O USO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO AUMENTO DA VIDA DE PRATELEIRA DOS ALIMENTOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

THE USE OF IONIZING RADIATION TO INCREASE THE SHELF LIFE OF FOODS – BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

Nadja Rosele Alves Batista
ORCID 0000-0003-0932-2041

Faculdade Metropolitana do Estado de São Paulo
Sergipe, Brasil
nadja.batista@faculdademetropolitana.edu.br

Iara Neves Guimarães dos Reis
ORCID 0009-0007-0761-6755

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera
Paraná, Brasil
iara.nevesg7@gmail.com

Resumo. A crescente demanda por produtos de alta qualidade e com maior tempo de validade explica o surgimento e a aplicação de novas tecnologias na conservação dos alimentos, mediante a segurança microbiológica e aumento da validade comercial. Dentre as tecnologias de conservação utilizadas atualmente está a radiação ionizante, com isso, o objetivo deste estudo é analisar a segurança do procedimento de irradiação nos alimentos. O trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e descritiva. A coleta de dados foi realizada nas plataformas Scielo e Google Acadêmico. A técnica de irradiação é utilizada em ervas, especiarias, cacau, café, moluscos e frutas, podendo ser aplicado em pequenas ou grandes quantidades (granel) e em alimentos congelados e embalados a vácuo, por não elevar a temperatura durante a sua aplicação. A Resolução n.º 21 de 26 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece as regras e normas para aplicação da irradiação em alimentos. Considerando os dados analisados, percebe-se que as vantagens da aplicação desta tecnologia superam facilmente as desvantagens encontradas no método.

Palavras-chave: radiação ionizante; irradiação nos alimentos; conservação dos alimentos; irradiação; alimentos irradiados.

Abstract. The growing demand for high quality products with longer shelf life explains the emergence and application of new technologies in food preservation, through microbiological safety and increased commercial shelf life. Among the conservation technologies currently used is ionizing radiation. The objective of this study is to analyze the safety of the irradiation procedure in food. The work consists of a bibliographical, qualitative and descriptive research. Data collection was carried out on the Scielo and Google Scholar platforms. The irradiation technique is used in herbs, spices, cocoa, coffee, molluscs and fruits, and can be applied in small or large quantities (bulk) and in frozen and vacuum-packed foods, as it does not raise the temperature during application. Resolution No. 21 of January 26, 2001 of the National Health Surveillance Agency (ANVISA) establishes the rules and norms for the application of irradiation in food. Taking into account the data analyzed, it is clear that the advantages of applying this technology easily outweigh the disadvantages found in the method.

Keywords: ionizing radiation; irradiation in food; food preservation; irradiation; irradiated foods.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos é realizada pela humanidade há milhares de anos, marcada pelo abandono do estilo de vida nômade e começo da implementação das primeiras vilas e cidades. Ao mesmo tempo em que o homem se instalava em residências fixas ocorreu o aumento da produção agrícola, motivo que gerou a necessidade de estocagem dos alimentos e, simultaneamente, evidenciou a necessidade da aplicação de técnicas e métodos que pudessem aumentar a vida útil dos alimentos coletados (RAMOS; BATISTA, 2023).

As primeiras técnicas de conservação utilizavam meios mais simples, como o fogo, secagem ao sol, estocagem em locais com menor temperatura, como, por exemplo, os alimentos eram colocados nas partes mais frias das cavernas, e salga. Com os avanços tecnológicos outras técnicas de conservação surgiram, dentre as quais estão a pasteurização, refrigeração,

enlatamento, congelamento, liofilização e a irradiação de alimentos (LOPES et al., 2024; RAMOS; BATISTA, 2023).

A crescente demanda por produtos de alta qualidade e com maior tempo de validade explica o surgimento e a aplicação de novas tecnologias na conservação dos alimentos, a fim de aumentar a segurança microbiológica e a validade comercial. Os métodos utilizados atuam, principalmente, na eliminação de microrganismos ou na diminuição da velocidade de multiplicação dos mesmos e na inativação de enzimas que aceleram a deterioração dos alimentos (NOVAES et al., 2012).

A utilização da técnica de radiação foi registrada pela primeira vez no ano de 1905, por cientistas britânicos, sendo aplicada em cereais e produtos derivados. Já em 1920, essa técnica foi utilizada nos Estados Unidos da América para inativação do parasita humano Trichinella spirallis em carne de porco (LANDGRAF, 2002; NUNES et al., 2014). Entretanto, somente nos anos 40, as pesquisas sobre a utilização desta técnica tiveram avanços significativos, isso se deu devido a redução dos custos para aplicação das fontes de irradiação, o que, consequentemente, torna a utilização e aplicação deste método mais viável economicamente (LANDGRAF, 2002).

Dentre as tecnologias de conservação utilizadas atualmente está a radiação ionizante, que segundo a World Health Organization (2023), é definida como a energia dos átomos em formato de ondas eletromagnéticas ou até mesmo partículas, capaz de ionizar seu alvo, removendo elétrons de moléculas e átomos devido a sua alta energia, pois, possuem alto poder de penetração e propagação, dependendo do seu tipo. Os raios x e gama têm um alto nível de energia e penetração, ao contrário das partículas beta e alfa, que dispõem o poder de penetração na matéria moderado e baixo, respectivamente.

