

A IMPORTÂNCIA DA RADIAÇÃO GAMA NA REDUÇÃO MICROBIANA DE ALIMENTOS DESTINADOS A DIETAS ESPECIAIS

THE IMPORTANCE OF GAMMA RADIATION IN MICROBIAL REDUCTION IN FOODS INTENDED FOR SPECIAL DIETS

Mirielen Castelli Baffi¹

Rejane de Lima e Silva²

RESUMO

A segurança alimentar é um componente essencial na promoção da saúde, especialmente em contextos hospitalares e para populações imunocomprometidas. Nesse cenário, a radiação gama, emitida pelo radioisótopo Cobalto-60, tem se destacado como uma tecnologia eficaz na redução da carga microbiana de alimentos in natura, contribuindo para a prevenção de infecções e para o aumento da vida útil dos produtos. Este estudo, por meio de revisão de literatura, aborda os fundamentos da irradiação de alimentos, seus mecanismos de ação, aplicações, regulamentações vigentes no Brasil e suas principais vantagens e limitações. A radiação atua direta ou indiretamente sobre os microrganismos, promovendo danos celulares que comprometem sua viabilidade. As doses aplicadas variam conforme o objetivo, indo desde a inibição da germinação até a esterilização completa do alimento. Apesar dos benefícios reconhecidos, como a manutenção das características sensoriais e nutricionais, além da segurança microbiológica. A tecnologia ainda enfrenta desafios relacionados ao alto custo de implantação, limitações técnicas e à desinformação do público consumidor. Conclui-se que a radiação gama representa uma alternativa segura e eficaz para o tratamento de alimentos, com grande potencial de ampliação no setor alimentício e em dietas hospitalares específicas.

Palavras-chave: Alimentos irradiados; Dietas especiais; Microrganismo patogênico; Radiação gama.

ABSTRACT

Food safety is a fundamental component in health promotion, particularly in hospital settings and among immunocompromised populations. In this context, gamma radiation, emitted by the radioisotope Cobalt-60, has emerged as an effective technology for reducing the microbial load in fresh foods, contributing to infection prevention and extending product shelf life. This study, through a literature review, explores the principles of food irradiation, its mechanisms of action, applications, regulatory frameworks in Brazil, and its main advantages and limitations. Gamma radiation acts either directly or indirectly on microorganisms, causing cellular damage that compromises their viability. The doses applied vary according to the intended purpose, ranging from the inhibition of sprouting to complete sterilization of the food. Despite the recognized benefits, such as maintaining sensory and nutritional properties along with microbiological safety. The technology still faces challenges related to high implementation costs, technical limitations, and lack of public awareness. It is concluded that gamma radiation represents a safe and effective alternative for food treatment, with great potential for expansion in the food industry and in specialized hospital diets.

Keywords: Irradiated foods; Special diets; Pathogenic microorganism; Gamma radiation.

¹ Graduanda no Curso de Radiologia, Fatec Botucatu.

² Docente na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Av. José Ítalo Bacchi, s/nº; e-mail: rejane.silva@cps.sp.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

A nutrição desempenha um papel essencial na vida da população, influenciando diretamente a qualidade das escolhas alimentares. Essas escolhas garantem a ingestão dos nutrientes necessários para o correto funcionamento do organismo, prevenindo o surgimento de doenças (Aurichio, 2023).

Entretanto, alguns alimentos estão propícios a contaminações de origens patogênicas, parasitárias, contaminantes químicos e biotoxinas. Essas contaminações comprometem a segurança alimentar e aumentam o risco de infecções e surtos transmitidos por alimentos (Forsythe, 2013).

A preocupação não está somente em eliminar possíveis doenças transmitidas pelos alimentos e sim, conduzir para uma boa nutrição e recuperação para a população. Os alimentos *in natura* são os mais recomendados e este tipo de alimento vem tendo um maior consumo por parte da população (Liu, 2004; Hussain *et al.*, 2013). Para produzi-los, utiliza-se a aplicação da radiação gama emitida pelo radioisótopo Cobalto 60 (^{60}Co), com objetivo de eliminar agentes com carga microbiana e o risco de contaminações para com os pacientes por meio desses produtos (Pryke; Taylor, 1995; Mohácsi-Farkas *et al.*, 2014).

