



ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE CRIOGEL DE AMIDO DE MILHO CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO (*Syzygium aromaticum*) CONTRA *Campylobacter jejuni* APLICADOS COMO ABSORVENTE PARA CARNE DE FRANGO

N. R. Kleinübing¹, E. P. da Cruz², I. S. Kröning³, E. R. Zavareze⁴, G. V. Lopes⁵, W. P. da Silva⁶.

1-Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LabMicro) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA) – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 98109-0049 – e-mail: (natalierk10@hotmail.com)

2- Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia (BioNano) - DCTA– Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 98416-9147 – e-mail: (elder-pdc@hotmail.com)

3 - Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LabMicro) – DCTA – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 98473-6893 – e-mail: (isabelaschneid@gmail.com)

4 - Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia (BioNano) - DCTA– Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 98416-9147 – e-mail: (elessandrad@yahoo.com.br)

5 - Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LabMicro) – DCTA – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 98129-5199 – e-mail: (gracielavlopes@yahoo.com.br)

6 - Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LabMicro) – DCTA – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96160-000 – Pelotas – RS – Brasil - Telefone: (53) 99131-0017– e-mail: (wladimir.padilha2011@gmail.com)

RESUMO – *Campylobacter jejuni* é um dos principais agentes causadores de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA), sendo a carne de frango o alimento mais relacionado com casos de campilobacteriose. A carne de frango, seu exsudato e a embalagem podem representar riscos de transmissão e disseminação desse patógeno para humanos, e embalagens ativas podem minimizar esse perigo. Este estudo avaliou criogel de amido de milho com 30% de óleo essencial de cravo-da-índia (OEC) como absorvente de exsudato em carne de frango. O criogel contendo OEC reduziu as contagens de *C. jejuni* em 1,4 log₁₀ UFC.g⁻¹ na carne e 8,23 log₁₀ UFC.g⁻¹ no exsudato absorvido, quando comparado ao criogel controle (sem OEC). Assim, o criogel com OEC apresenta potencial para aplicação em embalagens ativas, aumentando a segurança dos alimentos e



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

reduzindo a dispersão de patógenos pelo exsudato de produtos cárneos, minimizando a possibilidade de veiculação de campilobacteriose através da carne de frango.

ABSTRACT – *Campylobacter jejuni* is one of the leading causative agents of foodborne diseases, with poultry meat being the main food associated with campylobacteriosis cases. Poultry meat, its exudate, and packaging can pose transmission and dissemination risks for this pathogen, while active packaging may help mitigate these risks. This study evaluated corn starch cryogel containing 30% clove essential oil (CEO) as exudate absorber for poultry meat. CEO-containing cryogel reduced *C. jejuni* counts by 1.4 log₁₀ CFU.g⁻¹ in the meat and 8.23 log₁₀ CFU.g⁻¹ in the absorbed exudate compared to the control cryogel (without CEO). Therefore, CEO-based cryogel show potential for application in active packaging, enhancing food safety, reducing pathogen dispersion through meat exudate, and minimizing the risk of campylobacteriosis transmission via chicken meat.

PALAVRAS-CHAVE: campilobacteriose; embalagem ativa; segurança dos alimentos.

KEYWORDS: active packaging; campylobacteriosis; food safety.

1. INTRODUÇÃO

Campylobacter spp., especialmente *C. jejuni*, são os principais causadores de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) em diversos países (EFSA/ECDC, 2024; CDC, 2019), sendo a doença zoonótica mais reportada na União Europeia (UE) desde 2007 (EFSA/ECDC, 2024). O consumo de carne de frango crua ou mal cozida, e a contaminação cruzada a partir desta, representam as principais fontes de transmissão de *C. jejuni* para humanos (EFSA/ECDC, 2024). McMillan *et al.* (2023) identificaram a presença deste patógeno em exsudato de fígado de frango e observaram a persistência de *C. jejuni* por mais de 6 horas em uma superfície de vidro e por 24 horas em uma esponja de cozinha.

A indústria de alimentos tem demandado por alternativas naturais e sustentáveis para controlar micro-organismos, como a utilização de embalagens ativas e biodegradáveis (Cruz *et al.*, 2023; Cabrera-Villamizar *et al.*, 2025). Criogéis bioativos, com alta capacidade de absorção para a utilização em embalagens ativas, têm potencial para serem utilizados como absorvedores de exsudato em produtos cárneos (Costa *et al.*, 2024), e a adição de substâncias naturais, como extratos



de plantas e óleos essenciais, pode conferir atividade antimicrobiana aos criogéis (Cruz *et al.*, 2023).

O óleo essencial de cravo-da-índia (OEC) é conhecido pela sua atividade antibacteriana contra diversos patógenos, como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (Selles *et al.*, 2020) e *C. jejuni* (Navarro *et al.*, 2015), e sua aplicação em filmes de ácido polilático e amido modificado utilizados como embalagens para camarão, demonstrou atividade antimicrobiana *in vitro* contra *Listeria monocytogenes* e *E. coli*, e *in situ* reduzindo a contagem bacteriana total e prolongando a vida útil do alimento (Mohammadi e Fasihi, 2025).