Os métodos de irradiação seguem critérios específicos com base no tipo de alimento e suas necessidades para conservação. Levando isso em conta, em cada grupo alimentar será utilizada um tipo diferente de radiação ionizante por uma quantidade de tempo predeterminada para exposição do produto ao procedimento (FORSYTHE, 2013).

Ainda seguindo o raciocínio de Forsythe, há diferentes métodos que podem ser utilizados para irradiar alimentos. Durante a aplicação podem ser usadas altas doses de radiação para esterilizá-los, eliminando totalmente micro-organismos, essa técnica é utilizada, por exemplo, no caso de especiarias e comidas da NASA, que precisam ter um período muito longo de durabilidade. Já a aplicação de doses médias aumenta a vida útil do alimento irradiado, assim como pode ser visto nas carnes e frutos do mar. Em contrapartida, a radiação com baixa dose é utilizada para atrasar o amadurecimento dos alimentos, no exemplo de frutas, legumes e verduras.

A radiação de alimentos é uma tecnologia amplamente utilizada e pesquisada no mundo, no entanto, mesmo com a realização de pesquisas sobre o tema, este método de conservação ainda é rodeado por diversos mitos que prejudicam sua ampla utilização e conduz o consumidor a cometer equívocos e confusões sobre esta técnica (LOPES et al., 2024; NUNES et al., 2014). Considerando-se a importância da disseminação de informações sobre o tema irradiação, este trabalho se justifica pela necessidade de uma maior divulgação de pesquisas sobre a irradiação de alimentos, a fim de desmistificar esse processo e elucidar possíveis dúvidas sobre a segurança desta técnica para a sociedade em geral, contribuindo, assim, com a disseminação de informações seguras sobre o tema.

O uso da radiação para aumento da vida útil de grande parte dos alimentos gera algumas dúvidas em relação à segurança desses processos. Tendo em vista a alta demanda da indústria alimentícia por processos que visam retardar o amadurecimento e, consequentemente, deterioração dos alimentos, esse trabalho tem como objetivo geral analisar a literatura atual sobre a segurança do procedimento de irradiação nos alimentos, as vantagens e desvantagens

do uso dessa tecnologia para a sociedade e a indústria e verificar quais as legislações que atualmente regem o uso desta tecnologia no Brasil.

Além disso, este trabalho visa responder os seguintes questionamentos:

1. Há uma legislação específica e adequada para assegurar a aplicabilidade no Brasil?
2. Quais as vantagens e desvantagens do procedimento de irradiação para os alimentos?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irradiação em alimentos

Segundo Mamede (2019), radiação nada mais é do que energia propagada no espaço, no qual pode ou não ser preenchido por matéria. Cada radiação possui sua natureza, podendo ser corpuscular, eletromagnética, ionizante e não ionizante, as quais conseguimos localizar através da luz, calor em micro-ondas, dentre outros aspectos. Além disso, a radiação de alimentos pode ser de cinco tipos diferentes, segundo a sua penetrabilidade, as quais são: raios alfa, raios beta, raios gama, raios X e nêutrons (NUNES et al., 2014).

A radiação corpuscular, como seu próprio nome já indica, é definida como a radiação que possui partículas que dispõem de massa, normalmente tem a capacidade de ionizar átomos ao colidir com eles, ou seja, sua capacidade de penetração na matéria é muito baixa comparada a eletromagnética (CHEMISTRY LIBRETEXTS 2023). Exemplos deste tipo de radiação, são as partículas alfa e beta, onde a alfa pode ser bloqueada com uma simples folha de papel e a beta com algum plástico mais resistente.

Já a radiação eletromagnética, são ondas que não dispõem de massa e se propagam com mais facilidade no meio, se movendo na velocidade da luz. São encontradas em raios X e raios gama, consideradas altamente penetrantes ao ter contato com a matéria, também podemos achar a radiação eletromagnética em luz visível e ultravioleta, que são menos penetrantes, comparadas com as citadas anteriormente (RADIOPAEDIA, 2023).

Além destas, existem mais dois tipos de radiação, sendo elas a ionizante e não ionizante. A radiação ionizante contém bastante energia eletromagnética para conseguir ionizar os átomos, retirando elétrons dos átomos e causando modificações, como raios x e gama, ou até mesmo partículas alfa e beta. Diferentemente da radiação ionizante, a radiação não ionizante não tem energia suficiente para realizar o mesmo efeito, mas, ainda consegue causar algum tipo de interação nas matérias, esse tipo de radiação pode ser encontrado em ondas da rádio, luz infravermelha e micro-ondas, por exemplo (RADIOPAEDIA, 2023).

O procedimento de irradiar não é feito somente em alimentos, é uma técnica muito importante também para eliminar bactérias, vírus e fungos de diversos tipos de embalagens, mantendo a integridade dos materiais expostos, reduzindo drasticamente o risco de contaminação e garantindo o controle de qualidade, pois, esse processo é feito sem precisar violar a embalagem que será exposta a irradiação. Este método é aplicado em embalagens de alimentos, produtos médicos, materiais hospitalares, cosméticos e produtos farmacêuticos (PIRES, 2016).

Ressaltando que os produtos citados acima, inclusive alimentos, que são irradiados precisam ter o símbolo da radura na sua embalagem, a fim de informar para o consumidor o método de conservação e/ou esterilização utilizado no produto de interesse (MAMEDE, 2019).