A utilização da radiação ionizante vem sendo aceita por vários países, como o Brasil, os Estados Unidos (EUA), entre outros, sendo um método muito eficiente no combate de patógenos dos alimentos, e visando um aumento significativo no tempo de armazenamento e prateleira, sem qualquer preocupação (Lee *et al.*, 2012; Mohácsi-Farkas, 2014; Yilmaz; Geçgel, 2007).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi, por meio de revisões de literatura, evidenciar o papel da radiação gama no controle de microrganismos, descrever suas aplicações no processo de irradiação de alimentos e discutir suas vantagens e limitações.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Nutrição e segurança microbiológica: medidas hospitalares na prevenção de contaminações alimentares

A nutrição desempenha um papel fundamental na promoção da saúde e na prevenção de infecções, sendo recomendado uma dieta especial rica em alimentos vegetais e o consumo de frutas. Para evitar contaminações, vários hospitais adotaram medidas de restrição alimentar,

optando por dietas com baixo teor microbiano, a fim de reduzir a presença de microrganismos patogênicos nos alimentos (Araújo; Macedo, 2020).

Pacientes imunocomprometidos como aqueles indivíduos submetidos a transplantes e implantes, pacientes com queimaduras, portadores do vírus da imunodeficiência humana (HIV), possuem seu sistema imunológico debilitado, o que os torna mais suscetíveis a infecções (Slavish, 2012). Por essa razão é essencial que estes pacientes consumam alimentos com baixo teor microbiano. Nesse contexto, a radiação gama é essencial na redução da carga microbiana presentes nos alimentos, tornando-os mais seguros para o consumo (Fabri, 2014; Hanekom; Vermeulen; Oldewage-Theron, 2010).

De acordo com Hirashima (2016) cada unidade hospitalar tem uma restrição diferente, não há um consenso de qual alimento deve ser consumido, mas sempre privando alimentos de baixo teor microbiano. Os alimentos restritos são vegetais frescos, frutas frescas e secas, carnes, frango, ovos e frutos do mar malpassados, e cerveja, e como método de preservação, utiliza-se a radiação gama em alimentos *in natura*.

No entanto, a restrição alimentar pode levar à redução de apetite, diminuição na absorção de nutrientes, depressão e sensação de desconexão em relação à sociedade ao todo. A duração dessas dietas pode variar, estendendo-se por seis meses ou mais, conforme o histórico clínico do paciente (Fabri, 2014).

2.2 Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos consiste em um método de conservação que utiliza a aplicação de doses controladas de radiação ionizante. Essa tecnologia tem como principal finalidade a inibição de crescimento de microrganismos, como bactérias e fungos (Rodrigues, 2019).

A radiação é uma forma de energia que se propaga a partir de uma fonte emissora por meio de um determinado meio, caracterizando-se como energia em trânsito. Ela pode se manifestar na forma de partículas atômicas ou subatômica energéticas como partículas alfa, elétrons, pósitrons, prótons e nêutrons, geralmente produzidos por reatores ou aceleradores de partículas. Além disso, a radiação também pode ser emitida na forma de ondas eletromagnéticas, na qual, cada onda é caracterizada pelo respectivo comprimento e frequência de onda, formando o espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético é constituído desde frequências baixas, como as ondas de rádio e micro-ondas, até frequências elevadas, como os raios X e os raios gama (Okuno, 2013).

A radiação é considerada ionizante quando possui energia suficiente para remover elétrons de um átomo, ou seja, ionizá-los. As partículas alfa e beta - elétrons e pósitrons - quando dotados de energia suficiente, são classificadas como ionizantes, pois possuem capacidade de ionizar os átomos ou moléculas removendo seus elétrons até perder totalmente sua energia. Da mesma forma, os raios X e raios gama também são considerados radiações ionizantes (Okuno, 2013).