Desta forma, o objetivo desse estudo foi verificar a atividade anti-*Campylobacter jejuni* de criogel de amido de milho contendo 30% de OEC, utilizado como absorvente de exsudato em carne de frango contaminada experimentalmente com *C. jejuni*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Micro-organismo e preparo do inóculo bacteriano

Um isolado de *C. jejuni* (Cj01), com perfil de multirresistência a antimicrobianos, pertencente à Coleção de Culturas do Laboratório de Microbiologia de Alimentos foi selecionado. A suspensão bacteriana foi preparada em solução salina 0,85% (Synth, Brasil) a partir de uma cultura de 24 h de Cj01 em ágar Columbia (AC, Neogen, EUA) suplementada com 5% de sangue equino lisado e desfibrinado, e incubada a 42 °C em microaerofilia (5% O₂, 10% CO₂ e 85% N₂). A turbidez da suspensão bacteriana foi ajustada em um espectrofotômetro UV/VIS IL-592 (Kasuki, Japão) para 1,0 em densidade óptica de 600 (DO₆₀₀), equivalente a aproximadamente 4 × 10⁸ UFC.mL⁻¹.

2.2 Preparo, contaminação experimental e análise microbiológica das amostras

Como modelo alimentar foi utilizado filé de peito de frango congelado (Seara, Brasil), adquirido no comércio na cidade de Pelotas, RS. A carne de frango foi descongelada sob refrigeração (4 °C) e então dividida em pedaços de 10 g, que foram submetidos à irradiação UV-C por 15 min de cada lado, para reduzir a contaminação superficial. Após, 250 µL do inóculo bacteriano foram depositados em cada lado de uma porção de 10 g de carne de frango. Em seguida, cada amostra contaminada foi colocada sobre criogéis contendo 30% de OEC (CR_30%OEC), como controle, e uma porção contaminada de carne de frango foi colocada sobre um criogel sem OEC (CR_0%CEO). As amostras foram incubadas a 4 °C por 48h.



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

Após o período de incubação, a carne de frango e os criogéis foram imersos separadamente em *Maximum Recovery Diluent* (MRD), na proporção de 1 parte de carne ou criogel para 9 partes de MRD, e homogeneizados em *stomacher* (ITR, Brasil) por 1 min. Em seguida, foram feitas diluições decimais seriadas, e 100 μL foram semeados em meio mCCDA com suplemento seletivo mCCDA NCM4019 (Neogen, EUA). As placas foram incubadas a 42 °C por 48 h em condições de microaerofilia. Além disso, amostras da carne de frango e dos criogéis foram testadas previamente para garantir a ausência de contaminação por *Campylobacter* spp. Após esse período, as colônias típicas foram contadas e os resultados expressos em UFC.g⁻¹.

2.3 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e submetidas a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Bonferroni, com nível de significância de 5%, utilizando o GraphPad Prism 10.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contaminação da carne de frango por *C. jejuni*, e conseqüentemente de seu exsudato, tem um papel relevante na ocorrência de campilobacteriose humana, associada à contaminação cruzada destes para outros alimentos (Chen *et al.*, 2016; McMillan *et al.*, 2023). O criogel com OEC diminuiu significativamente as contagens de *C. jejuni* provenientes do exsudato e da carne de frango, quando comparado com o criogel controle (sem a adição de OEC). Na carne estocada sobre os criogéis com 30% de OEC, observou-se uma redução nas contagens de *C. jejuni* de 1,4 log₁₀ UFC.g⁻¹ quando comparada a carne acondicionada sobre os criogéis sem OEC. Em relação ao exsudato absorvido pelos criogéis, nenhuma contaminação foi detectada nos criogéis contendo 30% de OEC, enquanto nos criogéis sem OEC a contagem de *C. jejuni* foi de 8,23 ± 0,12 log₁₀ UFC.g⁻¹, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Contagens de *Campylobacter jejuni* em amostras de carne de frango e em criogéis após 48 horas de estocagem a 4 °C.

Amostras	Contagens de <i>C. jejuni</i> (log ₁₀ UFC.g ⁻¹)	
	CR_0%CEO	CR_30%CEO
Carne de frango	8,11 ^a ± 0.05	6,71 ^b ± 0.10
Criogel	8,23 ^a ± 0.12	0 ^b ± 0

Os resultados estão expressos como a média ± desvio padrão de três repetições. a, b: letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística (p<0,05) no teste de Bonferroni.



