

FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA LTDA
FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA – FACENE

DANIELA FERNANDES DE FIGUEIREDO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA CONSERVAÇÃO DA *SOLANUM
TUBEROSUM L.***

JOÃO PESSOA

2025

DANIELA FERNANDES DE FIGUEIREDO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA CONSERVAÇÃO DA *SOLANUM
TUBEROSUM L.***

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, como exigência para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus.

JOÃO PESSOA

2025

F489e

Figueiredo, Daniela Fernandes de

Efeitos da radiação ionizante na conservação da *solanum tuberosum* L. / Daniela Fernandes de Figueiredo. – João Pessoa, 2025.

17f.; il.

Orientador: Prof.º D.º Kennedy Nascimento de Jesus.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Radiologia)
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Irradiação de Alimentos. 2. Cobalto-60. 3. Batata Inglesa.
4. Conservação Pós-colheita. I. Título.

CDU: 615.849:613.2

DANIELA FERNANDES DE FIGUEIREDO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA CONSERVAÇÃO DA *SOLANUM
TUBEROSUM L.***

Trabalho de conclusão de curso apresentado pela aluna Daniela Fernandes de Figueiredo, do curso de Tecnologia em Radiologia da Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, tendo obtido o conceito de _____, conforme a apreciação da banca examinadora constituída pelos professores:

Aprovado em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

Prof. ^a Dra. Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA CONSERVAÇÃO DA *SOLANUM TUBEROSUM* L.

RESUMO

O tratamento de alimentos com Cobalto-60 oferece uma oportunidade significativa para aprimorar o processo de produção agrícola (pós-colheita), buscando otimizar a produção de maneira mais eficiente e ambientalmente responsável. A utilização dessa técnica no armazenamento das batatas inglesas tem o potencial de prolongar sua durabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para minimizar o desperdício, um desafio crescente na cadeia alimentar global. O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficácia do tratamento por radiação como método de controle de pragas e doenças nas batatas durante o armazenamento (pós-colheita), determinando a dose ideal de radiação que maximizasse a preservação da qualidade do produto, inibisse o brotamento e prolongasse sua vida útil. O material utilizado foram batatas inglesas (*Solanum tuberosum*), que foram submetidas a diferentes doses de radiação, sendo elas: controle (zero), 0,15 kGy (15 minutos de exposição), 1,0 kGy (73 minutos de exposição) e 2,0 kGy (146 minutos de exposição), com cinco repetições por tratamento (doses). O método envolveu a aplicação da radiação em batatas embaladas e a avaliação dos aspectos como integridade física, presença de brotos e sinais de deterioração. A dose de 2,0 kGy apresentou os melhores resultados em termos de conservação, mantendo as batatas em boas condições sem sinais de deterioração. No entanto, a dose de 1,0 kGy demonstrou ser a mais eficaz do ponto de vista custo-benefício, por demandar menor tempo de exposição, representar menor custo operacional e ainda assim proporcionar uma extensão significativa da vida útil da batata inglesa durante o armazenamento em temperatura ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Irradiação de alimentos; Cobalto-60; Batata inglesa; Conservação pós-colheita.

EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON THE PRESERVATION OF SOLANUM TUBEROSUM L.

ABSTRACT

The treatment of food with Cobalt-60 offers a significant opportunity to improve the agricultural production process (post-harvest), aiming to optimize production in a more efficient and environmentally responsible manner. The use of this technique in the storage of English potatoes has the potential to extend their shelf life while contributing to the reduction of food waste, a growing challenge in the global food supply chain. The objective of this research was to evaluate the effectiveness of radiation treatment as a method for controlling pests and diseases in potatoes during post-harvest storage, determining the ideal radiation dose to maximize product quality preservation, inhibit sprouting, and extend shelf life. The material used was English potatoes (*Solanum tuberosum*), which were subjected to different radiation doses: control (zero), 0.15 kGy (15 minutes of exposure), 1.0 kGy (73 minutes), and 2.0 kGy (146 minutes), with five repetitions per treatment. The method involved applying radiation to packaged potatoes and evaluating aspects such as physical integrity, presence of sprouts, and signs of deterioration. The 2.0 kGy dose showed the best results in terms of preservation, maintaining the potatoes in good condition without visible deterioration. However, the 1.0 kGy dose proved to be the most cost-effective, requiring less exposure time, representing lower operational costs, and still providing a significant extension of the shelf life of English potatoes stored at room temperature.

