IX SINMCA
IX Simpósio do Noroeste Mineiro de Ciências Agrárias e
VIII Semana Acadêmica
25 a 27 de novembro de 2025

RADIAÇÃO IONIZANTE EM PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL: Uma abordagem sistemática

Eduardo C. G. Couto [1,*], Marília C. Sola [2]

[1] *Graduando em Medicina Veterinária – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Unaí, MG)*
[2] *Professora adjunta – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Unaí, MG)*

***E-mail do autor principal:** eduardo.ceser@ufvjm.edu.br

RESUMO EXPANDIDO

INTRODUÇÃO

A conservação de alimentos é uma necessidade humana desde a Pré-história, com métodos que evoluíram da defumação a tecnologias modernas, com o intuito de conter a deterioração por agentes físicos, químicos e biológicos (Vasconcelos; Filho, 2010; Amit et al., 2017). Entre os métodos atuais, a radiação ionizante destaca-se como uma ferramenta eficiente, utilizando energia (raios gama, raios X ou feixes de elétrons) para destruir microrganismos e inativar enzimas que causam a degradação dos alimentos (Okuno, 2013). Aplicada a produtos de origem animal, a técnica prolonga a vida-de-prateleira e preserva a qualidade sensorial e nutricional (Indiarto; Irawan; Subroto, 2023). Contudo, o uso de doses inadequadas pode gerar alterações indesejáveis, sendo essencial otimizar os protocolos para cada tipo de produto (Qadr; Salih, 2024). O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura sobre os efeitos da radiação ionizante em produtos de origem animal.

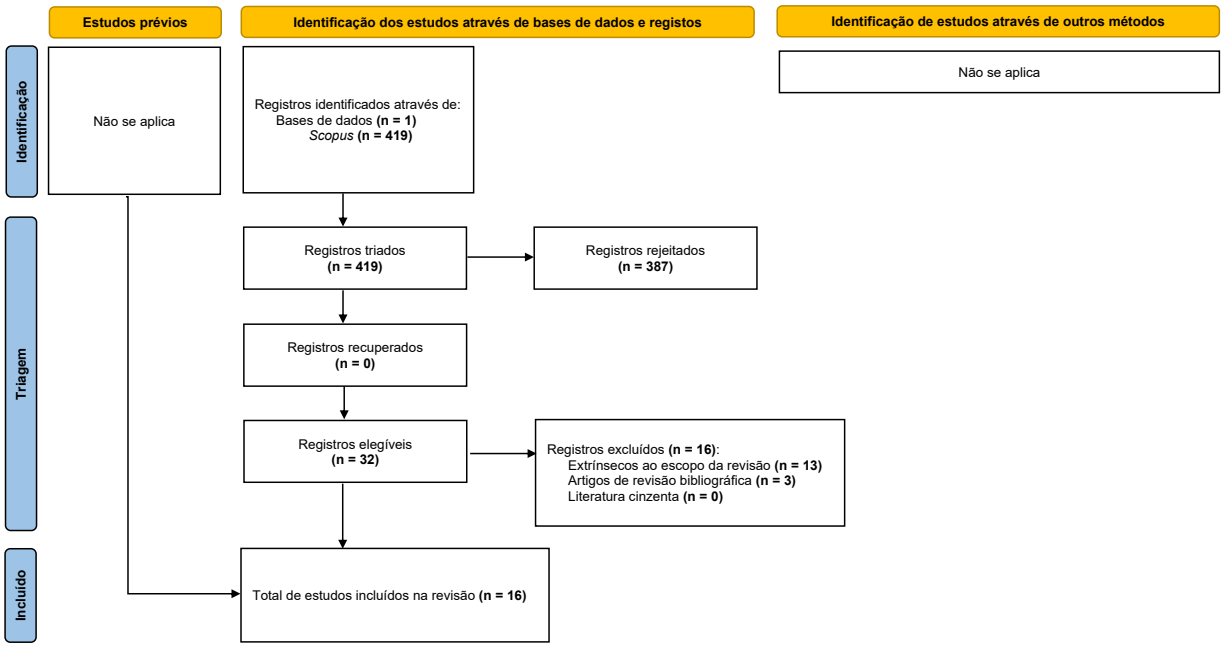
MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi delineado como uma revisão sistemática da literatura, seguindo rigorosamente as diretrizes do PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). A base de dados eletrônica *Scopus*® (https://www.scopus.com/) foi a fonte bibliográfica escolhida para o levantamento dos artigos. A estratégia de busca foi construída por meio da combinação de palavras-chave relacionadas ao tema, articuladas com o uso dos operadores booleanos *AND* e *OR*, de forma a encontrar trabalhos pertinentes ao escopo revisional.

