

UTILIZAÇÃO DA RADURIZAÇÃO COMO MÉTODO PARA PROLONGAR O SHELF-LIFE DO PÃO FRANCÊS

USING RADURIZATION AS A METHOD TO EXTEND THE SHELF-LIFE OF FRENCH BREAD

789

Ana Vitória Alves Xavier Martins¹, Sabrina Stoppa Gueiros¹, Hermas Amaral Germek², Márcia Nalesso Costa Harder³

1- Graduanda em Tecnologia em Alimentos, FATEC Deputado Roque Trevisan – Piracicaba; 2- Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho e docente titular da FATEC Deputado Roque Trevisan – Piracicaba; 3- Doutora em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo e docente titular da FATEC Deputado Roque Trevisan – Piracicaba.

Contato: hermas.germek@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Este artigo científico aborda a utilização da radurização como método para prolongar o shelf-life do pão francês. A radurização é uma técnica de conservação de alimentos que utiliza radiação ionizante para reduzir ou eliminar microrganismos presentes nos alimentos, retardando assim seu processo de deterioração. A revisão bibliográfica revela que a radurização mostra potencial na inibição do crescimento microbiano no pão francês, contribuindo para uma maior durabilidade do produto e redução do desperdício de alimentos. No entanto, sua aplicação requer cuidados específicos, incluindo a determinação adequada da dose de radiação, a escolha apropriada da fonte de radiação e embalagens adequadas para garantir a segurança alimentar. Além disso, é crucial abordar questões relacionadas à percepção do consumidor, regulamentações governamentais e preocupações ambientais para uma implementação eficaz e aceitação desse método na indústria de panificação.

Palavras-chave: Radurização, Pão Francês, Conservação de Alimentos, Radiação Ionizante, parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

This scientific article addresses the use of radiuration as a method to extend the shelf-life of French bread. Radiurization is a food preservation technique that uses ionizing radiation to reduce or eliminate microorganisms present in food, thus delaying its deterioration process. The literature review reveals that radiuration shows potential in inhibiting microbial growth in French bread, contributing to greater product durability and reducing food waste. However, its application requires specific care, including adequate determination of the radiation dose, appropriate choice of radiation source and adequate packaging to ensure food safety. Furthermore, it is crucial to address issues related to consumer perception, government regulations, and environmental concerns for effective implementation and acceptance of this method in the baking industry.

Keywords: Radurization, French Bread, Food Preservation, Ionizing Radiation, physicochemical parameters.

INTRODUÇÃO

Segundo Monadez (2012), na atualidade, diversos métodos são utilizados no processamento e conservação dos alimentos, tais como a pasteurização, congelamento, resfriamento, entre outros. Destes, vale ressaltar a irradiação de alimentos, que envolve a exposição controlada do alimento a radiação ionizante.

Ainda em Modanez (2012), a técnica de irradiação de alimentos é empregada para prolongar sua vida útil, ao passo que, dentre muitas vezes a deterioração ocorre durante o armazenamento e transporte devido à multiplicação de microrganismos, resultando em sabores e odores indesejados. Portanto, a irradiação de alimentos é utilizada para melhorar a distribuição e comercialização dos alimentos.

Com o uso de irradiações nos alimentos, tornou-se necessário determinar as doses ideais para este tipo de alimento. No ano de 1964 uma equipe de pesquisadores microbiologistas criou as denominações radapertização, radurização e radicidação. Então, em (Valente, 2004 *apud* Rodrigues, 2019), divide os principais processos de irradiação de alimentos em três categorias: radapertização, radurização e radicidação (Jay, 2005 *apud* Rodrigues, 2019).

A radurização engloba a aplicação de radiações em doses baixas de até 1kGy, as quais têm a capacidade de inibir o brotamento de bulbo de tubérculos, desinfestar grão e farináceos, retardar o amadurecimento de hortifrutis e a senescência de verduras, resultando em um aumento na qualidade e na vida útil de diversos produtos (Pacheco, 2013).

Mesmo que os métodos de irradiação de alimentos já tenham sido aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), entretanto, ainda se têm muitos obstáculos que dificultam a completa comercialização de alimentos irradiados no Brasil; a respeito do principal obstáculo está a aceitação do consumidor sobre este tipo de alimento (Ornellas et al., 2006 *apud* Ferreira et al., 2020).

O pão francês é um produto com curta shelf-life e sofre alterações físicas e químicas durante o armazenamento, que caracterizam seu envelhecimento. No

mercado brasileiro, o pão francês é diferente em forma, peso e formulação dos comercializados em outros países, e a qualidade do produto depende principalmente das matérias-primas utilizadas. É fundamental ressaltar as características principais do pão para garantir sua qualidade. (El-Dash; Camargo; Mancilla, 1985 *apud* Moura, 2011)

Portanto, o objetivo e a relevância do presente artigo são justificados pela necessidade de utilizar do método de radurização para prolongar a vida de prateleira, ou shelf-life, do pão francês. Dessa forma, abordaremos as propriedades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do efeito da irradiação no pão francês.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resoluções e Legislações a Respeito da Irradiação de Alimentos

O Decreto nº 72.718 de 29 de agosto de 1973 estabelece alguns regulamentos para a produção, armazenamento, transporte, distribuição, importação, exportação e venda de alimentos irradiados no Brasil. Define alimentos irradiados como aqueles submetidos a radiações ionizantes para preservação ou outros fins lícitos, sob normas do Ministério da Saúde. A irradiação deve ser realizada por estabelecimentos licenciados e autorizados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A autorização para irradiação é condicionada à comprovação de inocuidade, manutenção dos nutrientes essenciais, e eficácia do processo. A Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos determina quais alimentos podem ser irradiados e as condições para isso. Amostras de alimentos irradiados devem ser disponibilizadas para análise fiscal. Os alimentos irradiados devem ser devidamente rotulados e seguir padrões de qualidade. Aditivos e impurezas nos alimentos irradiados também são regulados. As normas se aplicam também aos alimentos irradiados importados e destinados à exportação. O não cumprimento das regras sujeita o infrator a penalidades sanitárias (Brasil, 1973).

Os alimentos irradiados, quando expostos à venda, ou entregues ao consumo, deverão trazer na respectiva embalagem e nos cartazes afixados nos locais de venda

ou entrega ao consumo, a indicação: "Alimento Tratado por Processo de Irradiação" e a declaração: "Este produto foi processado em estabelecimento sob controle da Comissão Nacional de Energia Nuclear" (Brasil. Lei nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 *apud* Oliveira *et al.*, 2023).