KEYWORDS: Food irradiation; Cobalt-60; English potato; Post-harvest preservation.

INTRODUÇÃO

A irradiação de alimentos é uma técnica que utiliza radiação ionizante controlada para preservar e desinfetar alimentos, eliminando insetos e reduzindo microrganismos responsáveis pela deterioração. Segundo o Codex General Standard for Irradiated Foods (CAC, 2003), as radiações ionizantes autorizadas para o processamento de alimentos são limitadas a fótons de alta energia. Fontes como cobalto-60, cézio-137, raios X e elétrons acelerados são comumente empregadas nesse processo. Uma das principais vantagens dessa tecnologia é que ela não deixa resíduos nos alimentos, não os torna radioativos e não libera material radioativo no meio ambiente, sendo todo o procedimento rigorosamente monitorado para garantir a qualidade e as propriedades nutricionais dos produtos ^{1, 2}.

A potencial aplicação da radiação ionizante no processamento de alimentos baseia-se principalmente no fato de que as radiações ionizantes danificam o DNA de forma muito eficaz, inativando células vivas e impedindo a reprodução de microrganismos, gametas de insetos e meristemas de plantas, resultando em diversos efeitos conservantes, de acordo com a dose de radiação absorvida. Ao mesmo tempo, outras alterações químicas induzidas pela radiação nos alimentos são mínimas ¹.

Além disso, a irradiação pode ser aplicada após o alimento estar embalado, o que reduz significativamente o risco de contaminação durante o transporte e o armazenamento. A dose de radiação utilizada é baixa, insuficiente para causar reações atômicas, o que reforça a segurança do processo ².

A irradiação não apenas prolonga a vida útil dos alimentos, mas também contribui para a segurança alimentar e a redução de desperdícios ³. Nos últimos anos, a intervenção tecnológica no setor agroalimentar tem sido uma resposta às demandas sociais e econômicas, buscando ampliar a produção de alimentos de qualidade e garantir o acesso da população a recursos essenciais ⁴.

Nesse contexto, a segurança alimentar emerge como um aspecto central das políticas públicas, dada sua relação direta com a saúde coletiva. A tecnologia de irradiação apresenta-se como uma alternativa promissora para o controle de pragas e agentes patogênicos, favorecendo a conservação, a qualidade e a disponibilidade dos alimentos no mercado ⁵.

No Brasil, a adoção crescente dessa técnica pode promover o acesso da população a alimentos mais seguros e saudáveis, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 ⁶, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU). (AAGENDA 5) Destacam-se, nesse cenário, os ODS 1 (Erradicação da pobreza), 2 (Fome zero

e agricultura sustentável), 8 (Trabalho decente e crescimento econômico) e 12 (Consumo e produção responsáveis).

Ao integrar inovação tecnológica às práticas produtivas, a irradiação representa um avanço significativo para a sustentabilidade, a segurança alimentar e a saúde pública no país⁵. Especificamente no caso das batatas inglesas, a irradiação se mostra uma solução eficaz para evitar a deterioração precoce e controlar o brotamento, que compromete sua qualidade e conservação. Estudos recentes indicam que a irradiação gama (γ) tem sido usada com sucesso para suprimir o crescimento de brotos, representando uma alternativa viável ao uso de supressores químicos⁷. A eficácia do tratamento está diretamente relacionada à dose aplicada, doses mais altas têm mostrado melhor desempenho na inibição da brotação⁸.

No entanto, ainda persiste entre os consumidores a dúvida quanto à segurança da técnica, especialmente sobre a possibilidade de os alimentos se tornarem radioativos. Por isso, é fundamental informar e conscientizar a população sobre os princípios da irradiação, seus benefícios e sua segurança comprovada cientificamente, a fim de reduzir a resistência ao consumo desses alimentos⁷.