O termo final de busca foi: *TITLE-ABS-KEY (("ionizing radiation" OR "food irradiation" OR "gamma radiation") AND ("meat" OR "beef" OR "pork" OR "chicken" OR "fish" OR "seafood" OR "milk" OR "dairy" OR "eggs" OR "honey") AND ("shelf life" OR "preservation" OR "storage stability" OR "spoilage" OR "conservation"))*.

A busca resultou em 419 artigos, os quais seguiram às fases de triagem e elegibilidade. Para garantir a atualidade das evidências, apenas as publicações dos últimos dez anos (2016 a 2025) foram inclusas (n=113), excluindo-se 306 (75,93%) trabalhos obsoletos nessa perspectiva. Ademais, artigos sem acesso aberto (n=54; 13,40%) foram descartados, pois a ausência do conteúdo integral inviabilizaria a extração dos dados. Os artigos de revisão bibliográfica (n=23; 5,71%) também foram removidos para dar enfoque a resultados originais. Estudos extrínsecos ao escopo revisional (n=13; 3,22%), isto é, que não abordavam diretamente a aplicação da radiação ionizante em produtos de origem animal, foram igualmente eliminados, pois eram irrelevantes ao objetivo deste estudo. Por fim, aqueles trabalhos em idioma diferente do português ou inglês (n=7; 1,74%) foram excluídos a fim de evitar barreiras linguísticas que comprometessem a análise. Ao final do processo, 16 estudos atenderam a todos os critérios e foram incluídos nesta revisão sistemática. O fluxograma detalhado das etapas de busca, triagem e elegibilidade, preconizado pelas diretrizes do PRISMA 2020, está apresentado na forma de Figura 1.

Figura 1. Fluxograma adaptado do processo de busca/seleção dos artigos segundo o PRISMA 2020.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

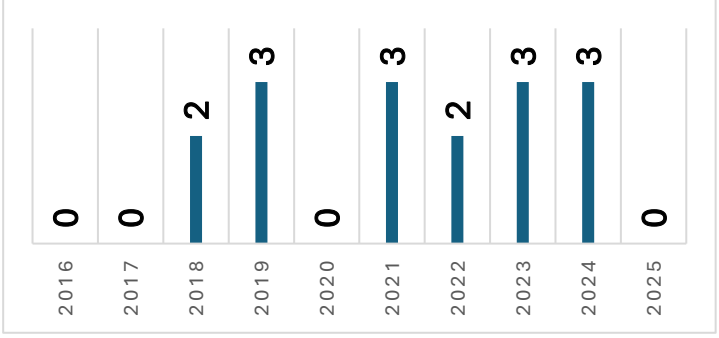
Os 16 artigos selecionados foram publicados entre 2018 e 2024, com uma concentração de estudos nos anos de 2019, 2021, 2023 e 2024 (Figura 2). A maioria dos trabalhos focou na aplicação da irradiação em carne (56,25%), seguida por pescado (25%) e leite e derivados (18,75%) (Tabela 1).

Faz-se importante mencionar que não foram encontrados estudos sobre ovos e mel que atendessem aos critérios de inclusão, indicando uma lacuna na literatura.

Tabela 1. Número de estudos incluídos por tipo de produto de origem animal.