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

Este é o primeiro relato sobre a atividade antibacteriana de um criogel de amido de milho incorporado com OEC, utilizado como absorvente de exsudato para carne de frango. A atividade de criogéis de amido de milho incorporados com substâncias naturais já foi avaliada em alguns estudos. Em estudo realizado por Cruz *et al.* (2023), criogéis de amido de milho incorporados com extrato de casca de cebola roxa demonstraram atividade antimicrobiana *in vitro* contra *Salmonella* Typhimurium e *L. monocytogenes*, no entanto, essa atividade antimicrobiana não foi avaliada em um modelo alimentar. Lin *et al.* (2018) avaliaram a atividade antimicrobiana de nanofibras de gelatina incorporadas com nanopartículas de ϵ -polilisina contendo óleo essencial de tomilho em carne de frango contaminada experimentalmente com *C. jejuni*, e observaram uma diminuição nas contagens de *C. jejuni* de aproximadamente $2 \log_{10}$ UFC.g⁻¹ após 48 h de estocagem a 4 °C. De acordo com a EFSA, uma redução de $1 \log_{10}$ UFC.g⁻¹ nas contagens de *C. jejuni* em carcaças de frango pode levar a uma redução do risco à saúde pública entre 50% a 90% (EFSA, 2011). Sugere-se, ainda, que intervenções em nível de consumidor, que promovam a redução na contaminação cruzada na cozinha e melhorem o armazenamento da carne de frango, como as abordadas nesse estudo, podem reduzir os casos de campilobacteriose em uma população (Gonzalez *et al.*, 2025).

4. CONCLUSÕES

O criogel contendo 30% de OEC demonstrou potencial para a utilização como absorvente para carne de frango, pois promoveu uma redução significativa na contagem de *C. jejuni* nesta matriz alimentar, além de ser uma alternativa ecologicamente sustentável. Além disso, a capacidade de absorção, aliada à atividade antimicrobiana do criogel incorporado com OEC, pode impedir a disseminação de *C. jejuni* a partir da carne de frango, de seu exsudato e da embalagem, promovendo a segurança dos alimentos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Número do processo: 151416/2024-9).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



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

CABRERA-VILLAMIZAR, L., PEREIRA, J. F., CASTANEDO, M., LÓPEZ-RUBIO, A., FABRA, M. J. Hemp cellulose-based aerogels and cryogels: From waste biomass to sustainable absorbent pads for food preservation. **Carbohydrate Polymers**, v. 348, p. 122887, 2025.

CHEN, F. C., GODWIN, S., GREEN, A., CHOWDHURY, S., STONE, R. Prevalence of *Salmonella*, *Campylobacter*, and Shiga Toxin-producing *Escherichia coli* on the surfaces of raw poultry packages. **Journal of Food Protection**. v. 81, p. 1707–1712, 2018.

COSTA, D. A., SILVA, F. T., CRUZ, E. P., FONSECA, L. M. JANSEN, E. T., OLIVEIRA, R. M., SOUZA, A. S., ZAVAREZE, E. R.; ZAMBIAZI, R. C. Water-Absorbent Biodegradable Aerogels Based on Potato, Cassava, Bean, and Maize Starches Applied in the Absorption of Chicken Exudate. **Starch - Stärke**, v. 76, n. 11–12, p. 2300070, 2024.

EFSA, EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ): Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: Control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain. **EFSA Journal**. v. 9, n. 4, p. 141, 2011.

EFSA/ECDC, EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY; EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL. The European Union one health 2023 zoonoses report. **EFSA Journal**. v. 22, n. 12, 2024.

GONZALES, B. L., HO-PALMA, A. C., ANDRADE, D. A., ANTAY, C., VALDIVIA-CARRERA, C. A., CROTTA, M., LIMON, G., GONZALEZ, A., GUITIAN, J., GONZALES-GUSTAVSON, El. *Campylobacter* spp. in chicken meat from traditional markets in Peru and its impact measured through a quantitative microbiological risk assessment. **Food Research International**, v. 200, p. 115424, 2025.

LIN, L., ZHU, Y., CUI, H. Electrospun thyme essential oil/gelatin nanofibers for active packaging against *Campylobacter jejuni* in chicken. **LWT**, v. 97, p. 711–718, 2018.

MCMILLAN, E. A., BERRANG, M. E., ADAMS, E. S., MEINERSMANN, R. J. Exudate From Retail Chicken Liver Packaging Allows for Survival of Naturally Occurring *Campylobacter*, Coliforms, and Aerobic Microorganisms Under Drying Conditions. **Journal of Food Protection**, v. 86, n. 8, p. 100123, 2023.

MOHAMMADI, M., FASIHI, M. Eco-friendly polylactic acid/modified thermoplastic starch films enhanced with clove essential oil and cochineal for dual-functional active and intelligent food packaging. **Carbohydrate Polymers**, v. 354, p. 123320, abr. 2025.

NAVARRO, M., STANLEY, R., CUSACK, A., SULTANBAWA, Y. Combinations of plant-derived compounds against *Campylobacter in vitro*. *Journal of Applied Poultry Research*. v. 24, p. 352–363, 2015.

SELLES, S. M. A., KOUIDRI, M., BELHAMITI, B. T., AIT AMRANE, A. Chemical composition, in-vitro antibacterial and antioxidant activities of *Syzygium aromaticum* essential oil. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, n. 4, p. 2352–2358, 2020.