As radiações utilizadas na conservação de alimentos incluem os raios X, a radiação gama de alta energia e os feixes de elétrons acelerados. Esses métodos atuam ionizando os elétrons de átomos e moléculas, ou seja, provocando a emissão de elétrons e a formação de íons, o que causa a desestruturação de microrganismos patogênicos (Ramos; Vieira, 2023).

A radiação gama, emitida pelo radioisótopo Co-60, é uma forma de radiação ionizante, que emite energia por meio de ondas eletromagnéticas. Essa energia pode ser transferida total ou parcialmente em uma única interação com os átomos, o que promove a ionização até que a energia emitida na forma de fótons gama se dissipe completamente (Okuno, 2013). Existem outros tipos de radiações eletromagnéticas, formadas por ondas eletromagnéticas, como, por exemplo, a luz visível, as micro-ondas, os raios X, a radiação gama, entre outras. No entanto, a radiação gama é a única que possui origem de emissão no núcleo atômico (Dafre; Maris, 2013).

Os raios gama apresentam alto poder de penetração por não possuírem massa, diferentemente das radiações ionizantes alfa e beta, que possuem massa e, consequentemente, baixa penetrabilidade (De Souza, 2008). Devido a esse alto poder de penetração e à sua uniformidade, a radiação gama representa uma alternativa eficaz no combate à maioria de microrganismos patogênicos presentes nos alimentos (Hirashima, 2016).

A radiação gama atua sobre os microrganismos de duas formas principais de ação: a primeira forma de ação é indireta, através da formação de radicais livres (como o radical hidroxila) resultantes da ionização da água nas células. Estes radicais causam danos às membranas celulares, levando à morte ou inativação dos microrganismos; a segunda forma de ação é direta, envolvendo a quebra do ácido desoxirribonucleico (DNA), desta forma, compromete a replicação e provoca a morte ou inativação dos microrganismos (Oliveira *et al.*, 2009).

No entanto, para que esse método de tratamento tenha maior garantia de sucesso, diversos fatores devem ser considerados, como o número de microrganismos presentes - quanto maior a quantidade, maior deverá ser a dose de radiação aplicada ao alimento -; a composição do alimento; presença ou a falta de oxigênio; condição física do alimento; a condição do microrganismo e sua radorresistência, pois microrganismos com DNA maior e mais complexo

são mais sensíveis à radiação, já que possuem alvos mais suscetíveis a danos genéticos. Por outro lado, aqueles com DNA menor ou em formas protegidas, como esporos, apresentam maior resistência à radiação (Hirashima, 2016).

O propósito dessa radiação nos alimentos é esterilizar ou reduzir a contaminação de microrganismos patogênicos, desinfetar os vegetais de insetos e parasitas, retardar o amadurecimento de frutos e inibir o brotamento de raízes (Tezotto-Uliana *et al.*, 2015). Como consequência da exposição do alimento à radiação, as funções estruturais e metabólicas das células são interrompidas, levando à inibição de hormônios e à inibição dos processos bioquímicos responsáveis pela divisão e pelo crescimento celular. Isso compromete a reprodução celular e, consequentemente, inibe processos celulares como o brotamento e amadurecimento de alimentos (Hirashima, 2016).

É importante destacar que os alimentos submetidos à radiação não apresentam nenhum sinal de radioatividade, e todo material utilizado durante o processo de ionização não é descartado no meio ambiente. Todo o processo é rigorosamente monitorado para garantir a qualidade do alimento, preservando suas características sensoriais e seu valor nutricional (Levy; Sordi; Villavicencio, 2020).

Além dos alimentos, a ionização também é aplicada em diversos tipos de embalagens, com o objetivo de eliminar possíveis agentes contaminantes. Essa técnica contribui para a conservação da integridade do material, reduzindo os riscos de contaminação e assegurando o controle de qualidade, sem comprometer ou violar as embalagens submetidas à radiação (Rosele; Neves, 2025).