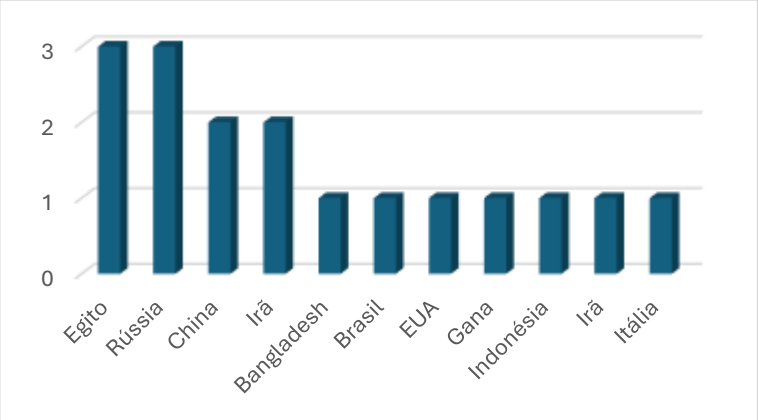
Produto	N.º de trabalhos	(%)
Carne	9	56,25
Leite e derivados	3	18,75
Pescado dulcícola/marinho	4	25,00
Ovos	—	0,00
Mel	—	0,00
Total	**16**	**100,00**

Figura 2. Distribuição por ano dos estudos selecionados, de 2016 a 2025.



Do ponto de vista geográfico, a distribuição dos estudos acompanha o engajamento de grupos de pesquisa especializados e a viabilidade orçamentária para a condução dos experimentos. Esses fatores são frequentemente condicionados aos investimentos de agências de fomento, conforme ilustrado na Figura 3

Figura 3. Distribuição dos artigos selecionados por país.



Depois da leitura metódica daqueles trabalhos selecionados, listam-se a seguir os principais achados quanto à eficácia microbiológica; alterações físico-químicas e nutricionais; e impactos sensoriais e organolépticos.

— Eficácia microbiológica: A radiação ionizante demonstrou alta eficácia na redução da carga microbiana. Em carne de camelo, uma dose de 5 kGy de feixe de elétrons eliminou completamente *Escherichia coli* O157:H7 e reduziu drasticamente *Salmonella enterica* (Amiri et al., 2019). Em peitos de frango, a combinação de irradiação gama (3 kGy) com o aditivo Salmide® estendeu a vida útil em 16 dias (Abdelkader et al., 2024). Para pescado, doses de até 5 kGy inativaram 100% de patógenos como *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* Typhimurium (Mohamed et al., 2023). Em conservas de peixe, a radiação gama (6 kGy) foi capaz de inibir quase que completamente os microrganismos presentes (Sanzharova et al., 2021).

— Alterações físico-químicas e nutricionais: Os efeitos da irradiação sobre os nutrientes variaram com a dose e o tipo de alimento. Em carne bovina, doses de até 10 kGy causaram perdas mínimas de aminoácidos (0,6% dos essenciais) (Timakova; Iliukhina, 2022). Em contrapartida, Watkins et al. (2023) perceberam, no leite em pó infantil, que doses elevadas (acima de 10 kGy) reduziram significativamente os teores de vitaminas A e C, embora as vitaminas do complexo B, aminoácidos e ácidos graxos tenham permanecido estáveis. Já Hassanpour et al. (2019), por outro lado, demonstraram que a radiação gama de baixa intensidade reduziu em até 99% a aflatoxina M1 em leite pasteurizado, sem afetar suas propriedades químicas e sensoriais.

— Impactos sensoriais e organolépticos: As características sensoriais também foram influenciadas pela radiação. Akuamoah, Odamtten e Kortei (2018) observaram que doses de 4 a 10 kGy alteraram os parâmetros de cor de camarões secos defumados, o que pode impactar na aceitação pelo consumidor. Em carne de cabra, a irradiação levou à formação de sabores indesejados (*off-flavors*), associados a aminoácidos sulfurados; no entanto, esses sabores tenderam a se dissipar durante o armazenamento (Jia et al., 2021). Em queijos maturados, a irradiação com raios X alterou o perfil de compostos voláteis, modificando o aroma e o sabor (flavor) (Palermo et al., 2024). Já em produtos cárneos suínos, uma dose de 8 kGy triplicou a vida útil (de 10 para 30 dias) sem comprometer as características organolépticas (Timakova et al., 2018).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a radiação ionizante é uma tecnologia segura e eficiente para a conservação de produtos de origem animal, capaz de prolongar a vida útil e inativar patógenos relevantes como *E. coli* e *Salmonella* spp., contribuindo