O procedimento de irradiação na área de alimentos é um recurso que possui a capacidade de abater os microrganismos causadores de doenças. Dos tipos de radiações descritas, o mais utilizado na irradiação de alimento é a radiação ionizante devido ao seu alto índice de penetração (DAMODARAN; PARKIN, 2018).

Durante o processo de radiação ionizante os elétrons colidem com os átomos, como consequência desse rápido movimento, os elétrons são removidos dos átomos, gerando os íons e assim alterando a carga ou massa desse elétron, pode-se citar como exemplos as radiações

alfa, beta e gama. No caso da área de alimentos, é utilizada mais comumente a radiação ionizante gama, formada através das fontes Cobalto 60 ou Césio 137 (DAMODARAN; PARKIN, 2018).

Na contramão do que se pensa atualmente, a utilização da radiação ionizante na conservação de alimentos não é uma tecnologia moderna. O uso deste método de conservação em carnes remonta do ano de 1921 nos Estados Unidos da América, sendo que as primeiras patentes desta técnica foram registradas no ano de 1905, na Inglaterra (VICENTE; SALDANHA, 2012).

Entretanto, somente após a Segunda Guerra Mundial ocorreu o aumento das divulgações das pesquisas sobre a utilização da irradiação e os benefícios que a aplicação desse processo poderia gerar para a população. Historicamente, os estudos sobre a aplicação da irradiação em alimentos foram iniciados pelo Departamento Médico das Forças Armadas Americanas (VICENTE; SALDANHA, 2012).

Segundo Nunes et al. (2014), a técnica de radiação ionizante consiste:

> [...] na exposição de alimentos a fontes de energia, a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, como raios gama, raios X ou feixes de elétrons, por um tempo prefixado, onde esses raios são absorvidos pela água ou outras moléculas constituintes dos alimentos com as quais entram em contato.

A radiação pode ser aplicada em produtos a granel ou embalados, neste caso o alimento ficará exposto à radiação ionizante durante um determinado tempo. Para que ocorra a exposição do alimento a radiação, é necessário que ocorra a preparação do ambiente, como a utilização de paredes de chumbo para blindar a separação da área que o alimento está sendo exposto do espaço em que o técnico irá acionar a máquina para iniciar o processo (ANVISA, 2001; CAMARGO, 2015). A separação das áreas é importante para evitar a radiação de fuga, a qual não pode ser absorvida pelos técnicos responsáveis, mesmo que estejam utilizando todo o Equipamento de Proteção Individual (EPI) e Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) estabelecidos.

Além disso a quantidade de tempo de exposição e radiação que o alimento é submetido, é calculada com base no tipo de alimento, pois, se houver um tempo de exposição maior do que indicado, o alimento não poderá ser consumido (MELLO, 2017; CAMARGO, 2015).

O processo de irradiação pode ser dividido em três categorias conforme a quantidade de energia a qual o alimento é exposto durante a aplicação da radiação ionizante. Segundo Nunes et al. (2014) e Santos (2020), as técnicas de irradiação são subdivididas em radurização (baixas doses de radiação, entre 1 a 5 kGy (kilogray), unidade de medida da dose de radiação ionizante absorvida pelo objeto exposto, radiciação ou radiopasteurização (exposição a quantidades intermediárias de radiação, entre 2,5 e 6 kGy) e radapertização (exposição a doses maiores de radiação, superiores a 10 kGy).

Desta maneira, o método de radiopasteurização (radiciação), segundo Damodaran e Parkin (2018), é utilizado em alimentos que são comercializados crus, como as carnes em geral e até mesmo os amendoins, visto que diminui os surgimentos de microrganismos, fazendo com que o alimento dure algumas semanas, contudo, nos casos de carnes, peixes e frutos do mar que passam por esse processo, ainda se faz necessário serem mantidos em refrigeração até o consumo. A radurização, normalmente, é um método usado para conservar frutas e tubérculos, pois, diminui a maturação e estende a conservação desses alimentos, respectivamente, ou seja, garante que não tenha brotamentos, adiando o amadurecimento dos alimentos e controlando os insetos, além de não alterar significativamente a qualidade deste, como o caso das batatas, cebolas, mamões, bananas e entre outros. Já a radapertização, é aplicada em temperos,

Br. J. Ed., Tech. Soc., v.18, n.1, Jan-Mar, p.53-65, 2025
DOI http://dx.doi.org/10.14571/brajets.v18.n1.53-65
ISSN 2316-9907

condimentos e até mesmo rações em geral, levando em consideração que, comparado aos outros dois métodos de aplicação, se utiliza maiores doses de radiação, o que acaba esterilizando os produtos, afinal, usa-se uma alta dose e todos os micro-organismos existentes são eliminados, fazendo com que este alimento tenha uma vida longa de duração nas prateleiras (DAMODARAN; PARKIN, 2018).

2.2 Irradiação de alimentos no Brasil

No Brasil, as primeiras investigações sobre as vantagens e prováveis perigos da aplicação da técnica de irradiação de alimentos tiveram início no ano de 1950 pelo Centro de Energia Nuclear (CENA) (SANTOS, 2020). Sendo que, a técnica da irradiação está liberada no Brasil desde 1973 (VICENTE; SALDANHA, 2012).