2.2.1 Normas, regulamentações e rotulagem de alimentos ionizados no Brasil

No Brasil, o órgão regulador responsável pelo uso da Radiação Ionizante em alimentos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), seguindo normas vigentes recomendadas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e pelo *Codex Alimentarius*. A RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001) regulamenta que todos os alimentos podem ser irradiados e constitui que as práticas carecem de autorização pela Comissão de Energia Nuclear (CNEM), visando os limites máximos e mínimos de doses aplicadas nos alimentos, considerando que a dose mínima deva ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

O regulamento também diz que alimento irradiado é aquele que passou por um processo de irradiação, seja embalado ou a granel, sendo exposto a doses controladas de radiação e com finalidades sanitárias, no intuito de aumentar a conservação dos alimentos e promover maior segurança alimentar para a população (Brasil, 2001).

Os alimentos que passam por irradiação, segundo a norma vigente, devem conter a seguinte frase em seus rótulos: “Alimento tratado por processo de irradiação”, em letras de tamanho não inferior a um terço ($1/3$) da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. O mesmo se aplica aos produtos irradiados que são utilizados como ingredientes em outros alimentos, devendo declarar na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do ingrediente, conforme as normas em vigor no Brasil (Pereira; Antônio, 2022).

Como método de identificação, os alimentos tratados por irradiação devem, internacionalmente, apresentar o símbolo da “radura” (Figura 1) ou escrito nos dizeres da embalagem. A legislação brasileira promulga que os alimentos devem ser identificados com a frase citada no parágrafo anterior. O uso da frase é obrigatório, e não é permitida a utilização do símbolo sem a respectiva frase (Pereira; Antônio, 2022).

Figura 1 - Símbolo internacional de alimentos tratados com radiação ionizante.



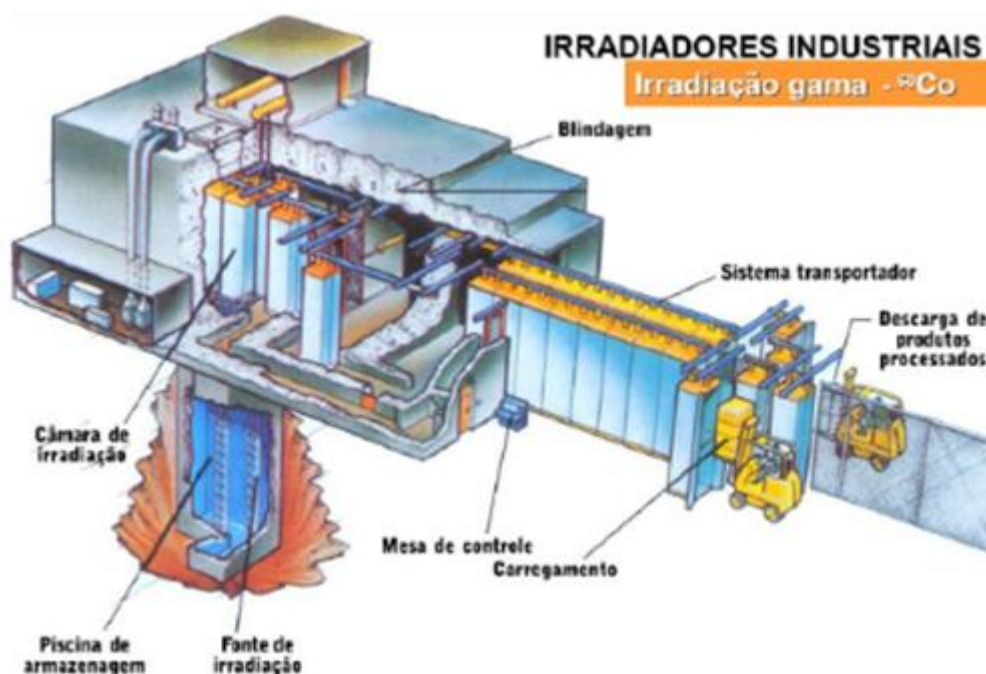
Fonte: FDA, 2024.