O Decreto Lei nº 337/2001 de 26 de Dezembro de 2001 trata da regulação dos alimentos e ingredientes alimentares tratados por radiação ionizante, em conformidade com as normas da União Europeia. A diretiva estabelece padrões para fabricação, comercialização e importação desses produtos, visando a proteção da saúde pública e a harmonização das legislações dos Estados-Membros (Portugal, 2001).

A importação de alimentos irradiados de países terceiros só é permitida em instalações aprovadas. A diretiva estabelece uma lista inicial de alimentos que podem ser tratados por radiação ionizante, incluindo ervas aromáticas, especiarias e condimentos vegetais, visando a segurança alimentar. O objetivo é a transposição para a legislação nacional das diretivas da UE, criando um quadro legal para o tratamento, comercialização e importação de alimentos irradiados e estabelecendo uma lista positiva inicial desses alimentos (Portugal, 2001).

Figura 1. Radura: símbolo utilizado em alimentos irradiados



Fonte: Couto e Santiago (2010)

A RDC nº 21/2001 define os parâmetros e limites para a irradiação de alimentos, incluindo a dose de radiação permitida, os tipos de alimentos que podem

ser irradiados e os requisitos de rotulagem obrigatórios para produtos irradiados. Além disso, estabelece diretrizes para o controle de qualidade e segurança durante todo o processo de irradiação, desde a seleção dos alimentos até a distribuição dos produtos finais (Brasil, 2001).

Esta norma estabelece diretrizes para o tratamento de alimentos por irradiação, exigindo que o processo ocorra em instalações licenciadas pela autoridade competente e autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear. As instalações devem seguir Boas Práticas de Irradiação e atender aos requisitos de segurança radiológica e boas práticas de manuseio. É necessário pessoal qualificado e registro dosimétrico quantitativo para monitorar o nível de radiação.

Segundo Embrapa (2021) em uma adaptação apresenta uma tabela com os limites das dosagens de radiação nos alimentos, observada na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Efeitos da radiação gama em alimentos tratados no CTEEx (RJ)

Classificação da dose de radiação	Objetivos	Faixas de doses (kGy)	Gêneros Alimentícios
Doses Baixas (Até 1kGy)	Inibição da germinação	0,05-0,15	Batata, cebola, alho, gengibre
	Desinfestação de insetos e desinfecção de parasitas	0,15-0,5	Grãos, legumes, frutas frescas ou secas, peixe fresco, carne de vaca, carne de porco crua
	Inibição de processos físicos como retardo de amadurecimento	0,5-1,0	Frutas e vegetais frescos
	Extensão do tempo de armazenamento pela redução de carga microbiana	1,0-3,0	Peixe fresco, morangos
Doses Médias 1 a 10 kGy	Eliminação de microrganismos patogênicos esporulantes	1,0-7,0	Frutos do mar frescos ou congelados, carne de frango ou de vaca, crua ou congelada
	Melhoria das propriedades tecnológicas dos alimentos	2,0-7,0	Aumento do rendimento do suco da uva, redução do tempo de cocção de vegetais desidratados
Doses Altas 10 a 50 kGy	Esterilização industrial com propósito comercial	30-50	Carne de vaca e de frango, frutos do mar, dietas hospitalares
	Descontaminação de certos ingredientes e ativos alimentares	10-50	Especiarias de preparações enzimáticas

Fonte: Embrapa (2021) – adaptado de URBAN, W. M. Food irradiation. Academic Press, INC. 1986. 351 p.

A irradiação não deve substituir as boas práticas de fabricação/agrícolas. As fontes de radiação autorizadas incluem isótopos radioativos e máquinas geradoras de raios X ou elétrons. A dose absorvida deve ser suficiente para a finalidade pretendida sem comprometer as propriedades do alimento. As embalagens devem ser higiênicas, adequadas para irradiação e aprovadas pela autoridade sanitária. Na rotulagem, deve constar "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO" ou apresentar a Radura que é símbolo que irá identificar os alimentos que passaram pelo processo de irradiação. Além do que, quando um produto irradiado é usado como ingrediente, essa informação deve ser declarada na lista de ingredientes (Brasil, 2001).

Normas a Respeito do Pão Francês

A ABNT NBR 16170 foi criada para suprir a falta de parâmetros claros para o pão francês, definindo requisitos de qualidade verificáveis por qualquer padaria ou confeitaria, além de ilustrar esses padrões com imagens. Compreender e aplicar essa norma permite às empresas produzirem pães com excelente aparência, sabor e aroma. Além disso, promove uma fabricação mais criteriosa e controlada, impactando positivamente todo o processo produtivo (ABNT, 2015).

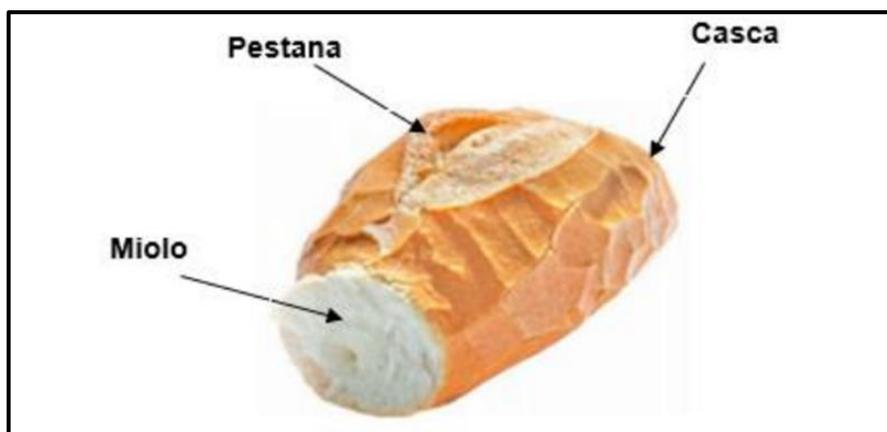
A norma estabelece treze critérios fundamentais para a produção de pão francês de alta qualidade, abrangendo aspectos externos, internos e sensoriais. A Tabela 2 detalha os atributos externos, como tamanho, crosta e aparência, com a Figura 2 fornecendo uma representação desses atributos de acordo com o padrão global requerido (Johann, 2018).

Tabela 2. Avaliação dos atributos através das características externas.