Entre os principais alimentos irradiados no Brasil estão carne de porco, raízes e especiarias, frutas e hortaliças, tubérculos, arroz e farinhas. A irradiação de alimentos é realizada utilizando principalmente os elementos Cobalto 60 e o Césio 137, pois, possui um alto poder de penetração, conseguindo esterilizar materiais densos e volumosos (MALISZEWSKI, 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e descritiva. A escolha do método se deu pela importância e necessidade de se conhecer as informações disponíveis sobre o tema, tendo em vista que para compreender os avanços tecnológicos, pelos quais determinada tecnologia passa, é essencial o entendimento da literatura e das pesquisas já realizadas. Segundo Correia e Souza (2010), essa modalidade de pesquisa é realizada através da localização e consulta de bibliografias já publicadas, o que a torna mais conectada ao problema de pesquisa e permite a busca de informações pertinentes e úteis para embasar as respostas encontradas no trabalho de pesquisa.

O processo metodológico utilizado neste trabalho seguiu as seguintes etapas:

- Pesquisa bibliográfica – nesta etapa foram realizadas buscas nas bases de dados das plataformas Scielo e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave como: “radiação ionizante nos alimentos”; “irradiação nos alimentos”; “conservação dos alimentos”; “irradiação”; “alimentos irradiados”; “legislações para alimentos irradiados”. Durante esta fase, foram encontrados 40 trabalhos que correspondiam com o objetivo do estudo.
- Seleção dos artigos – após a pesquisa bibliográfica, deu-se início as leituras dos artigos e a seleção criteriosa dos trabalhos que melhor se encaixavam na abordagem e tema selecionados e, por consequência, comporiam o estudo. Foram excluídos da pesquisa os artigos que não apresentavam dados importantes sobre o tema deste estudo e os artigos que focavam na utilização da radiação em áreas diferentes da alimentícia.
- Análise bibliográfica – nesta fase os 27 artigos selecionados na etapa anterior, foram relidos e separados por temática e ano de publicação para facilitar a análise das informações dos mesmos. Sucessivamente, os dados encontrados foram sintetizados, organizados e analisados criticamente.
- Elaboração dissertativa do estudo – durante a etapa final do trabalho as informações analisadas foram ordenadas a fim de destacar os pontos principais encontrados durante a revisão bibliográfica, as reflexões geradas durante a análise e as conclusões abarcadas.

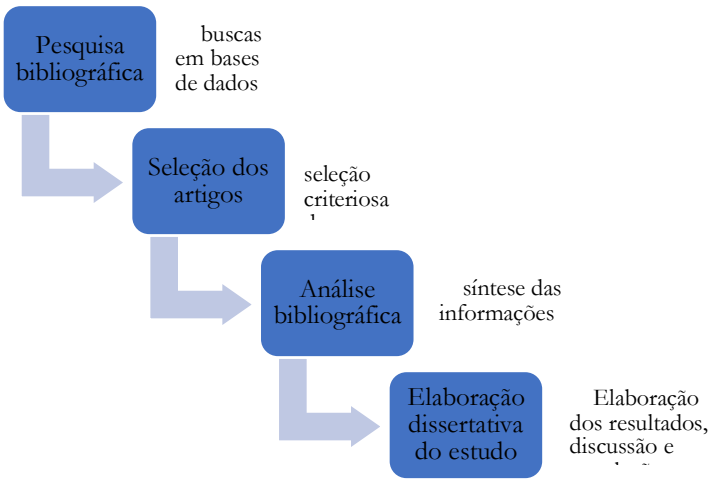

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa.
Fonte: Elaborado pelos autores

4. RESULTADOS

O método de irradiar é o processo no qual se submete algo a exposição da radiação, onde a energia penetra o objeto, entretanto essa energia não permanece no produto submetido ao processo, ou seja, a irradiação apenas interage com os átomos, removendo os seus elétrons, o que acaba destruindo os patógenos do objeto exposto, mas não o deixando radioativo, pois, esse objeto não consegue emitir radiação após sua exposição. Então, a irradiação tem a capacidade de esterilizar algo e até mesmo preservar, não sendo capaz de causar algum dano ao equipamento, objeto ou alimento que passa por esse processo (CHARLES LAND, 2024).

O processo de irradiação é considerado um procedimento de conservação seguro, pois durante a exposição do alimento para a aplicação do mesmo não ocorre a contaminação dos produtos pela radiação, ou seja, após a aplicação da radiação, em níveis controlados, não são encontrados no alimento nenhum resíduo de radioatividade (IYOMASA, 2022; LEVY et al., 2020). Os autores Ramos e Batista (2023) acrescentam que, a segurança da aplicação do método de irradiação dos alimentos é delimitada pela falta de contato direto entre o alimento e a fonte de irradiação, o que preserva a qualidade do mesmo sem prejuízos de risco a saúde do consumidor.

A técnica de irradiação é utilizada em ervas, especiarias, cacau, café, moluscos e frutas, podendo ser aplicado em pequenas ou grandes quantidades (granel) e em alimentos congelados e embalados a vácuo, por não elevar a temperatura durante a sua aplicação (SANTOS, 2020; NUNES et al, 2014). Segundo Aliste (2006), Vicente e Saldanha (2012) e Ramos e Batista (2023), a radiação é um procedimento seguro que pode ser utilizado no controle de diversos problemas relacionados aos alimentos, como perdas por deterioração, brotamento, maturação, envelhecimento e a contaminação por microrganismos patogênicos.