2.2.2 Processo de irradiação em alimentos

Os alimentos são submetidos ao processo de irradiação em câmaras de ionização, chamadas irradiadores, que utilizam como fonte, o Co-60, um material radioativo que emite radiação gama. Essa radiação possui boa capacidade de penetração nos alimentos, a fim de eliminar microrganismos, insetos e parasitas, e retardar os processos de deterioração. O Co-60, por sua vez, possui meia-vida de 5,261 anos, o que exige a reposição anualmente de 12,34% da sua atividade, assegurando o correto funcionamento do equipamento (Câmara; Barbosa, 2020).

Como medida de segurança, as câmaras são protegidas por paredes densas de concreto, que impedem que a radiação se espalhe para o ambiente externo. Durante o processo, os alimentos são colocados em containers e transportados por monotrilhos em direção à câmara de ionização para que sejam irradiados, de acordo com a dose necessária para cada tipo de alimento (Figura 2). No entanto, as doses aplicadas requerem atenção e por isso é utilizado um painel de controle, onde será manuseado a quantidade de dose necessária. Pois, quantidade de doses excessivas levam ao comprometimento da qualidade do alimento, tornando-o impróprio para o consumo, em contrapartida doses abaixo do necessário não atingem a finalidade do processo (Câmara; Barbosa, 2020).

Figura 2 – Irradiadores de alimento com Co-60.



Fonte: Jabarra, 2006.

Assim que a radiação mantém aproximação com o alimento, apenas transmite energia para as partículas. Toda essa energia é absorvida e dependendo da quantidade de absorção é utilizado uma unidade de medida, registrada pelo Sistema Internacional de unidades (SI), chamada Gray (Gy) e a cada 1 Gy é equivalente a 1 Joule (J) por quilograma (Kg) de energia absorvida do alimento que foi irradiado (Rodrigues, 2019).

Em todos os processos de irradiação são utilizados dosímetros nos irradiadores como método de avaliação e segurança para indicar as doses absorvidas nos produtos (Rodrigues, 2019). Considerando as doses absorvidas e a finalidade pretendida, o processo é classificado em 3 categorias de acordo com Pereira (2024):

Radurização: refere-se à aplicação de doses baixas, de até 1 kGy. Responsável em aumentar o tempo de vida útil dos alimentos, inibindo a germinação em tubérculos, retardo no amadurecimento e desinfestação de insetos.

Radiciação ou Radiopasteurização: envolve a aplicação de doses intermediárias, variando de 1 a 10 kGy. Responsável em reduzir e/ou eliminar a carga microbiana presentes nos alimentos.

Radapertização: consiste na aplicação de doses elevadas, iguais ou maiores que 10 kGy. Esta promove a esterilização completa dos alimentos, resultado na redução drástica na no número e/ou atividade de microrganismos patogênicos presentes nos alimentos. Sendo utilizada em alimentos como objetivo de promover aumento de vida útil, como em rações especiais para imunocomprometidos para que estes sejam armazenados por períodos maiores.

No Quadro 1, são apresentados os limites de dose aplicada nos alimentos, suas respectivas finalidades e os tipos de alimentos submetidos a um intervalo de dose.

Quadro 1- Representação dos limites de doses, suas finalidades e alimentos irradiados.

Limites de dose	Finalidades	Dose (kGy)	Alimentos Irradiados
Doses baixas (até 1kGy)	Inibir a germinação	0,05 a 0,15	Batatas, cebolas, alho raiz de gengibre e outros
	Destruição de insetos e parasitas	0,15 a 0,50	Cereais e legumes, frutas frescas e secas, pescados e carnes frescas e secas, carne de porco fresca
	Retardamento em processos fisiológicos	0,50 a 1,00	Frutas e hortaliças frescas
Doses Intermediárias (1 a 10kGy)	Aumento do tempo de conservação	1,00 a 3,00	Pescado fresco
	Eliminar microrganismos responsáveis pela decomposição e patógenos	1,00 a 7,00	Mariscos frescos e congelados, aves, carne crua ou congelada
	Aprimorar as propriedades tecnológicas do alimento	2,00 a 7,00	Uvas (aumentando a produção de sumo), verduras desidratadas (diminui o tempo de cocção)
Doses elevadas (acima de 10kGy)	Descontaminar específicos aditivos alimentares e ingredientes	10,00 a 50,00	Especiarias, preparações enzimáticas
	Esterilização industrial (junto com o calor moderado)	30,00 a 50,00	Carne, aves, mariscos, alimentos preparados, dietas hospitalares esterilizadas

Fonte: Hirashima, 2016.