Atributos e seus componentes		Falta leve	Falta grave	
Características externas	Tamanho	Volume específico $\leq 6,0$ mL/g, a pontuação de tamanho é o valor: VOL.ESP. X 3.33. Volume específico $> 6,0$ mL/g, a pontuação de tamanho é igual a 20.		
	Crosta	Cor	Ligeiramente escura ou clara; opaca; variação de cor entre os pães; levemente machada.	Queimada ou pálida; não uniforme; presença de manchas; vitrificação.
		Pestana	Levemente aberta ou fechada; presença de buraco sobre sob a casca.	Não aberta ou com abertura muito espessa; muito aberta, com pestana soltando do pão.
		Crocância	Leve crocância.	Casca lisa, ausência de crocância.
		Aspecto	Pequena presença de bolhas ou pintas.	Presença de bolhas grandes; muitas bolhas pequenas; enrugado; muitas pintas; com sujidade ou farinha aderida.
	Aparência	Integridade	Laterais levemente rasgadas ou pouco esticadas ou chupadas.	Com rasgo na lateral ou com topo afundado.
		Simetria	Levemente disforme.	Laterais, pontas ou partes superiores desiguais.

Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

Figura 2. Características externas do pão francês sem faltas



Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

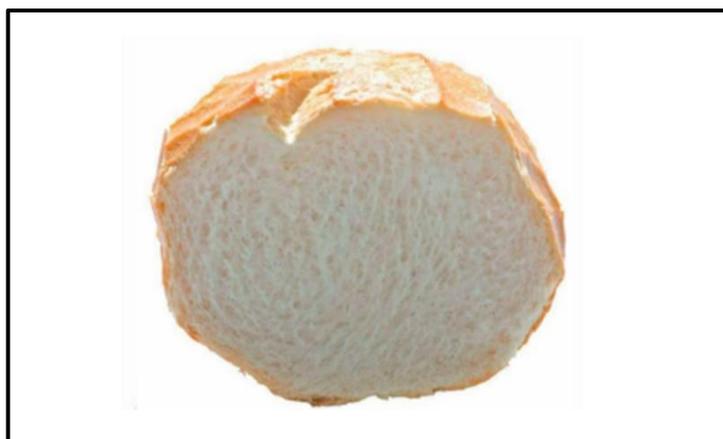
Os atributos internos, incluindo crosta e miolo, são delineados na Tabela 3, com a Figura 3 ilustrando o padrão correspondente (Johann, 2018).

Tabela 3. Avaliação das características internas do pão francês, segundo a Norma Brasileira ABNT 16170:2013

Atributos e seus componentes		Falta leve	Falta grave	
Características internas	Crosta	Aspecto	Crosta grossa ou fina.	Crosta soltando da estrutura; borrachenta; quebradiça; muito grossa ou muito fina; com sujidades.
	Miolo	Cor	Levemente acizentado ou levemente amarelado.	Acizentado ou amarelado.
		Textura	Formação de pelotas devido ao corte.	Esfarelento ao toque; áspero; com grumos; seco.
		Estrutura da célula	Distribuição disforme de alvéolos ou alveolagem fechada.	Presença de alvéolos pequenos e grandes; alveolagem muito aberta.

Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

Figura 3. Características internas do pão francês sem faltas



Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

As características sensoriais, como aroma, sabor e textura, são apresentadas na Tabela 4. A Figura 4 destaca a resiliência, que se refere à capacidade do produto

de retornar à sua forma original após ser pressionado, um aspecto crucial para a percepção de frescor e textura do pão (Johann, 2018).

Tabela 4. Avaliação de características sensoriais do pão francês, segundo a Norma Brasileira ABNT 16170:2013

		Atributos e seus componentes	Falta leve	Falta grave
Características sensoriais	Aroma	Aroma após forneamento	Sem aroma.	Alterado; desvio do aroma característicos.
	Sabor	Sabor	Ácido; inferior ao característico.	Alterado; residual muito forte; massa crua; salgado ou que cause aversão.
	Textura	Mastigação da fatia central com 1cm de largura	Ligeiramente dura, áspera ou seca.	Dura; resistente; massuda; pegajosa; muito seca.
		Resiliência da metade do pão cortado transversalmente	Ligeiramente duro.	Produto duro.

Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

Figura 4. Características sensoriais do pão francês sem falta



Fonte: Johann (2018) - Adaptado de Norma Brasileira ABNT 16170:2013

As características ideais do pão incluem uma aparência de massa cozida, simétrica, com cor, aroma e sabor característicos, e duas crostas distintas: uma

exterior que pode se soltar facilmente ao ser manipulada e outra mais consistente, firmemente aderida ao miolo. A cor da parte superior externa deve ser dourada/amarelada, natural e uniforme, enquanto a parte inferior deve ser marrom. A falta de brilho ou opacidade na casca pode ser atribuída à ausência de vapor no forno, formação de casca no pão cru ou deficiência de açúcares residuais na formulação. A espessura da casca deve variar entre 1 e 2 mm. Quanto ao miolo, deve apresentar uma cor branca uniforme, ser poroso, leve, homogêneo e elástico, sem aderir aos dedos quando pressionado, e sem apresentar aglomerações duras, pontos negros, pardos ou avermelhados. Um pão de qualidade possui um miolo consistente, com cavidades irregulares, textura macia e aveludada, sedosa e elástica. Qualquer fragilidade no miolo ou presença de buracos pode ser atribuída a erros na formulação e processamento, como excesso de melhoradores, mistura inadequada, massa muito dura, moldagem malfeita e fermentação excessiva (Moinho Rio Negro, 1997; Perfecta, 1998; Pizzinato et al., 1990 *apud* Ferreira; Oliveira; Pretto, 2001).

Fontes de Irradiação

Seguindo o padrão geral do código para alimentos irradiados (CAC, 2003), as fontes de radiação ionizante autorizadas para o processamento de alimentos estão restritas a fótons de alta energia, derivados de isótopos radioativos emissores de radiação gama, como o cobalto-60 e o césio-137, além de raios X com energias de até 5 MeV ou elétrons acelerados com energias de até 10 MeV. E por (FDA, 2004) que, nos Estados Unidos, a FDA recentemente estabeleceu um novo limite máximo de energia para permitir o tratamento de alimentos com raios X de até 7,5 MeV, desde que os raios X sejam gerados a partir de uma fonte de tântalo ou ouro como material do alvo (Santos et al., 2003 *apud* Almeida, 2006).

Devido à sua capacidade de penetração superior em comparação com outras formas de irradiação, a radiação gama é amplamente empregada no processamento de alimentos. Ela é usada para inibir o brotamento de cebolas e batatas, retardar a maturação de frutas e vegetais, e na pasteurização e esterilização de diversos produtos alimentícios (Diehl, 2002; Henry, 2009 *apud* Martins, 2016). Em contraste,

as irradiações com menor poder de penetração, como as geradas por raios X e aceleradores de partículas, são raramente usadas em alimentos, sendo mais adequadas para produtos de pequenas dimensões, como grãos (Spolaore *et al.* 2001 *apud* Martins, 2016).