O estudo teve como objetivo auxiliar no combate ao desperdício alimentar, melhorar a vida útil dos alimentos na prateleira, e estabelecer a dose ideal de irradiação para a preservação das batatas inglesas, visando garantir qualidade e segurança alimentar.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na Faculdade de Enfermagem Nova Esperança (FACENE), localizada em João Pessoa, Paraíba, em colaboração com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Metrologia de Radiações Ionizantes, vinculado ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da UFPE, situado em Recife, Pernambuco.

A pesquisa foi realizada entre os meses de abril e maio de 2025 e contemplou as etapas de coleta, preparação, irradiação e análise qualitativa das amostras de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.). As batatas utilizadas no experimento foram adquiridas no Mercado Central da cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba (Figura 1).



FIGURA 1 - Batatas selecionadas com base na qualidade visual e no tamanho uniforme, antes do processo de irradiação.

Fonte: A autora.

Tipo de Estudo Utilizado

A pesquisa experimental foi conduzida com o objetivo de investigar os efeitos da irradiação gama sobre batatas inglesas, buscando compreender como essa técnica influencia na conservação e prolongamento da vida útil dos tubérculos durante o armazenamento. Foram aplicadas diferentes doses de radiação gama, provenientes do isótopo cobalto-60, para analisar alterações relacionadas à inibição da brotação, bem como às características físicas e microbiológicas dos tubérculos ao longo do tempo.

As batatas foram analisadas qualitativamente divididas em quatro grupos experimentais, acondicionadas em bandejas de 400 gramas cada, de acordo com a dose de radiação ionizante aplicada: grupo controle (sem irradiação), 0,15 kGy (15 minutos de exposição), 1,0 kGy (73 minutos de exposição) e 2,0 kGy (146 minutos de exposição). Cada tratamento foi realizado com cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Após o processo de irradiação, os tubérculos foram acondicionados, por tratamento, em bandejas de isopor e revestidos com filme plástico, de forma a simular as condições típicas de comercialização encontradas em supermercados. As amostras foram armazenadas em ambiente não controlado (condições ambientais) e submetidas a avaliações qualitativas ao longo de 28 dias. Os parâmetros observados incluíram o surgimento de brotos, presença visível de fungos e/ou bactérias, alterações na coloração e aspecto visual geral dos tubérculos. As análises foram realizadas em intervalos semanais, nos dias 7, 14, 21 e 28 após o armazenamento.

Equipamento Utilizado

A irradiação das amostras de batata inglesa foi realizada no Laboratório GAMALAB, vinculado ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Para a execução do procedimento, foram utilizados dois equipamentos distintos, ambos operando com radiação gama proveniente do radioisótopo Cobalto-60 (^{60}Co).

O primeiro equipamento utilizado foi o Gammacell 220 Excel, modelo GC220#/065, um irradiador autoblindado amplamente empregado em pesquisas científicas e aplicações industriais. Este sistema é reconhecido por sua capacidade de realizar a irradiação de forma segura, precisa e controlada. A taxa de dose do Gammacell 220 no momento da pesquisa era de 0,813 kGy/h, sendo esse o valor utilizado para o cálculo do tempo necessário à exposição das amostras (Figura 2).

O segundo equipamento foi o Irradiador Co-60 modelo RL50, fabricado em 1921, também baseado em radiação gama. A taxa de dose registrada nesse equipamento durante o experimento foi de 0,617 Gy/h (Figura 2).