Portanto, ao se considerar os diversos fatores e aplicações, a radiação gama é uma alternativa crucial no tratamento de alimentos *in natura*, permitindo maior segurança ao consumidor e eliminando riscos de contaminação. Ainda assim, a radiação promove aumento da durabilidade e qualidade dos produtos, permitindo maior segurança alimentar. Esse método é eficaz na eliminação de microrganismos patogênicos e contribui na preservação da qualidade dos alimentos (Hirashima, 2016).

2.2.3 Vantagens e desvantagens do método de irradiação de alimentos

Segundo Gonzaga (2023), a irradiação de alimentos oferece algumas vantagens, dentre as quais são:

- Promove a inativação ou destruição de enzimas responsáveis pelo amadurecimento e formação de brotos, o que auxilia na preservação de frutas e vegetais frescos.
- É crucial na eliminação de microrganismos patogênicos, desta forma o alimento se torna mais seguro para o consumo.
- Reduz a carga microbiana e desinfeta alimentos, destruindo ovos e larvas sem danificar os alimentos.
- Por possuir alto poder de penetração, é possível tratar uma quantidade maior de variedades de alimentos sem que haja manipulação durante o processo de irradiação, diminuindo o risco de recontaminação.
- Funciona como uma esterilização a frio, permitindo o tratamento destes alimentos refrigerados ou embalagens termossensíveis sem a necessidade de aquecimento.

Embora a radiação apresente alguns benefícios, ela também oferece algumas desvantagens, tais como:

- Custo elevado de implementação do projeto, sendo uma das principais barreiras é o alto custo de implementação necessário em equipamentos e/ou infraestruturas específicas. Isso se deve à falta de informação entre a população e consumidores, e à carência de irradiadores no Brasil, onde sua utilização e poder de ampliação comercial é limitado (Pereira; Antônio, 2022).

- Uso limitado a certos alimentos, sendo uma técnica não apropriada para todos os tipos de alimentos, como por exemplo, alimentos ricos em gordura podem ter seu sabor modificado e se tornarem impróprios para o consumo devido à rancificação (alteração de sabor) (Gonzaga, 2023).
- Pode causar perdas nutricionais, pois certas vitaminas são sensíveis à radiação, como a vitamina C, K e betacaroteno, provocando a deterioração durante o processo dessas vitaminas, reduzindo o valor nutricional dos alimentos (Pereira, Antônio, 2022).

Ainda que o uso da radiação seja uma alternativa eficaz no tratamento de alimentos *in natura* para PI, apresenta muitos desafios pela frente, principalmente, devido à falta de informação e desinteresse do público. Ultrapassar esses desafios é fundamental para expansão segura e eficaz do uso da irradiação no tratamento de alimentos pela indústria alimentícia (Câmara; Barbosa, 2020).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radiação gama, emitida pelo radioisótopo Cobalto-60, no âmbito da indústria alimentícia, tem se destacado como uma ferramenta eficaz no controle de microrganismos patogênicos presentes nos alimentos, contribuindo consideravelmente para a segurança alimentar. Sua aplicação permite eliminar microrganismos patogênicos dos alimentos utilizados em dietas especiais, aumentando a vida útil dos produtos e reduzindo a probabilidade de chances de contaminação, sem que haja o comprometimento das propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos.

Dependendo da dose de radiação utilizada e do alimento irradiado, ela apresenta finalidades específicas, que vão de inibir a germinação até a esterilização do alimento.