Os critérios fundamentais para a seleção dos radionuclídeos empregados como fontes de radiação gama incluem suas propriedades físicas, características da radiação emitida, disponibilidade, segurança e custo (Esteves, 1997 *apud* Almeida, 2006). Esses aspectos são brevemente resumidos na tabela 5 a seguir:

Tabela 5. Principais características das fontes emissoras de ^{60}Co e ^{137}Cs

Características	^{60}Co	^{137}Cs
Forma da fonte	Metal	Cloreto de Césio
Origem	Cobalto natural	Produto da fissão nuclear do urânio
Meia-vida	5,3 anos	30 anos
Decaimento	12,39% ao ano	2,28% ao ano
Produção	Por ativação com nêutrons do ^{60}Co num reator nuclear	Separação por métodos químicos dos outros subprodutos do combustível nuclear
Energia dos fótons	1,17 MeV + 1,33 MeV	0,66 MeV
Produto final	$^{60}_{28}\text{Ni}$	$^{137}_{56}\text{Ba}$
Solubilidade em água	Nula	Rápida
Atividade específica	Até 400 Ci/g	25 Ci/g

Fonte: Almeida (2006)

Efeitos da Radiação Ionizante nos Alimentos: Alterações Químicas, Físicas e no Shelf-Life

De acordo com a IAEA, a irradiação interrompe a divisão celular em organismos vivos, como bactérias e células de organismos superiores, ao modificar suas estruturas moleculares, além de retardar a maturação de certos vegetais por meio de mudanças bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos. O procedimento de irradiação provoca mudanças químicas mínimas nos alimentos, que não representam riscos à saúde, e por isso a OMS endossa sua aplicação e utilização. A variação no valor nutricional causada pela irradiação é influenciada por fatores como a dose de radiação aplicada ao alimento, o tipo de alimento, sua embalagem e condições de processamento (como a temperatura durante a irradiação), bem como o tempo de armazenamento (Gomes, 2020).

Mudanças nos atributos organolépticos, como sabor e textura, podem surgir como resultado da aplicação de doses elevadas de radiação, especialmente em alimentos de origem animal, como produtos lácteos. Em frutas e vegetais frescos, a radiação pode levar ao amolecimento dos mesmos. Por isso, embora cause alterações químicas mínimas nos alimentos, desde que adequadamente controlado, o tratamento por irradiação não modifica fisicamente a aparência, forma ou temperatura dos produtos (Gomes, 2020).

Perante a Tabela 6 pode-se notar que, o efeito da radiação ionizante nos alimentos em questão também prolongou o *shelf-life*:

Tabela 6. Vida útil de produtos e não irradiados

Produto	Vida útil sem irradiação	Vida útil com irradiação
Alho	4 meses	10 meses
Arroz	1 ano	3 anos
Banana	15 dias	45 dias
Batata	1 mês	6 meses
Cebola	2 meses	6 meses
Farinha	6 meses	2 anos
Legumes e verduras	5 dias	18 dias
Papaia	7 dias	21 dias
Manga	7 dias	21 dias
Milho	1 ano	3 anos
Frango refrigerado	7 dias	30 dias
Filé de pescada refrigerado	5 dias	30 dias
Morango	3 dias	21 dias
Trigo	1 ano	3 anos

Fonte: Produzida por Silva (2022) com base nos dados de LIARE – CENA/USP

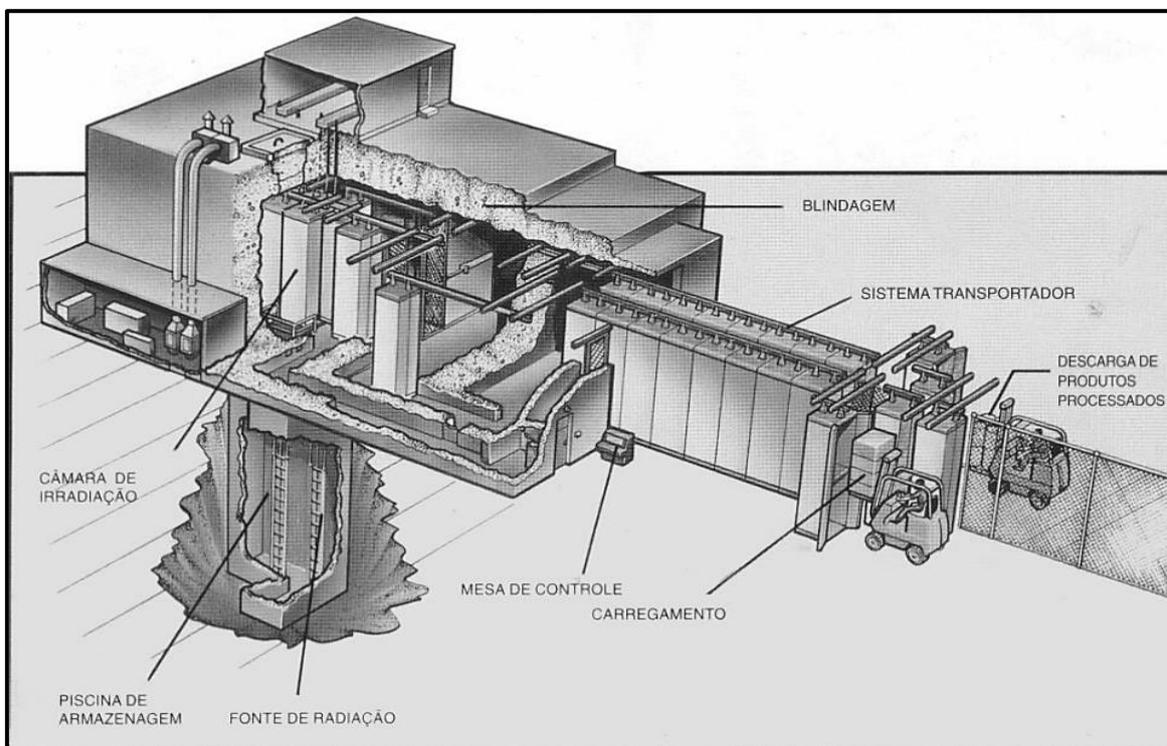
Instalações e Equipamentos para Irradiar Alimentos

O irradiador é uma instalação projetada para processar materiais por meio da tecnologia de irradiação, tipicamente composta por uma estrutura de concreto conhecida como "bunker", que abriga a fonte de radiação, formando assim a câmara de irradiação. Os produtos a serem irradiados, seja embalados ou a granel, são alimentados manualmente ou automaticamente para esta câmara, utilizando esteiras rolantes. Dentro da câmara de irradiação, esses produtos passam por um sistema transportador composto por esteiras, onde são expostos a um campo de irradiação em um ritmo preciso e controlado, garantindo que recebam a quantidade precisa de energia para o tratamento, previamente calculada com base em análises da distribuição da dose dentro dos alimentos, visando alcançar os objetivos estabelecidos sem comprometer suas características. O processo é supervisionado e controlado eletronicamente por operadores qualificados (Ghobril, 2008).