Além disso, esse método pode atuar na eliminação de insetos e pragas em substituição aos produtos químicos que podem causar contaminação dos alimentos, e, consequentemente, provocar intoxicação por resíduos químicos em seus consumidores, ademais, esse processo auxilia na manutenção e duração do alimento, ou seja, alimentos que passam pelo processo de irradiação tornam-se mais duradouros quanto comparados a outros tipos de métodos de conservação (ALISTE, 2006; VICENTE; SALDANHA, 2012; RAMOS; BATISTA, 2023).

Entretanto, o processo de irradiação não é indicado para qualquer tipo de alimento, por exemplo, alimentos que possuem alto teor de gordura não passam por processo de irradiação, pois esse procedimento pode desencadear o processo de rancificação, ou seja, a aplicação desse método em alimentos ricos em gorduras acaba acarretando no aparecimento de um sabor desagradável no alimento irradiado (IYOMASA, 2022).

Como todo procedimento, a aplicação da irradiação possui vantagens e desvantagens para a indústria alimentícia, as quais podem ser vistas no quadro abaixo:

Quadro 1. Vantagens e desvantagens da irradiação dos alimentos

Vantagem da irradiação dos alimentos	Desvantagem da irradiação dos alimentos
Extensão da vida útil	Não é para qualquer alimento
Pode ser realizado em alimentos congelados e resfriados	
Substitui procedimentos químicos	Perdas nutricionais
Eliminação de microrganismos patogênicos presentes no interior dos alimentos	
Diminuição do desperdício	Custo
Alternativa limpa e segura	
Não altera as características sensoriais do produto	Resistência do consumidor
Redução da carga microbiana geral	
Redução de recontaminações	Problemas ambientais
Desinfestação	
Diminuição do tempo de preparo	

Fonte: adaptado de dados encontrados nos artigos de Nunes et al (2014), Santos (2020) e Iyomasa (2022).

Resumidamente, a irradiação auxilia de forma considerável a comercialização de produtos, inativa vírus, bactérias e até mesmo protozoários patogênicos, visto que a radiação ionizante tem um grande alcance de penetração, podendo irradiar vários alimentos em pouco tempo de exposição (IYOMASA, 2022). Ademais, esse método de conservação apresenta menos riscos quando comparados a produtos tratados com produtos químicos (ALISTE, 2006; VICENTE; SALDANHA, 2012).

Além disso, segundo Iyomasa (2022), durante a aplicação da radiação ocorrem pequenas perdas de nutrientes, o que não diminui as vantagens encontradas nesse procedimento, já que outros métodos de conservação, como pasteurização e congelamento, também provocam perdas nutricionais semelhantes. No entanto, alguns estudos divergem sobre o tópico perdas nutricionais, como é possível notar na pesquisa de Ramos e Batista (2023), o qual relata que não há redução dos valores nutricionais em alimentos que passam pelo processo de irradiação. Lopes et al. (2024), afirma em seu estudo, que alimentos que passam por processos de irradiação não apresentam perdas nutricionais significativas quanto comparados a alimentos que são tratados por outros métodos de conservação.

A fim de estabelecer normas e adequações para a aplicação do procedimento de irradiação para fins sanitários e fitossanitários, além da utilização tecnológica deste método, foram criadas uma norma brasileira específica para o emprego desta tecnologia, a Resolução RDC n.º 21 de 26 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Instrução Normativa n.º 9 de 24 de fevereiro de 2011, do Ministério da Agricultura. Na resolução RDC n.º 21, estão estabelecidas as dosagens máximas e quais tipos de alimentos podem passar por esse procedimento ou não, com o intuito de garantir que o objetivo do processo seja alcançado, ao mesmo tempo em que não provoque alterações nas características e qualidades funcionais e sensoriais dos alimentos (LOPES et al., 2024; RAMOS; BATISTA, 2023; IYOMASA, 2022; VICENTE; SALDANHA, 2012).

Os órgãos nacionais atuantes na fiscalização e regulamentação de alimentos irradiados seguem as recomendações internacionais sugeridas pela Food and Agriculture Organization (FAO), International Atomic Energy Agency (IAEA) e Codex Alimentarius, dado que esses órgãos fomentam pesquisas na área de irradiação de alimentos e atuam, ainda, no assessoramento da comunidade internacional e padronização dos procedimentos técnicos deste método de conservação a frio (OLIVEIRA et al., 2023).

Segundo a ANVISA e a Organização Mundial de Saúde (OMS), a irradiação dos alimentos é totalmente segura, visto que após o procedimento, não há resíduos de radioatividade, além de não alterar a composição nutricional significativamente, afinal, o processo de irradiação apenas reduz os microrganismos e consegue aumentar a vida útil desses alimentos, o que corrobora com os dados encontrados por Lopes et al. (2024). Contudo, há alguns possíveis efeitos razoáveis com a irradiação, como a alteração da textura do alimento e até mesmo sua cor e/ou sabor, mas, não caracteriza nenhum tipo de risco a saúde do consumidor (LEVY, 2018).

Lembrando que no Brasil, a ANVISA é o órgão responsável por controlar e fiscalizar o procedimento da irradiação dos alimentos, garantindo um padrão de segurança e qualidade, fazendo com que toda a legislação estabelecida seja cumprida rigorosamente pelos envolvidos, tanto a indústria quanto os fiscalizadores.

Com o intuito de evitar enganos e o consumo desconhecidos de alimentos que passam pelo procedimento de irradiação, é obrigatório no país que os alimentos irradiados vendidos no mercado nacional apresentem o símbolo da radura, como pode ser visto na figura 2.