Por mais que a irradiação apresente alguns benefícios, ela enfrenta algumas barreiras, como o custo elevado de implementação, escassez de irradiadores no Brasil e, principalmente, a falta de informação para o público. Essa barreira deve ser quebrada para que a irradiação de alimentos possa ser mais utilizada em instituições hospitalares e em dietas especiais.

Desse modo, a radiação gama se mostra uma alternativa crucial no tratamento de alimentos, pois além de promover o consumo de alimentos *in natura* com maior segurança, também contribui para o aumento da durabilidade dos alimentos e redução de perdas, tornando-

se um método seguro e eficaz, com grande capacidade de crescimento no setor tecnológico de alimentos.

Referências

- ARAUJO, I. S.; MACÊDO, M. A. **Manual de dietas hospitalares** HU-UNIVASF. 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/481703571/Manual-de-Dietas-Hospitalares-HU-Univasf-versao-final?>. Acesso em 21 mar. 2025.
- AURICHIO, R. **Qual a importância da nutrição para a saúde?** 2023. Disponível em: <https://uroclinica.curitiba.com.br/qual-a-importancia-da-nutricao-para-a-saude>. Acesso em: 15 fev. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001**. Aprova regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, revogando a Portaria nº 09 DINAL/MS de 1985 e Portaria nº 30 de 1989. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0021_26_01_2001.html. Acesso em: 19 fev. 2025.
- CÂMARA, I. C. J.; BARBOSA, P. L. **Irradiação de alimentos**. 2020. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Radiologia) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, Recife, 2020. Disponível em: <https://www.grupounibra.com/repositorio/RADI/2021/irradiacao-de-alimentos20.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- DAFRE, A.L.; MARIS, A.F. **Efeitos biológicos da radiação: conceituando radioatividade e radiações ionizantes**. Florianópolis: BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2013. 88p. Disponível em: <https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Efeitos-Biol%C3%B3gicos-das-Radia%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2025.
- DE SOUZA, L.A. **Radiações Alfa, Beta e Gama**. 2008 Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/radiacoes-alfa-beta-gama.htm>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- FABRI, A. D. T. **Avaliação microbiológica Físico-química e sensorial de salada de frutas irradiada pronta para o consumo de imunocomprometidos**. 2014. 115f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto De Pesquisas Energéticas E Nucleares, USP, São Paulo, 2014. Disponível: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-06102014-101743/publico/2014FabbriAvaliacao.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos: Infecções e intoxicações de origem alimentar**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 620p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5698538/mod_resource/content/1/Microbiologia%20da%20Seguranca%20dos%20Alimentos%20-%20Stephen%20J.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

GONZAGA, H. F. Radiação e sua importância para a conservação de alimentos tecnologia do futuro. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 7, n. 1, 2023. Disponível em: <https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/1474/3042>. Acesso em: 08 jun. 2025.

HANEKOM, S.M.; VERMEULEN, E.E.; OLDEWAGE-THERON, W. Food safety risk factors in a hospital food service unit serving low microbial diets to immune-compromised patients. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 10, n. 9, p. 4000-4015, 2010. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/62884>. Acesso em: 10 mar. 2025.

HIRASHIMA, F. K. **Efeito da radiação gama nas propriedades nutricionais e bioativa de alimentos minimamente processados destinados a dietas especiais**. 2016. 139f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-25042018-151920/publico/2016HirashimaEfeito.pdf>. Acesso: 15 mar. 2025.

HUSSAIN, P.R. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de damascos secos ao sol (*Prunus armeniaca* L.) irradiados com radiação gama. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 30, n. 2, p. 59-66, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157513000203>. Acesso: 12 mar. 2025

JABARRA, C. **Apostila do Curso de Supervisor de Radioproteção**. Jabarra Radioproteção–Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/115396215/radioprotecao-oeg-2021>. Acesso em: 10 mar. 2025.

LEE, J.H. *et al.* Avaliação de macarrão instantâneo irradiado para pacientes imunocomprometidos. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, n. 8, p. 1115-1117, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X1200076X>. Acesso em: 15 mar. 2025.

LEVY, D.; SORDI, G. M. A. A.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 8, n. 3, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/1241/634>. Acesso em: 02 mai. 2025.