Para a utilização desta tecnologia, são exigidas instalações especiais que protejam os operadores da radiação, garantindo sua segurança. Para isso, é construída uma câmara de concreto com paredes de 2 metros de espessura e portas de chumbo, que impedem a radiação de escapar para o exterior ou atingir os operadores. Quando o irradiador de fonte Gama não está ativo, a fonte radioativa é armazenada em uma piscina cuja água absorve a radiação, assegurando a proteção dos operadores caso precisem acessar a câmara. Além disso, há dispositivos de travamento e alarmes que evitam que a fonte de irradiação saia da piscina se as portas da câmara não estiverem completamente fechadas. Durante o processo, os alimentos, embalados ou a granel, são transportados para dentro e fora da câmara por meio de esteiras ou trilhos, passando pelo campo de radiação de forma controlada para absorver a quantidade exata de energia necessária para o tratamento. Todo o sistema é operado através de um console localizado fora da câmara de irradiação (CENA, 2012; Cattaruzzi, 2012 *apud* Martins, 2016).

Voltando aos atributos de Ghobril (2008), as plantas ou instalações industriais para a irradiação de alimentos devem ser licenciadas, regulamentadas e inspecionadas pelas autoridades nacionais de segurança radiológica e de saúde, seguindo as normas vigentes. Geralmente, essas normas são baseadas nos regulamentos estabelecidos por organizações como a AIEA, FAO e OMS. É importante observar que as instalações para a irradiação de alimentos não possuem reatores nucleares e não geram resíduos radioativos.

Figura 5. Modelo de instalações industriais de irradiação



Fonte: Oliveira, 2014.

Parâmetros Físico-Químicos de Pão Francês Irradiado e Não Irradiado

A partir de Singer (2006), foram realizadas duas análises pertinentes aos parâmetros físico-químicos, sendo elas a de umidade e proteína de pão francês irradiado e não irradiado, disposto na Tabela 6 a seguir:

Tabela 7. Médias dos resultados de umidade e teor de proteína total da farinha de acordo com a dose absorvida pelo trigo

Dose (kGy)	Umidade (%)	Proteína (%)	Proteína _{BS} (%)
0,0	15,2 ^a ± 0,2	9,00 ^a ± 0,02	10,60 ^a ± 0,17
0,5	14,8 ^a ± 0,1	9,01 ^a ± 0,01	10,55 ^a ± 0,11
1,0	15,1 ^a ± 0,1	8,95 ^a ± 0,00	10,49 ^a ± 0,05
2,0	15,0 ^a ± 0,3	9,03 ^a ± 0,00	10,58 ^a ± 0,11

Fonte: Adaptado de Singer (2006)

Os valores de umidade obtidos para a farinha estão de acordo com os obtidos no trabalho de Kanemaru *et al.* (2005), embora no limite do recomendado pela ANVISA, que regulamenta que o teor de umidade da farinha de boa qualidade não deve exceder 15% (BRASIL, 1996 *apud* Singer, 2006). Os resultados mostram que a dose de irradiação no trigo não alterou significativamente o teor de proteína da farinha. Resultados semelhantes foram obtidos por Kanemaru *et al.* (2005), MacArthur; D'Appolonia (1983) e Köksel; Çelik; Tuncer (1996). Köksel *et al.* (1998) observaram influência da irradiação na quantidade de proteína para doses acima de 10 kGy. (Singer, 2006)

Pelos valores da Tabela 7 podemos inferir que os dados analisados indicam que a variação da dose de radiação até 2,0 kGy não teve impacto significativo na umidade, na porcentagem de proteína e na porcentagem de proteína BS. As pequenas variações observadas entre as diferentes doses não são estatisticamente significativas, conforme o autor. Portanto, a radiação aplicada nas doses estudadas não altera significativamente essas propriedades.

Ademais, tendo como parâmetro outras análises, tem-se a partir de Moura (2011) em sua tese “efeitos da radiação ionizante de Cobalto-60 nas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de pães com adição de linhaça”, resultados pertinentes ao estudo do pão francês irradiado e não irradiado, em que sobre as análises químicas e físicas apresentam-se critérios relevantes para este estudo a determinação de ácidos graxos, índice de acidez e atividade de água.

Sobre a determinação de ácidos graxos temos as seguintes informações dispostas na tabela 8:

Tabela 8. Perfil de ácidos graxos (%) determinados em pão francês submetidos à radiação gama

Doses (kGy)	Ácido Palmítico	Ácido Palmitoléico	Ácido Estearíco	Ácido Oléico	Ácido Linoléico	Ácido Linolênico
0,0	22,35 ± 0,8 ^{a2A3}	1,34 ± 0,7 ^{a2AB3}	6,06 ± 0,4 ^{a2A3}	14,63 ± 0,2 ^{a2A3}	51,36 ± 0,06 ^{b2A3}	1,95 ± 0,06 ^{b2C3}
6,0	22,08 ± 0,7 ^{aA}	1,28 ± 0,9 ^{aA}	6,80 ± 0,2 ^{aA}	12,02 ± 0,6 ^{bB}	50,98 ± 0,7 ^{bA}	2,31 ± 0,3 ^{abC}
8,0	23,81 ± 0,5 ^{aA}	1,19 ± 0,3 ^{aA}	6,67 ± 0,8 ^{aA}	11,31 ± 0,6 ^{bB}	54,86 ± 0,8 ^{aA}	2,70 ± 0,2 ^{aC}
10,0	21,99 ± 0,6 ^{aA}	1,32 ± 0,4 ^{aA}	6,56 ± 0,7 ^{aA}	11,78 ± 0,5 ^{bB}	55,10 ± 0,7 ^{aA}	2,36 ± 0,3 ^{abC}

Fonte: Adaptado de Moura (2011)

Os dados da Tabela 8 indicam que a aplicação de diferentes doses de radiação (0,0, 6,0, 8,0 e 10,0 kGy) afeta a composição dos ácidos graxos analisados. O ácido estearíco e o ácido palmitoléico não apresentaram variações significativas entre as doses, mantendo valores semelhantes (Moura, 2011). O ácido oléico diminuiu com doses mais altas de radiação, enquanto o ácido linoléico aumentou com as doses mais elevadas. As diferenças entre os tratamentos são indicadas pelas letras distintas nas médias, sugerindo alterações na composição de ácidos graxos devido à radiação.