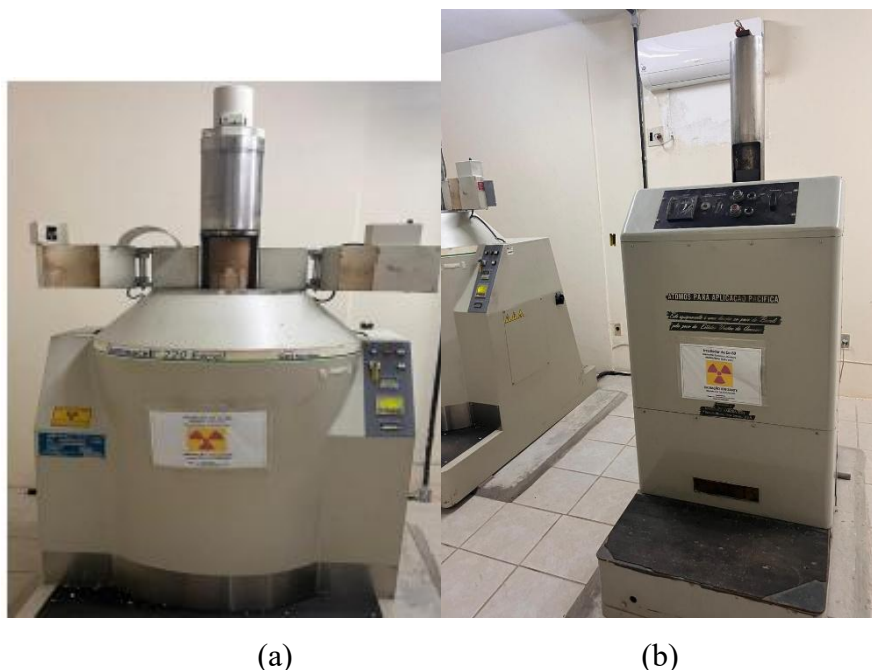


FIGURA 2 - Irradiadores de Co-60, Gammacell 220 Excel (a) e RL50 de 1921 (b).

Fonte: A autora.

O tempo de exposição necessário foi calculado com base na taxa de dose fornecida pelo equipamento de 0,617 Gy/h. A fórmula utilizada está apresentada Equação 1 abaixo:

$$\text{Tempo (h)} = \frac{\text{Dose (Gy)}}{\text{Taxa de dose (Gy/h)}} \quad (1)$$

Para garantir a entrega da dose mínima prevista de 0,15 kGy, foi adotado um tempo de exposição de aproximadamente 15 minutos.

Já para as doses mais elevadas, de 1,0 kGy e 2,0 kGy, foi empregada uma equação derivada a partir da calibração específica do irradiador, conforme apresentado na Equação 2:

$$\text{Dose (Gy)} = 0,2258 \cdot T(s) + 1,0198 \quad (2)$$

Em que Dose (Gy) representa a dose absorvida (1 kGy = 1000 Gy) e o T(s) é o tempo de exposição em segundos. Para 1,0 kGy (1000 Gy) Equação 3:

$$T = \frac{1000 - 1,0198}{0,2258} \approx 4426,2 \text{ s} \Rightarrow \frac{4426,2}{60} \approx 73,8 \text{ minutos} \quad (3)$$

Para 2,0 kGy (2000 Gy):

$$T = \frac{2000 - 1,0198}{0,2258} \approx 8850,1 \text{ s} \Rightarrow \frac{8850,1}{60} \approx 147,5 \text{ minutos} \quad (3)$$

Os tempos foram adotados como referência durante a realização do experimento, assegurando a entrega precisa e padronizada das doses de radiação às amostras de *Solanum tuberosum* L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tempos de exposição correspondentes às doses aplicadas de 0,617 Gy/h e 0,813 kGy/h estão apresentados na **Tabela 1**.

Dose Absorvida (kGy)	Tempo (minutos)
0,00015	15,0
1,00	73,8
2,00	147,5

TABELA 1 - Doses estabelecidas de radiação com Cobalto-60 e tempos de exposição correspondentes aos tratamentos.

Fonte: A autora.

A avaliação dos efeitos da radiação gama em batatas inglesas revelou variações significativas no comportamento dos tubérculos ao longo de 28 dias de armazenamento em condições ambiente. As amostras foram divididas em quatro grupos experimentais: controle (sem irradiação), 0,15 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy, o que permitiu observar os impactos diretos das diferentes doses sobre a brotação, o surgimento de fungos e/ou bactérias, e a integridade visual dos tubérculos. No grupo controle, a brotação teve início já no 7º dia. A partir do 14º dia, foi possível identificar a presença de fungos e sinais de contaminação bacteriana (Figura 3). No 21º dia, os tubérculos apresentavam apodrecimento avançado, com brotação acentuada, odor desagradável e aspecto visual comprometido, sendo considerados impróprios para o consumo.