Figura 2. Logotipo internacional de alimentos irradiados.
Fonte: Lins (2018) / Site da Conter

Em alguns casos é encontrada a seguinte informação nos rótulos de suas embalagens "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", Figura 3, em substituição ao símbolo internacional de irradiação de alimentos (LOPES et al., 2024; RAMOS; BATISTA, 2023; IYOMASA, 2022; VICENTE; SALDANHA, 2012).



Informações Nutricionais
Porção* : 25 g (1 1/2 xícara)

	Quantidade por proporção	% VD(*)
Valor energético	134 kcal = 563 kJ	7
Carboidratos	11 g	4
Açúcares	0,0 g	**
Proteínas	1,5 g	2
Gorduras Totais	9,1 g	17
Gorduras Saturadas	3,6 g	17
Gorduras Trans	0 g	**
Fibra Alimentar	1,0 g	4
Sódio	131 mg	5
Potássio	16 mg	**

(*) %Valores Diários com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kj. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. ** VD não estabelecido.

Ingredientes: Batata, óleo misto vegetal de palma e soja, preparado para salgadinho com cebola e salsa [soro de leite, sal, especiarias [cebola, salsa e pimenta-branca (alimentos tratados por processo de irradiação)], farinha de arroz, cloreto de potássio, maltodextrina, amido, realçador de sabor glutamato monossódico, aromatizante, antiumectante dióxido de silício, corante caramelo IV e corante urucum].

Figura 3. Embalagem com a informação nutricional, indicando que passou pelo processo de irradiação. Fonte: Site do Apoio Entrega E-commerce de Alimentos.

Ademais, caso os equipamentos utilizados para a irradiação dos alimentos não sejam descartados de forma correta, conforme indicado pela ANVISA, poderá ocasionar graves problemas ambientais, como a contaminação do solo, água e até mesmo de animais. Sendo assim, é de extrema importância seguir todas as normais e diretrizes estabelecidas pelos órgãos fiscalizadores, pois esta desvantagem pode ocorrer em qualquer local que utilizar a radiação como recurso (PIRES, 2016).

Além da ANVISA, a regulamentação da aplicabilidade da irradiação também segue as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo ela uma autonomia do Brasil, que possui a função de regular e fiscalizar atividades nucleares, assim como garantir que haja uma proteção do meio ambiente para que não ocorra acidentes e se certifica que a utilização de equipamentos radiológicos seja feita de forma segura e responsável pelos envolvidos.

A CNEN permite a construção de instalações radiológicas emitindo licenças para tal, faz inspeções a essas localizações para verificar se estão conforme as normas de segurança estabelecidas, desenvolve regulamentos e técnicas para que os materiais radioativos sejam utilizados com segurança, promove diversas pesquisas na área de energia nuclear, faz colaboração com universidades e até mesmo indústrias para contribuir com melhorias na área e tenta garantir a segurança radiológica.

Portanto, segundo as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (CNEN NN 3.01), todos os resíduos radioativos precisam ser classificados conforme o nível de radioatividade que ele possui, para conseguir determinar o local correto para ser descartado e não ocorrer desastres ambientais.

Ainda conforme a CNEN NN 3.01, é indispensável planejar e detalhar como será o método do descarte, no qual, deverá ser seguido o processo correto para desativar o equipamento que será descartado, assim como o seu o transporte, onde é feito por uma empresa especializada e autorizada pela CNEN e ANVISA, atendendo todos os requisitos estabelecidos pelas instituições mencionadas. Além disso, é imprescindível que o pessoal envolvido no projeto seja responsável e consciente com os procedimentos, e ainda documentar todas essas atividades mencionadas para possíveis auditorias e inspeções dos órgãos incumbidos.

Então, exemplificando mais esses tópicos e considerando as diretrizes apresentadas pela Comissão de Energia Nuclear (CNEN) e a ANVISA, sobre as áreas com radiação, deve haver uma sala blindada onde os alimentos serão expostos a radiação, as paredes precisam ser espessas, deverão conter alarmes específicos para detectar níveis altos de radiação e portas automáticas para se fecharem quando este alarme tocar, assim como algum sistema para movimentar os alimentos para dentro e fora desta sala, além de uma sala separada para que os responsáveis controle o acionamento da irradiação e um local específico para colocar os alimentos após o método de irradiação.

Ainda segundo a CNEN e a ANVISA, deve haver treinamentos constantes para os trabalhadores para garantir a segurança ao usar a radiação e como utilizar os EPIs necessários, além de ter um monitoramento contínuo deste, para que a exposição esteja no limite seguro para todos os envolvidos e protocolos de emergência para lidar com qualquer tipo de incidente que envolva radiação.

Por outro lado, a opinião popular negativa sobre a irradiação dos alimentos prejudica o avanço desta tecnologia no Brasil. Estudos realizados por Ramos e Batista (2023), Levy et al. (2018) e Levy et al. (2020), apresentaram dados que demonstram a dificuldade de aceitação da sociedade a produtos alimentícios que passaram pelo procedimento de conservação por irradiação. Dentre os motivos, citados pelos autores, para a rejeição da população estão a associação entre radiação ionizante e guerras, acidentes nucleares e contaminação, a não diferenciação entre alimento irradiado e alimentos contaminados por radiação e a falta de esclarecimento sobre a técnica.