Sobre o índice de acidez tem-se as seguintes informações apresentadas na tabela 9 na sequência:

Tabela 9. Porcentagem de índice de acidez determinada em pão francês submetidos à radiação gama

Doses (kGy)	Porcentagem de índice de acidez
0,0	1,87 ± 0,29 ^{a2A3}
6,0	3,36 ± 0,83 ^{aA}
8,0	2,23 ± 0,77 ^{aA}
10,0	2,51 ± 0,39 ^{aA}

Fonte: Adaptado de Moura (2011)

Silva *et al.* (2010) que estudaram o efeito de diferentes doses da radiação gama (3; 4,5; 6 kGy) nos atributos sensoriais e físico-químicos de farinha de trigo e fubá,

verificaram que a irradiação provocou alteração na acidez da gordura nas farinhas e essa alteração foi maior quanto maior a dose de irradiação (Moura, 2011).

Entretanto, pelos resultados de Moura (2011) na Tabela 9, percebe-se que a aplicação de diferentes doses de radiação (0,0, 6,0, 8,0 e 10,0 kGy) não resultou em variações estatisticamente significativas no índice de acidez. Embora tenha aumentado quando se aplicou a dose de 6,0 kGy, quando este pão foi submetido a doses maiores o índice de acidez diminuiu. Assim, conclui-se que a radiação nas doses estudadas não altera significativamente o índice de acidez inicial.

E por último, sobre a atividade de água, este autor obteve os seguintes resultados:

Tabela 10. Atividade de água encontrada no pão francês submetidos à radiação gama

Doses (kGy)	Atividade de Água
0,0	0,81 ± 0,009 ^{a2A3}
6,0	0,82 ± 0,008 ^{aAB}
8,0	0,83 ± 0,008 ^{aAB}
10,0	0,82 ± 0,010 ^{aAB}

Fonte: Adptado de Moura (2011)

Os dados da tabela 10 indicam que a aplicação de diferentes doses de radiação (0,0, 6,0, 8,0 e 10,0 kGy) não resultou em variações estatisticamente significativas na atividade de água. Os valores das amostras variou entre 0,81 e 0,83, mantendo-se bem acima do limite mínimo de 0,60, que é considerado o valor necessário para permitir o desenvolvimento de microrganismos (Chisté et al., 2007 *apud* Moura, 2011). Portanto, conclui-se que a radiação nas doses estudadas não altera significativamente a atividade de água e que as amostras permanecem em uma faixa de atividade de água que favorece o desenvolvimento de microrganismos.

Parâmetros sensoriais do pão francês irradiado e não irradiado

Outrossim, tendo como parâmetro outras análises, tem-se a partir de Moura (2011) em sua tese efeitos da radiação ionizante de Cobalto-60 nas características

físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de pães com adição de linhaça, resultados pertinentes ao estudo do pão francês irradiado e não irradiado, em que sobre as análises sensoriais obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 11. Média das notas atribuídas ao pão francês com submetidos à radiação gama e controle

Doses (kGy)	Notas atribuídas
0,0	6,56 ± 1,83 ^{1a2A3}
6,0	6,52 ± 1,70 ^{aA}
8,0	6,26 ± 1,68 ^{aA}
10,0	6,64 ± 1,67 ^{aA}

Fonte: Adaptado de Moura (2011)

Com base nos resultados apresentados obtidos por Moura (2011) na Tabela 11, os consumidores não demonstraram capacidade de discernir diferenças significativas em termos de preferência entre os pães, considerando a variação na dose de radiação gama. A média das notas atribuídas pelos consumidores foi de cerca de 6, indicando uma leve inclinação para o agrado. Isso sugere que os consumidores aceitam o pão francês independentemente da quantidade da dose de irradiação aplicada.

Parâmetros microbiológicos do pão francês irradiado e não irradiado

Nas análises microbiológicas em pão irradiado realizada por Moura (2011) é possível extrair as seguintes informações:

Tabela 12. Quantidades de UFC.g⁻¹ de *Bacillus cereus* em pão francês submetidos à radiação gama e analisado em diferentes tempos após a elaboração

Dose (kGy)	1° dia	7° dia	14° dia	21° dia
0,0	1,0×10	2,8×10 ²	1,5×10 ³	2,3×10 ³
6,0	2,0×10	2,0×10 ²	1,0×10	1,5×10 ²
8,0	5,0×10	1,5×10 ²	5,0×10	2,0×10 ²
10,0	1,0×10	7,0×10	1,0×10	6,0×10

Fonte: Adpatado de Moura (2011)

Tabela 13. Quantidade de UFC.g⁻¹ de bolores e leveduras em pão francês, submetido à radiação gama e analisado em diferentes tempos após elaboração

Dose (kGy)	1° dia	7° dia	14° dia	21° dia
0,0	1,5×10 ²	5,0×10 ³	9,5×10 ⁵	7,5×10 ⁶
6,0	1,0×10	7,0×10 ²	5,0×10 ³	1,0×10 ³
8,0	2,5×10	2,0×10 ²	3,0×10 ²	2,0×10 ³
10,0	1,0×10	8,0×10	<10	2,0×10 ²

Fonte: Adaptado de Moura (2011)

Tabela 14. Quantidades de UFC.g⁻¹ de *Staphylococcus* coagulase positiva em pão francês submetido à radiação gama e analisado em diferentes tempos após elaboração

Dose (kGy)	1° dia	7° dia	14° dia	21° dia
0,0	1,2×10 ²	1,0×10	1,4×10 ²	7,5×10 ⁶
6,0	<10	2,0×10	2,0×10	<10
8,0	2,0×10	1,0×10	6,0×10	<10
10,0	5,0×10	1,0×10	6,0×10	9,0×10

Fonte: Adaptado de Moura (2011)

As avaliações microbiológicas realizadas para bolores e leveduras, *Bacillus cereus*, coliformes totais e fecais ao longo dos dias 0, 7, 14 e 21 demonstraram que os pães estão adequados para consumo, conforme estipulado pela RDC nº 12. Além disso, a quantidade permitida para *Staphylococcus coagulase* positiva, conforme a mesma resolução, é de 5,0×10² UFC.g⁻¹ em massas alimentícias, produtos semi-elaborados, pães de batata, pães de queijo e massa de pizza (ANVISA, 2001 *apud* Moura, 2011).