FIGURA 3 - Análise qualitativa das batatas não irradiadas (tratamento controle): presença de brotações (A, B e C), fungos e bactérias (B e C).

Fonte: A autora.

As batatas irradiadas com 0,15 kGy (figura 4) mantiveram aparência adequada até o 7º dia. Contudo, sinais de brotação e presença de microrganismos tornaram-se evidentes a partir

do 14º dia, e intensificaram-se nos dias seguintes. Ao final do período de análise (28 dias), esses tubérculos estavam visivelmente deteriorados, com comprometimento microbiológico e perda da qualidade visual.



FIGURA 4 - Batatas irradiadas com doses de 0,15 kGy, aos 7, 14, 21 e 28 dias, figuras A, B, C e D, respectivamente.

Fonte: A autora

No grupo tratado com 1,0 kGy (figura 5), as batatas mantiveram qualidade satisfatória até o 14º dia. Brotos começaram a surgir no 21º dia, e, mesmo após 28 dias, ainda apresentavam apenas brotação, sem sinais significativos de fungos ou bactérias.



FIGURA 5 - Batatas irradiadas com doses de 1,0 kGy, aos 7, 14, 21 e 28 dias, figuras A, B, C e D, respectivamente.

Fonte: A autora.

Por fim, as batatas submetidas à dose de 2,0 kGy (figura 6) apresentaram os melhores resultados. Permaneceram em boas condições para consumo até o 21º dia, sem sinais de deterioração. Apenas no 28º dia foi observada a presença de pequenos brotos, ainda sem comprometimento microbiológico evidente.



FIGURA 6 - Batatas irradiadas com doses de 2,0 kGy, aos 7, 14, 21 e 28 dias, figuras A, B, C e D, respectivamente.

Fonte: A autora.

Os resultados obtidos neste experimento reforçam a eficácia da radiação gama como método de conservação pós-colheita para batatas, especialmente no que diz respeito à inibição da brotação e ao controle microbiológico durante o armazenamento em condições ambiente.

As amostras irradiadas com doses de 2,0 kGy e 1,0 kGy apresentaram desempenho superior em comparação às amostras 0,15 kGy e controle, demonstrando menor taxa de brotação e maior resistência à ação de fungos e bactérias ao longo dos 28 dias de observação.

Os estudos encontrados por Pires et al.⁹ e Soares et al.¹⁰ também demonstraram efeitos positivos da irradiação na conservação da qualidade de batatas. Pires et al.⁹ investigaram o uso de radiação gama com Cobalto-60 em batatas minimamente processadas e armazenadas sob refrigeração (8 °C), concluindo que a dose de 1,0 kGy foi a mais eficaz na preservação das características físicas, especialmente a firmeza, ao longo de 28 dias resultado que é compatível com os dados observados na presente pesquisa. O presente trabalho trabalhou com temperatura ambiente, com o experimento conduzido utilizando batatas inteiras, o que caracteriza uma abordagem qualitativa voltada ao contexto comercial de armazenamento sem refrigeração.

Já o estudo de Soares et al.¹⁰, ao avaliar doses de 0,10, 0,15 e 2,0 kGy em batatas da cultivar Ágata armazenadas à temperatura ambiente (24 °C), concluiu que a dose de 0,15 kGy foi a mais eficiente para manter as propriedades físico-químicas e sensoriais sem comprometer o valor nutricional após 35 dias. A principal diferença em relação ao presente experimento está na origem e no estado das amostras, enquanto Soares et al.¹⁰ trabalharam com batatas recém-colhidas (a campo) e imediatamente transportadas ao laboratório, as amostras utilizadas neste estudo foram adquiridas em feira livre, enviadas do estado do Rio Grande do Sul, com um tempo estimado de transporte e armazenamento de aproximadamente 30 dias até chegarem ao Nordeste.