LIU, R. H. Potencial sinérgico de fitoquímicos na prevenção do câncer: mecanismo de ação. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 12, p. 3479S-3485S, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316623031966>. Acesso: 15 mar. 2025.

MOHÁCSI-FARKAS, C, *et al.* Melhorando a segurança microbiológica e mantendo a qualidade sensorial e nutricional de tomate e cenoura pré-cortados por irradiação gama. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 99, p. 79-85, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X14000644>. Acesso em: 15 mar. 2025.

OLIVEIRA, A. L. *et al.* Qualidade microbiologica da carne de frango irradiada em embalagem convencional e a vácuo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**

Zootecnia, v. 61, p. 1210-1217, 2009. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/pczRGkp3YNDMd5yRPS6Cd3L/>. Acesso em: 02 abr. 2025.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 77, p. 185–200, 2013. Disponível em:
[https://www.scielo.br/j/ea/a/xzD9Dgv8GPFtHkxkfbQsn4f/#:~:text=As%20part%C3%ADculas%20carregadas%20eletricamente%20como,meio%20at%C3%A9%20perder%20toda%20energia](https://www.scielo.br/j/ea/a/xzD9Dgv8GPFtHkxkfbQsn4f/#:~:text=As%20part%C3%ADculas%20carregadas%20eletricamente%20como,meio%20at%C3%A9%20perder%20toda%20energia.). Acesso em: 07 abr. 2025.

PEREIRA, C. S.V. **O impacto da irradiação na qualidade e segurança dos alimentos**. 2024. 57f. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024. Disponível em:
https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/101735/1/MICF_Catarina_Pereira.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

PEREIRA, G. C.; ANTÔNIO, W. S. O. **A utilização da radiação em alimentos no Brasil**. 2022. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Radiologia) - Faculdade Falog, Novo Gama – GO, 2022. Disponível em: <https://falog.edu.br/wp-content/uploads/2022/08/COSTA-Gilmar-P-et-al.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2025.

PRYKE, D.C.; TAYLOR, R.R. The use of irradiated food immunosuppressed patients in the United Kingdom. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 8, n. 6, p. 411-416, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-277X.1995.tb00336.x>. Acesso em: 04 abr. 2025.

RAMOS, R.; VIEIRA, E. B. Irradiação de alimentos: Revisão comparativa, histórica e difusão do processo. **Revista Brasileira de Ciência**, v. 8, p. 94-103, 2023. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/313/216>. Acesso em: 10 de mai. 2025.

RODRIGUES, G. V. **Panorama e perspectiva do uso de irradiação na conservação de alimentos**. 2019. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia - Campus Patos de Minas. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26625/1/PanoramaPerspectivaUso.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2025.

ROSELE, N. A. B.; NEVES, I. G. R. O Uso da Radiação Ionizante no Aumento da Vida de Prateleira dos Alimentos–Revisão Bibliográfica. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, v. 1, p. 53-65, 2025. Disponível em:
<https://brajets.com/brajets/article/view/1122/1002>. Acesso em: 02 mai. 2025.

SLAVISH, S. M. **Manual de prevenção e controle de infecções para hospitais**. Porto Alegre: Artmed, 2012. Disponível em: https://www.medicinanet.com.br/conteudos/qualidade-e-seguranca/5355/pacientes_imunocomprometidos.htm. Acesso em: 15 fev. 2025.

TEZOTTO-ULIANA, J. V. *et al.* Radiação gama em produtos de origem vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 267-277, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/download/956/522>. Acesso em: 02 mai. 2025.

UNITED STATES. Food and Drug Administration – FDA. **Food Irradiation: What You Need to Know**. 2024. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/food-irradiation-what-you-need-know> . Acesso em: 09 jan. 2025.

YILMAZ, I.; GEÇGEL, U. Efeitos da irradiação gama na composição de ácidos graxos trans em carne moída. **Food Control**, v. 18, n. 6, p. 635-638, 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/68805866/j.foodcont.2006.02.00920210818-17338-1ryivhy.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.