Pelas Tabelas 12, 13 e 14 pode-se perceber que a radiação gama demonstrou ser uma ferramenta eficaz no controle microbiológico de pães franceses, promovendo uma redução significativa na quantidade de *Bacillus cereus*, bolores, leveduras e *Staphylococcus coagulase* positiva ao longo do tempo. Doses mais altas de radiação, especialmente entre 8,0 a 10,0 kGy, foram particularmente eficazes, mantendo níveis baixos ou abaixo do limite de detecção desses microrganismos até o 21º dia. Esses resultados indicam que a aplicação de radiação gama pode ser uma estratégia

promissora para prolongar a vida útil e garantir a segurança microbiológica de pães franceses.

METODOLOGIA

Neste artigo, realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática da literatura científica relacionada à irradiação de alimentos. O objetivo foi buscar e reunir dados, estudos e análises pertinentes sobre o tema abordado.

Para selecionar os estudos incluídos nesta revisão, foram conduzidas buscas em bases de dados acadêmicos, incluindo o Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico e repositórios institucionais. Utilizou-se uma combinação de palavras-chave como "irradiação de alimentos", "radurização", "conservação de alimentos", "pão francês", "parâmetros físico-químicos de alimentos irradiados", entre outras. Foram considerados estudos publicados em teses, relatórios técnicos, TCCs e artigos científicos. Quanto ao critério de inclusão das referências em relação aos períodos de publicação, foram incluídos sem restrições ou filtros.

É importante destacar as limitações deste estudo, que incluem possíveis vieses na seleção dos estudos, a exclusão de artigos em idiomas diferentes do português e a possibilidade de não terem sido considerados todos os estudos relevantes sobre o tema. Além disso, os parâmetros físico-químicos, sensoriais e microbiológicos foram incluídos de forma generalizada na avaliação do shelf-life.

DISCUSSÃO

Aceitação dos alimentos irradiados

Para além do preconceito generalizado e da terminologia confusa, é importante notar que, na França, por exemplo, a irradiação é referida como ionização, evitando assim confusão com radioatividade. No entanto, há outros obstáculos que dificultam a aceitação dos alimentos irradiados. Um deles é a falta de informação sobre tecnologia nuclear no ensino básico, médio e mesmo superior. Mesmo em cursos universitários que envolvem técnicas como o uso de raio-X, por exemplo, esses

conceitos não são abordados em profundidade, e a distinção entre os termos técnicos não é enfatizada. A resistência das pessoas em aceitar os alimentos irradiados decorre, em parte, da associação entre irradiação e radioatividade. A contaminação radioativa implica um contato físico direto com a fonte radioativa, enquanto a irradiação é a energia emitida por uma fonte de radiação. Portanto, os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação, apenas recebem a energia (Couto; Santiago, 2010).

Perante Levy, Sordi e Villavicencio (2020), o alimento irradiado não se transforma em um material radioativo, pelo fato de que as doses utilizadas para irradiá-lo são muito baixas para resultar em reações de nível atômico. A radiação ionizante de partícula e de ondas eletromagnéticas, têm energia tão somente para alterar a estrutura da matéria no que diz respeito a inibição do brotamento, atraso na maturação, desinfecção de insetos e parasitas, e redução de microrganismos.

É necessário implementar medidas que comecem com a conscientização dos consumidores sobre a segurança e os benefícios proporcionados por essa técnica. Além disso, é crucial promover uma maior cooperação entre o governo e as indústrias do setor, visando fortalecer suas relações (Ornellas *et al.*, 2006).

Vantagens da Irradiação de Alimentos

A irradiação tem sido identificada como uma ferramenta eficaz para considerável extensão da vida útil dos alimentos, minimização de desperdícios, asseguramento da segurança alimentar e ampliação da disponibilidade dos alimentos para os consumidores (Junior; Vital, 2021).

As principais vantagens da irradiação de alimentos incluem a redução de microrganismos nocivos, o retardamento da maturação e da germinação, e a extensão da vida útil dos alimentos. Esta técnica é usada em produtos como cacau, café, ervas aromáticas e especiarias, oferecendo uma alternativa segura à pulverização química. Para alimentos delicados, como moluscos frescos e frutas macias, a irradiação ajuda a eliminar micróbios prejudiciais sem comprometer a textura. Em muitos casos,

alimentos irradiados mantêm melhor sua textura, sabor e valor nutritivo do que os tratados termicamente ou enlatados (Nunes *et al.*, 2014).

A irradiação é eficaz na eliminação ou inativação de larvas de insetos, parasitas, fungos e bactérias que podem estar presentes nos alimentos, potencialmente transmitindo doenças. Além disso, ela tem a capacidade de retardar ou inibir certos processos fisiológicos, como o brotamento e o amadurecimento. Considerando que a deterioração precoce dos alimentos é causada pela atividade de insetos, microrganismos e enzimas de degradação, o tratamento por irradiação pode significativamente aumentar a vida útil dos produtos. Como resultado, os consumidores têm acesso a alimentos melhor conservados e mais higienicamente seguros em suas mesas (Junior; Vital, 2021).

Desvantagens da Irradiação de Alimentos

A irradiação pode provocar diversas mudanças nos alimentos, como alterações no sabor devido aos radicais livres; modificação na cor; ruptura de proteínas, como amido e celulose, resultando no amolecimento das carnes; perda de nutrientes; e oxidação das vitaminas C e K devido à ação dos radicais livres, o que pode gerar ranço (Couto; Santiago, 2010 *apud* Lima, 2014). Alimentos líquidos são mais suscetíveis à radiólise, como o leite, que pode adquirir um sabor desagradável (Boaventura, 2004 *apud* Silva, 2007 *apud* Lima, 2014).

Além disso, a irradiação pode alterar as propriedades físicas e químicas dos materiais poliméricos utilizados nas embalagens (Tabata, 1981 *apud* Moura, 2006 *apud* Lima, 2014). Quando um polímero é irradiado, ocorre a quebra da cadeia polimérica principal e a formação de ligações químicas entre as moléculas poliméricas, conhecida como reticulação. A predominância de uma reação sobre a outra depende da estrutura química do polímero, das condições de irradiação e do próprio material (Clegg, 1991 *apud* Moura, 2006 *apud* Lima, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica evidencia a irradiação de alimentos como uma promissora estratégia para prolongar o shelf-life, principalmente pela sua capacidade de inibir o crescimento microbiano e reduzir o desperdício de alimentos. No entanto, sua aplicação requer uma abordagem cuidadosa, considerando fatores como dose de radiação adequada, escolha adequada da fonte de radiação e instalações de irradiação apropriadas para garantir a segurança alimentar. Além disso, há três pontos a serem considerados: investimentos em irradiadores para a irradiação de alimentos em escala comercial; informação aos produtores, indústria e comércio; e informação à população. Questões como essas, precisam ser abordadas para uma adoção bem-sucedida e aceitação desse método na indústria de panificação.