No entanto, ao se considerar a relação entre dose de radiação, tempo de exposição e custo e benefício do processo, observa-se que a dose de 1,0 kGy apresenta vantagens significativas. A exposição necessária para atingir 1,0 kGy foi de 73 minutos, enquanto para 2,0 kGy o tempo duplicou, totalizando 146 minutos. Apesar desse aumento expressivo no tempo de exposição, a diferença na eficácia entre as duas doses foi relativamente pequena e a extensão da vida útil foi incrementada em aproximadamente uma semana. Dessa forma, sob a perspectiva econômica e operacional, a aplicação da dose de 1,0 kGy se mostra mais acessível e viável para empresas que desejam adotar a radiação gama como técnica de conservação. A redução no tempo de exposição representa economia de energia, maior produtividade e menor custo operacional, sem comprometer significativamente a eficácia do tratamento. Assim, a dose de 1,0 kGy pode ser considerada uma referência adequada para uso industrial, equilibrando eficácia tecnológica e viabilidade econômica.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a irradiação gama com Cobalto-60 é uma técnica eficaz para prolongar a vida útil da batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.), inibindo a brotação e reduzindo a deterioração microbiológica durante o armazenamento em condições ambiente. Dentre as doses avaliadas, a de 1,0 kGy apresentou o melhor equilíbrio entre eficácia na conservação dos tubérculos e viabilidade operacional, destacando-se como a mais promissora para aplicação em escala comercial. A aplicação de 2,0 kGy mostrou desempenho ligeiramente superior, mas exigiu tempo de exposição significativamente maior, o que impacta diretamente no custo e na produtividade do processo. Os resultados obtidos reforçam o potencial da irradiação como alternativa segura e eficiente para o controle pós-colheita, contribuindo para a redução de perdas alimentares e promovendo avanços na segurança alimentar, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. A conscientização pública e a disseminação de informações científicas sobre a segurança da técnica são essenciais para ampliar sua aceitação e adoção no Brasil.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Enfermagem Nova Esperança/PB pela infraestrutura durante a realização deste trabalho, ao Laboratório de Metrologia de Radiações Ionizantes do Departamento de Energia Nuclear (DEN/UFPE) pelo suporte técnico. Ao Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus, minha gratidão pela orientação, dedicação e incentivo ao longo do processo. Ao Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira, agradeço pelas contribuições e apoio. E ao meu filho, Hilquias Coelho Ferreira Filho, minha fonte de força e motivação diária, dedico com amor esta conquista.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. FARKAS, J. Irradiation for better foods. Trends in Food Science & Technology, v. 17, n. 4, p. 148–152, abr. 2006.
2. LEVYA, D.; SORDIA, G. M. A. A.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. Revista Brasileira de Ciências da Radiação, 2020.
3. MARTINS, D. B. Uso da irradiação na indústria de alimentos. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, 2016.
4. SILVA, J. K. R. da. Irradiação de alimentos: uma revisão integrativa da literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Radiologia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piauí, 2018.
5. GUIMARÃES, I. C. O. Efeitos da Irradiação Gama (CO) na qualidade e segurança do arroz. Universidade Federal de Lavras, 2009.
6. AGENDA 2030. Acompanhando o desenvolvimento sustentável até 2030. 2025. Disponível em < <http://www.agenda2030.org.br/acompanhe> > Acesso em: 23.mai.2025.
7. DECONTE et al. Processo de irradiação em alimentos: funcionamento e segurança. Faculdade Santa Rita de Cássia (UNIFASC), 2022.
8. EZEKIEL, R.; SINGH, B.; DATTA, P. S. Effect of low dose gamma irradiation on the chipping quality of potatoes stored at 8 and 12 C. Potato Journal, v. 35, n. 12, p. 31–40, 1 jan. 2008.
9. PIRES, J. A. et al. Efeitos da Irradiação (Co60) nas Propriedades Físico-Químicas de Batata Minimamente Processada. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, 2017.
10. SOARES, et al. Avaliação físico-química e sensorial da batata (Solanum tuberosum L.)

após irradiação. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2016.