazenada sem a presença do biomaterial. No décimo dia houve redução de *L. monocytogenes* em $1.55 \pm 0.114 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ (0% OEG) e $1.87 \pm 0.160 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ (40% OEG) comparada à carne armazenada sem a presença do material absorvente. Essa redução pode ser atribuída ao biopolímero testado, cujas propriedades permitem sua interação com o alimento por meio de mecanismos de absorção de umidade (Fonseca *et al.*, 2021). Esse processo resulta na diminuição da atividade de água do alimento, criando condições menos favoráveis à multiplicação bacteriana.

4. CONCLUSÕES

O biopolímero à base de amido avaliado neste estudo demonstrou ser eficaz na redução de *L. monocytogenes* em carne bovina crua refrigerada, independente da adição do OEG. Os resultados obtidos sugerem que essa redução na contagem do patógeno se deve à capacidade de absorção do exsudato pelo biomaterial.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 312715/2023-4 e 151416/2024-9) e FAPERGS (processo 21/2551-0002247-7).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, Md. W., HAQUE, Md. A., MOHIBULLAH, Md., KHAN, Md. S. I., ISLAM, M. A., MONDAL, Md. H. T., & AHMMED, R. (2022). A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100913. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100913>

BURT, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

- COSTA, D. A. D., SILVA, F. T. D., CRUZ, E. P. D., FONSECA, L. M., JANSEN, E. T., OLIVEIRA, R. M., SOUZA, A. S., ZAVAREZE, E. D. R., & ZAMBIAZI, R. C. (2024). Water-absorbent biodegradable aerogels based on potato, cassava, bean, and maize starches applied in the absorption of chicken exudate. *Starch - Stärke*, 76(11–12), 2300070. <https://doi.org/10.1002/star.202300070>
- DEVLIEGHERE, F., VERMEULEN, A., & DEBEVERE, J. (2004). Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21(6), 703–714. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.02.008>
- FONSECA, L. M., SILVA, F. T. da, BRUNI, G. P., BORGES, C. D., ZAVAREZE, E. da R., & DIAS, A. R. G. (2021). Aerogels based on corn starch as carriers for pinhão coat extract (*Araucaria angustifolia*) rich in phenolic compounds for active packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 169, 362–370. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.110>
- HADIAN, M., RAJAEI, A., MOHSENFAR, A., & TABATABAEI, M. (2017). Encapsulation of *Rosmarinus officinalis* essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antibacterial activity in beef cutlet against *Salmonella typhimurium* during refrigerated storage. *LWT*, 84, 394–401. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.075>
- MARZLAN, A. A., MUHIALDIN, B. J., ZAINAL ABEDIN, N. H., MANSHOOR, N., RANJITH, F. H., ANZIAN, A., & MEOR HUSSIN, A. S. (2022). Incorporating torch ginger (*etlingera elatior* jack) inflorescence essential oil onto starch-based edible film towards sustainable active packaging for chicken meat. *Industrial Crops and Products*, 184, 115058. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115058>
- RUPOLLO, G., VANIER, N. L., ZAVAREZE, E. R., OLIVEIRA, M., PEREIRA, J. M., PARAGINSKI, R. T., DIAS, A. R. G., & ELIAS, M. C. (2011). Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1403–1409. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.055>
- SILVA, F. T. da, CUNHA, K. F. da, FONSECA, L. M., ANTUNES, M. D., HALAL, S. L. M. E., FIORENTINI, Â. M., ZAVAREZE, E. da R., & DIAS, A. R. G. (2018). Action of ginger essential oil (*Zingiber officinale*) encapsulated in proteins ultrafine fibers on the antimicrobial control *in situ*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.0797>
- WANG, X., SHEN, Y., THAKUR, K., HAN, J., ZHANG, J.-G., HU, F., & WEI, Z.-J. (2020). Antibacterial activity and mechanism of ginger essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 25(17), 3955. <https://doi.org/10.3390/molecules25173955>
- YOUNG, E., MIROSA, M., & BREMER, P. (2020). A systematic review of consumer perceptions of smart packaging technologies for food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 63. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00063>
- ZHANG, B., LIU, Y., PENG, H., LIN, Y., & CAI, K. (2023). Effects of ginger essential oil on physicochemical and structural properties of agar-sodium alginate bilayer film and its application to beef refrigeration. *Meat Science*, 198, 109051. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109051>