para a segurança alimentar. O sucesso da técnica é dose-dependente: doses otimizadas preservam a qualidade nutricional e organoléptica, enquanto doses excessivas podem gerar perdas de nutrientes e *off-flavors*. Apesar do grande potencial industrial, identificaram-se lacunas importantes no conhecimento, como a ausência de estudos recentes sobre ovos e mel, e a necessidade de mais pesquisas sobre impactos a longo prazo. Por fim, nota-se que a viabilidade da irradiação depende da otimização rigorosa dos protocolos de forma específica à cada matriz alimentar.

AGRADECIMENTOS



REFERÊNCIAS

1. ABDELKADER, R. M. M.; ABOLMAATY, A.; AMIN, D. H. Synergistic effects of gamma irradiation/salmide®, a sodium chlorite-based oxy-halogen, on microbiological control and the shelf life of chicken breasts. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 40, n. 12, 2024.

2. AKUAMOAH, F.; ODAMTTEN, G. T.; KORTEI, N. K. Influence of gamma irradiation on the colour parameters of dry smoked shrimps (Penaeus notialis). **Food Research**, v. 2, n. 4, p. 350–355, 2018.

3. AMIRI, A.; ZANDI, H.; KHOSRAVI, H. M. Effect of electron beam irradiation on survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovar Thyphimurium in minced camel meat during refrigerated storage. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v. 6, n. 4, p. 174–178, 2019.

4. AMIT, S. K. *et al*. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. **Agriculture & Food Security**, v. 6, e51, 2017.

5. HASSANPOUR, M.; REZAIE, M. R.; BAGHIZADEH, A. Practical analysis of aflatoxin M1 reduction in pasteurized Milk using low dose gamma irradiation. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 17, n. 2, p. 863–872, 2019.

6. INDIARTO, R.; IRAWAN, A. N.; SUBROTO, E. Meat Irradiation: A Comprehensive Review of Its Impact on Food Quality and Safety. **Foods**, v. 12, n. 9, e1845, 2023.

7. JIA, W. *et al*. Unraveling proteome changes of irradiated goat meat and its relationship to off-flavor analyzed by high-throughput proteomics analysis. **Food Chemistry**, v. 337, e127806, 2021.

8. MOHAMED, E. F. E. *et al*. Irradiation as a Promising Technology to Improve Bacteriological and Physicochemical Quality of Fish. **Microorganisms**, v. 11, n. 5, e1105, 2023.

9. OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013.

10. PALERMO, C. *et al*. Headspace Solid-Phase Microextraction/Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Chemometric Approach for the Study of Volatile Profile in X-ray Irradiated Surface-Ripened Cheeses. **Foods**, v. 13, n. 3, e416, 2024.

11. QADR, H. M.; SALIH, N. F. A review of the irradiation effect on the quality and safety of different types of meat. **Theory and Practice of Meat Processing**, v. 9, n. 4, p. 314–322, 2024.

12. SANZHAROVA, N. I.; KOBYALKO, V. O.; POLYAKOVA, I. V. Comparison of the effectiveness of antimicrobial radiation treatment of fish preserves on different installations. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 640, n. 3, e032001, 2021.

13. TIMAKOVA, R. T. *et al*. Effect of various doses of ionizing radiation on the safety of meat semi-finished products. **Foods and Raw Materials**, v. 6, n. 1, p. 120–127, 2018.

14. TIMAKOVA, R. T.; ILIUKHINA, I. V. Study of the amino acid composition of beef proteins using ionizing radiation treatment te chnology. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1052, n. 1, e012138, 2022.

15. VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva; FILHO, Artur Bibiano de Melo. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. Disponível em: https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prod_alim/tec_alim/181012_con_alim.pdf.

16. WATKINS, P. *et al*. Infant Milk Powder After γ-Irradiation and Accelerated Storage as an Indicator for Space Food Stability. **Advances in Astronautics Science and Technology**, v. 6, n. 2/4, p. 117–132, 2023.