Segundo Santos (2020), dentre os fatores que dificultam a propagação da tecnologia de radiação em alimentos no Brasil está a rejeição de alimentos irradiados devido à falta de conhecimento sobre a técnica e, consequentemente, sobre os alimentos que passam por esse procedimento, em muitos casos a população acaba achando que o alimento irradiado se torna nocivo para a saúde, não sabendo que grande parte dos alimentos consumidos, passam pelo processo, fiscalizado pela ANVISA, de irradiação para sua conservação (SILVEIRA, 2022).

Ademais, Silva et al. (2010) avaliaram o conhecimento de docentes da área de nutrição sobre a irradiação dos alimentos. Durante o estudo os autores notaram que a maioria dos docentes que participaram dos questionários não compreendiam o processo de irradiação e, consequentemente não transmitia conhecimentos sobre a temática para seus discentes. Ainda, segundo os autores, a falta de conhecimento sobre a irradiação dos alimentos prejudica a formação dos futuros profissionais, os quais saem das instituições de ensino com pouco ou nenhum conhecimento deste tema em especifico.

Para facilitar a identificação das palavras mais relevantes no texto, na figura abaixo, estão representadas visualmente e de forma hierarquizada as palavras que apareceram com mais frequência no contexto da pesquisa e nos artigos analisados durante a elaboração deste trabalho.



Figura 4. Representação visual da frequência de palavras no texto.
Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONCLUSÃO

O processo de irradiação, assim como qualquer procedimento de conservação, apresenta vantagens e desvantagens para os alimentos e, consequentemente, para a indústria e sociedade. Considerando os dados analisados, percebe-se que as vantagens da aplicação desta tecnologia superam facilmente as desvantagens encontradas no método.

Devido à falta de divulgação sobre a aplicação, vantagens e desvantagens da técnica de irradiação a população enxerga a radiação apenas como algo prejudicial ao ser humano, desconhecendo totalmente seus benefícios, não só na conservação dos alimentos, como também em tratamentos de câncer e diagnóstico de patologias. Com isso, ocorre uma maior resistência da sociedade na aplicação do método de conservação por radiação, o que, consequentemente, acaba prejudicando o avanço da utilização desta tecnologia pelas indústrias em geral.

Tendo em vista os dados analisados, sugere-se que, para o avanço desta tecnologia, a indústria e a comunidade científica divulguem de forma mais simplificada e frequente as informações sobre esta tecnologia, a fim de facilitar o entendimento da aplicação e objetivos pela sociedade civil. Além disso, ainda se recomenda a elaboração de mais pesquisas na área de irradiação de alimentos para que o método se torne ainda mais seguro, que poderá ser promovida pela CNEN, pois este procedimento possui uma vasta abertura para pesquisas, principalmente no Brasil, a fim de encontrar novas técnicas para aplicação da irradiação na conservação dos alimentos.

O incentivo de pesquisas de novas técnicas e equipamentos para irradiar os alimentos visa o aumento da sua competência e diminuição dos possíveis danos e custos, o que permitiria o investimento em fontes seguras e novas de radiação. Além de criar mais programas para divulgar ao público os benefícios da irradiação dos alimentos e seu procedimento preciso, trazendo seguridade ao consumidor final.

Com isso, percebeu-se que a técnica de irradiação dos alimentos é segura e eficaz, entretanto a falta de divulgação das informações sobre a mesma prejudica o entendimento da sociedade e permite a criação de mitos, os quais diminuem a aceitação dos alimentos que passam por esse método de conservação.

REFERÊNCIAS

ALISTE, A. J. (2006). Uso de substâncias antioxidantes na resposta a radiação dos hidrocolóides carragenanas, agaranas e alginatos utilizados na indústria alimentícia. Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações. Instituto De Pesquisas Energéticas E Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo.

ANVISA, Resolução da Diretoria Colegiada-RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Acesso em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_21_2001.pdf/e029ab48-f60e-45f9-a1f4-aa296f769524?version=1.0. Publicada em 29/01/2001.

APOIO ENTREGA, E-commerce de Alimentos (2024), Cód.: 177931. Acesso em: https://www.apoioentrega.com/. Acessado em: 01/08/2024.

CAMARGO, R. (2015). Radioterapia e Medicina Nuclear - Conceitos, Instrumentação, Protocolos, Tipos De Exames e Tratamentos. Editora Érica/ Saraiva, 1ª Edição.

CHARLES LAND, The Editors Of Encyclopaedia Britannica: Ionizing Radiation, de 05 de julho de 2024. Acesso em: https://www.britannica.com/science/ionizing-radiation.

CHEMISTRY LIBRETEXTS, Ionizing Radiation and Non-ionizing Radiation, de 2023. Acesso em: https://chem.libretexts.org/Courses/Furman_University/CHM101%3A_Chemistry_and_Global_Awareness_(Gordon)/05%3A_Basics_of_Nuclear_Science/5.04%3A_Ionizing_Radiation_and_Non-ionizing_Radiation.

CNEN, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. CNEN NN 3.01 Resolução CNEN 323/24, de abril de 2024. Acesso em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf.

CNEN, Seleção e Escolha de Locais Para Depósitos de Rejeitos Radioativos. CNEN NN 6.06 Resolução CNEN 014/89, de janeiro de 1990. Acesso em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-6/grupo6-nrm606.pdf.

CORREIA, L. C.; SOUZA, N. A. (2010). Pesquisa bibliográfica ou revisão da literatura: traçando limites e ampliando compreensões. Anais do XIX EAIC – 28 a 30 de outubro de 2010, UNICENTRO, Guarapuava – PR, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. (2018). Química de alimentos de Fennema. Editora Artmed, 5ª edição.