Assim, embora a radurização ofereça uma promissora estratégia para a indústria de panificação em relação à extensão do shelf-life do pão francês, são necessárias mais pesquisas e avaliações abrangentes para compreender completamente os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais envolvidos nesse processo. A busca por uma aplicação segura e eficaz da radurização na indústria de panificação requer uma abordagem integrada, que leve em consideração não apenas os benefícios potenciais, mas também os desafios e preocupações associados a essa técnica.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Panificação - Pão tipo francês - Diretrizes para avaliação da qualidade e classificação NBR16170:2013**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:

https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/guia_de_implantacao_abnt_nbr_16170_pao_frances_1444254820.pdf. Acesso em: 21 de abr. de 2024.

ALMEIDA, Ana Paula Gonçalves. **Avaliação da influência do processo de irradiação em especiarias utilizando a técnica de difração de raios X**. 2006.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

https://www.nuclear.ufrj.br/images/documentos/Dissertacao/2006/Prog_Eng_Nuclear_Dissert_Ana_Paula_Setembro_2006.pdf. Acesso em: 16 de abr. de 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 21, de 26 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico para irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 29 jan. 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0021_26_01_2001.html. Acesso em: 24 de abr. de 2024.

BRASIL. Decreto n.º 72.718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 ago. 1973. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-72718-29-agosto-1973-421113-publicacaooriginal-1-pe.html#:~:text=Estabelece%20normas%20gerais%20sobre%20irradia%C3%A7%C3%A3o%20de%20alimentos>. Acesso em: 16 de abr. de 2024.

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e irradiação de alimentos. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/970/1305>. Acesso em: 19 de abr. de 2024.

FERREIRA, Alexandra dos Santos *et al.* Normas nacionais para beneficiamento em irradiação de alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43201-43213. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/12621/10596/3269>. Acesso em: 08 de abr. de 2024.

FERREIRA, Sila Mary Rodrigues; OLIVEIRA, PV de; PRETTO, Daniela. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim CEPPA, Curitiba**, v. 19, n. 2, p. 301-318, 2001.

GHOBRIL, Carlos Nabil. **Gestão tecnológica para instalação de um irradiador de alimentos**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2008. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Carlos%20Nabil%20Ghobril_D.pdf. Acesso em: 28 de abr. de 2024.

GOMES, Kátia Cristina Morais Soares. **Conservação de alimentos por exposição à radiação ionizante**. 2020. Monografia (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de Lisboa. Portugal, Lisboa, 2020. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/53285/1/MICF_K%c3%a1tia_Gomes.pdf. Acesso em: 24 de abr. de 2024.

JOHANN, Vanessa Cristina. **O padrão de qualidade do pão francês na visão dos consumidores do Rio Grande do Sul**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/174913/001061859.pdf>. Acesso em: 21 de abr. de 2024.

JUNIOR, Murillo Freire; VITAL, Hélio de Carvalho. Irradiação. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao#:~:text=A%20irradia%C3%A7%C3%A3o%20elimina%20\(ou%20inativa,o%20brotamento%20e%20o%20amadurecimento](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao#:~:text=A%20irradia%C3%A7%C3%A3o%20elimina%20(ou%20inativa,o%20brotamento%20e%20o%20amadurecimento). Acesso em: 21 de abr. de 2024.

LEVY, Denise; 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, 2020. Disponível em: <https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/1241/634>. Acesso em: 10 de abr. de 2024.

LIMA, Albiege dos Santos. **Alimentos irradiados como uma alternativa na conservação de alimentos: uma revisão**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal de Campina Grande. Cuité (PB), 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/9523>. Acesso em: 24 de abr. de 2024.

MARTINS, Daniel Borges. **Uso da irradiação na indústria de alimentos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Rio Pomba, 2016.

MODANEZ, Leila. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-23102012-150844/publico/2012ModanezAceitacao.pdf>. Acesso em: 10 de abr. de 2024.

MOURA, N. C. **Efeitos da radiação ionizante de Cobalto-60 nas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de pães com adição de linhaça (Linum usitatissimum)**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, USP. Piracicaba, 2011. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/066/46066318.pdf. Acesso em: 12 de abr. de 2024.

NUNES, Patrícia *et al.* Os mitos e as verdades da irradiação de alimentos. **Ciências Biológicas e da Saúde - Recife**, v. 1, n. 3, p. 103-110, 2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/facipesaude/article/view/1721/923>. Acesso em: 23 de abr. de 2024.

OLIVEIRA, Célia Nazaré da Costa *et al.* Modalidades De Irradiação Para Inativação de Microorganismos Patogênicos. **Revista Interdisciplinar da Meta**, v. 1, n. 1, p. 103-121, 2023. Disponível em: <https://ojs.meta.edu.br/rifm/article/view/12/7>. Acesso em: 08 de abr. de 2024.

OLIVEIRA, Estevã Martins de. **Conservação de alimentos por irradiação**. 2014. Disponível em:

<https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadealimentos/files/2014/05/ENGENHARIA-DE-ALIMENTOS-E-BIOQU%C3%8DMICA-aula-4.pdf>. Acesso em: 23 de abr. de 2024.

ORNELLAS, Cléia Batista Dias *et al.* Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 26, p. 211-213, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/qQM9N39NP8Y8zwXg4qMTKWy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de abr. de 2024.

PACHECO, Natália Hidalgo dos Reis. **Irradiação de alimentos: um estudo de caso**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23330/1/PG_CEEEST_04_2012_19.pdf. Acesso em: 15 de abr. de 2024.

PORTUGAL. Decreto-Lei n.º 337/2001, de 26 de dezembro de 2001. Relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros, respeitante aos alimentos e ingredientes alimentares tratados por radiação ionizante. **Diário da República** [recurso eletrônico], Lisboa, 26 dez. 2001. Disponível em:

<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/337-2001-536242>. Acesso em: 16 de abr. de 2024.

RODRIGUES, Gabriella Vieira. **Panorama e perspectivas do uso de irradiação na conservação de alimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia. Patos de Minas, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26625/1/PanoramaPerspectivaUso.pdf>. Acesso em: 11 de abr. de 2024.

SILVA, Hudson Santos. **Utilização da radiação ionizante na conservação dos alimentos**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Centro Universitário UNIRB. Salvador, 2022. Disponível em:

<http://dspace.unirb.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/560/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 de abr. de 2024.

SINGER, Carolina Sobral. **Propriedades físico-químicas, reológicas, entálpicas e de panificação da farinha obtida de trigo irradiado**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-05092006-105810/publico/DissertacaoCarolinaSobralSinger.pdf>. Acesso em: 28 de abr. de 2024.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.