FORSYTHE, S. J. (2013). Microbiologia da Segurança dos Alimentos. Editora Artmed, 2ª edição.

IYOMASA, L. (2022). Irradiação de alimentos: o que é, como funciona no Brasil, vantagens e desvantagens. Acesso em: https://blog.ifope.com.br/irradiacao-de-alimentos-no-brasil/, Publicado em 12 de fevereiro de 2022. Acessado em: 23 de janeiro de 2023.

LANDGRAF, M. (2002). Fundamentos e perspectivas da irradiação de alimentos visando ao aumento de sua segurança e qualidade microbiológica. Tese apresentada para obtenção de Livre-docência para a Universidade de São Paulo – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2002.

LEVY, D.; SORDI, G. M. A. A.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. (2018). Construindo pontes entre ciência e sociedade: divulgação cientifica sobre irradiação de alimentos. Brazilian Journal of Radiation Sciences.

LEVY, D.; SORDI, G. M. A. A.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. (2020). Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. Brazilian Journal Of Radiation Sciences.

LINS, L. (2018). Método de preservar alimentos por irradiação é seguro?. Ascom/Conter. Acessado em: https://conter.gov.br/site/noticia/radiacao-e-alimentação. Acesso em 30/07/2024.

LOPES, C. V. F. O.; ARAUJO, S. T.; OLIVEIRA, F. S.; JESUS, M. E. O. (2024). Percepções e aceitação pública da irradiação de alimentos: um estudo comparativo entre 2018 e 2023. Revista Brasileira de Saúde e Tecnologia, 2024.

MALISZEWSKI, E. (2021). Brasil debate irradiação em alimentos. O processo destrói microrganismos, bactérias, vírus ou insetos presentes nos alimentos. Acesso em: https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-debate-irradiacao-em-alimentos_448596.html#:~:text=Entre%20os%20principais%20alimentos%20irradiados,vinculada%20%C3%A0%20Marinha%20do%20Brasil, Publicado em 09/04/2021 às 14:07h. Acessado em: 23 de janeiro de 2023.

MAMEDE, M. (2019). Tecnologia Radiológica. Editora MedBook, 1ª edição.

MELLO, F. R. DE. (2017). Controle e qualidade dos alimentos / Fernanda Robert de Mello, Luciana Gibbert; Revisão Técnica : Sandra Muttoni. – Porto Alegre : SAGAH.

MELLO, F. R. DE et al. (2018). Tecnologia de Alimentos para Gastronomia. Ebook 2nd edição. Grupo A, 2018. Disponível em: https://bookplay.com.br/conteudo/33947/tecnologia-de-alimentos-para-gastronomia/.

NOVAES, S. F.; CONTE-JUNIOR, C. A.; MANO, S.; FRANCO, R. (2012). Influência das novas tecnologias de conservação sobre os alimentos de origem animal. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária – ISSN: 1679-7353, número 19, Julho de 2012.

NUNES, P.; CARLA, E.; KELLY, G.; LOPES, M.; FRASSINETTI, P. (2014). Os mitos e as verdades da irradiação de alimentos. Ciências biológicas e da saúde, Recife, vol. 1, nº.3, pág. 103-110, Julho 2014.

OLIVEIRA, C. N. C.; CORRÊA, L. M.; SANTOS, R. D. F.; SANCHES, J. L. M. (2023). Modalidade de irradiação para inativação de microorganismos patogênicos. Revista Interdisciplinar Meta, v. 1, n. 1, 2023.

PIRES, M. T. (2016). Contaminação, a marca da radiação no ambiente. Acesso em: https://veja.abril.com.br/ciencia/contaminacao-a-marca-da-radiacao-no-ambiente/. Atualizado em 06/04/2016 às 17h19. Acessado em: 30 de março de 2023.

RADIOPAEDIA, Ionising radiation, de 09 de julho de 2023. Acesso em: https://radiopaedia.org/articles/ionizing-radiation-1?lang=gb.

RAMOS, R.; BATISTA, E. V. (2023). Irradiação de alimentos: revisão comparativa, histórica e difusão do processo. Revista Brazilian Journal of Science – ISSN: 2764-3417, pág. 94-103, agosto de 2023.

SANTOS, M. P. (2020). Contribuição da irradiação de alimentos para a economia: uma revisão de literatura. Monografia apresentada ao curso de Tecnólogo em Radiologia da Faculdade Maria Milza.

SILVA, K. D.; BRAGA, V. O.; QUINTAES, K. D.; HAJ-ISA, N. M. A.; NASCIMENTO, E. S. (2010). Conhecimento e atitudes sobre alimentos irradiados de nutricionistas que atuam na docência. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 30(3): 645-651, jul.-set. 2010.

SILVEIRA, L. G. (2022). Irradiação de alimentos: descubra tudo sobre a técnica radiológica. Acesso em: https://www.conter.gov.br/site/noticia/entrevista-05-04-2022. Publicado em 05/04/2022. Acessado em: 10 de fevereiro de 2023.

VICENTE, J.; SALDANHA, T. (2012). Emprego da técnica de radiação ionizante em alimentos industrializados. Acta Tecnológica, vol. 7, nº 2, pág. 49-54.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Ionizing Radiation and Health Effects, de 27 de julho de 2023. Acesso em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects.