

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

AÉRCIO FELIPE SANTIAGO JÚNIOR
EZLY CARAVELLAS VASQUES
FRANCIELLY ESTEFANE DOS SANTOS LUCAS
ROMERO DOS SANTOS SILVA
WILLIAN JOSÉ DA SILVA SANTOS

**RADIAÇÃO INDUSTRIAL: APLICAÇÕES E AVANÇOS
EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

RECIFE/2021

AÉRCIO FELIPE SANTIAGO JÚNIOR
EZLY CARAVELLAS VASQUES
FRANCIELLY ESTEFANE DOS SANTOS LUCAS
ROMERO DOS SANTOS SILVA
WILLIAN JOSÉ DA SILVA SANTOS

RADIAÇÃO INDUSTRIAL: APLICAÇÕES E AVANÇOS EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Artigo apresentado ao Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA,
como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em
Radiologia.

Professor(a) Orientador(a): Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

R129 Radiação industrial: aplicações e avanços em tecnologia de alimentos /
Aercio Felipe Santiago Junior [et al]. - Recife: O Autor, 2022.
27 p.

Orientador(a): Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz.
Coorientador(a): Wanuska Munique Portugal.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Tecnólogo em Radiologia, 2022.

Inclui Referências.

1. Radiologia industrial. 2. Alimentos. 3. Conservação. 4. Irradiação. I.
Vasques, Ezly Caravellas. II. Lucas, Francielly Estefane Dos Santos. III.
Silva, Romero Dos Santos. IV. Santos, Willian José da Silva. V. Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA. VI. Título.

CDU: 616-073

Dedicamos esse trabalho a nossos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos em primeiro lugar a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados e por nos permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

A professora Elaine Vaz, por ter sido nossa orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Aos nossos colegas de curso, com quem convivemos intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que nos permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formandos.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

(Paulo Freire)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	0
	7
2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	0
	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	0
	8
3.1 Subtópico.....	0
	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	0
	8
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	1
	4
REFERÊNCIAS.....	1
.	5

RADIAÇÃO INDUSTRIAL: APLICAÇÕES E AVANÇOS EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Aécio Felipe Santiago Júnior

Ezly Caravellas Vasques

Francielly Estefane dos Santos Lucas

Romero dos Santos Silva

Willian José da Silva Santos

Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz¹

Resumo: A irradiação em alimentos por ser uma técnica eficiente na conservação, demonstra vantagens de acordo com a dose de aplicação. Permitindo duplicar ou triplicar o tempo de estocagem de produtos alimentícios, eliminando bactérias ou insetos que possam estar presentes nos alimentos, mantendo sua propriedade nutricional e assim permitindo seu transporte por longas distâncias.

Palavras-chave: Radiologia Industrial; Alimentos; Conservação; Irradiação;

1 INTRODUÇÃO

A radiologia industrial é uma área tecnológica em que fontes radioativas são utilizadas nas linhas de produção industrial e no controle da qualidade de produtos e processos. A radiação de alimentos vem se mostrando como uma alternativa extremamente viável para a conservação destes. Além de eficiente no combate a contaminantes, é capaz de inativar enzimas responsáveis pela maturação de hortifrúteis, fazendo com que os produtos venham a ter sua vida de prateleira aumentada e possibilitando a exportação de produtos perecíveis (PACHECO, 2013).

No caso da descontaminação de alimentos por irradiação, estes são submetidos a doses controladas de radiação para eliminação de insetos ou redução de microrganismos no qual contribuem para deterioração e comprometem a

¹ Professor da UNIBRA. Doutora em Química. E-mail: elaine.cavalcanti@grupounibra.com

segurança dos alimentos. O alimento não chega a se tornar radioativo, pois são utilizadas doses muito pequenas (por exemplo, para batatas, cebolas e alhos, a faixa de dose utilizada varia de 0,10 kGy a 25 kGy) para provocar reações em nível atômico. Possuem energia tão somente para alterar a estrutura da matéria, na obtenção da finalidade desejada, como inibição do brotamento, atraso no processo de maturação, desinfecção de insetos e parasitas, redução da carga microbiana e redução de fungos (LEVY et al, 2020).

Com as pesquisas atuais, pretende-se melhorar a habilidade de conservar os alimentos e, também controlar a incidência de algumas doenças. Um fator que influencia o crescimento da irradiação de alimentos é a compreensão e aceitação do processo pelo público, a qual ainda é dificultada devido a frequentes mal-entendidos e temores existentes a respeito das tecnologias relacionadas à energia nuclear e uso das radiações (COUTO, R.R. e SANTIAGO, A.J., 2010).

Através da irradiação, é possível a inativação de protozoários causadores de doenças em aves domésticas, peixes, mariscos e carne vermelha que acabam sendo transferidos para a população. Desta forma, o tratamento de alimentos com radiação ionizante está sendo cada dia mais reconhecido como um meio de reduzir doenças e os custos médicos associados (COUTO, R.R. e SANTIAGO, A.J., 2010).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 autoriza o processamento por irradiação de todos os itens alimentares e das suas matérias-primas.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as aplicações da irradiação na tecnologia dos alimentos, bem como a eficácia deste processo e os benefícios para a população.

2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O trabalho apresentado trata-se de uma revisão bibliográfica, em que foram utilizadas as bases de dados: Google Acadêmico; Scielo, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), sites de empresas e livros. Os descritores utilizados foram: Radiologia Industrial, Alimentos, Conservação e Irradiação; Como critério de seleção dos materiais analisados foi utilizada a relevância dos artigos frente ao tema de estudo. Para o desenvolvimento do estudo (resultados) foram selecionados 31 artigos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Radiação Ionizante

Radiação é um processo de emissão de energia. Essa energia pode ser transmitida por partículas ou por ondas eletromagnéticas. O tipo de radiação utilizada na área industrial é a radiação ionizante. O nome ionizante advém da capacidade que esta radiação tem de ionizar (retirar elétrons de um átomo), ou seja, possui energia alta. Dentre as radiações ionizantes tem-se as partículas alfa e beta (que são radiações corpusculares, uma vez que transmitem energia e matéria) raios X e a radiação gama (que são ondas eletromagnéticas- não transportando matéria) (PINO, GIOVEDI, 2016).

O processo de emissão das partículas alfa, beta e da radiação gama ocorre no núcleo atômico. Quando o núcleo possui excesso de energia constituída por dois prótons e dois nêutrons são chamados de partículas alfa (α). Quando no núcleo existe uma quantidade excessiva de nêutrons em relação aos prótons, ocorre uma conversão do nêutron em próton, emitindo partículas betas (β) negativas. Quando se tem cargas positivas, essas partículas são denominadas de pósitrons. Após a emissão de partículas α e/ou β , o núcleo ainda procura se estabilizar, emitindo ondas eletromagnéticas na velocidade da luz. Essas emissões são denominadas radiação gama (γ) (CNEN).

A radiação ionizante é aplicada em diversas áreas. Na radiologia industrial são usadas para esterilizar, irradiar matérias ou alimentos, e, no sistema de controles de espessuras de filmes. Na esterilização a radiação ionizante tem a função de destruir os micro-organismos presentes no material, por exemplo, cobalto-60 ou raios x de *Bremsstrahlung*. Já no sistema de controle de espessuras de filmes são usadas fontes radioativas seladas (OKUNO, YOSHIMURA, 2010).

3.2 Radiologia Industrial

A área de radiologia industrial se trata da aplicação das radiações ionizantes na indústria. Dentre os diversos tipos de indústrias se destaca a alimentícia. A Associação Médica Americana aprovou no ano de 1993 o uso da radiação com intuito de diminuir o tempo de deterioração dos alimentos e eliminar micro-organismos.

Desta forma, os alimentos se tornam mais seguros aos consumidores, sendo o uso da radiação responsável pela melhoria na saúde pública, bem como pelo aumento na distribuição internacional dos alimentos irradiados. Em síntese, o uso da radiação aumenta o tempo de vida útil dos alimentos e diminui o desperdício dos produtos (DIAS (s.d.)).

As radiações ionizantes utilizadas na indústria alimentícia são radiação gama, raios X e feixe de elétrons. As fontes de radiação utilizadas na indústria alimentícia podem ser por isótopos ou radiação por equipamentos que possuem capacidade de produzir formas de radiação ionizante. Os isótopos são mais utilizados como fonte de radiação, devido ao alto custo dos equipamentos e a necessidade de um sistema de resfriamento para o funcionamento deles. Os isótopos mais utilizados como fonte de radiação na indústria de alimentos são o cobalto-60 e o cézio-137. A radiação mais utilizada é a gama pela sua capacidade de penetração e poder de ionização (CARDOSO, 1999).

Raios gama são ondas com alto poder de penetração na matéria e é nocivo à saúde, são as maiores frequências eletromagnéticas. raios são absorvidos pela água ou outras moléculas constituintes dos alimentos, porém todo procedimento de irradiação possui um tempo prefixado e com objetivos bem determinados., mas nenhum resíduo de radioatividade permanece no alimento e nenhuma modificação na qualidade nutricional de produtos quando são irradiados com até 10,0 kGy (JAY, 2005).

3.3 Tecnologia dos alimentos/ aplicação da irradiação

A conservação e distribuição de alimentos são práticas que são realizadas a bastante tempo. A radiação é um ótimo método a ser utilizado como um dos meios de conservar o alimento e até mesmo, no ato de tonificar outros tipos de processos de conservação. A irradiação, por sua vez, também é uma técnica usada para esterilizar, mostrando-se ser um meio imprescindível na área da saúde, diminuindo a existência de problemas causados por patógenos alimentares. Mesmo com tais privilégios, o apodrecimento dos alimentos e a falta de informação sobre os efeitos dos produtos químicos compostos no procedimento, criam um certo cuidado quanto ao uso da irradiação nos alimentos (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Os diversos tipos de conservação têm o mesmo propósito, que é impedir a degradação dos alimentos, sendo elas de causa enzimática, microbiana, física ou

química. Tendo em vista que, os tratamentos já vistos e mais utilizados são: conservação pelo uso da irradiação; conservação por defumação; conservação pelo controle da umidade; conservação pela adição de um soluto; conservação por fermentação; conservação por adição de aditivos; conservação pelo frio; e conservação pelo calor (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

A utilização do uso da irradiação para conservar os alimentos, é um dos mais recentes, sendo excluída das citações de alguns autores enquanto descrevem as técnicas de conservação. A dedicação dos estudiosos em saúde pública pela irradiação de alimentos se mantém há pelo menos um século. Em 1950, novos conhecimentos começaram a indicar certos benefícios abordados pela irradiação dos alimentos, mas só em 1999 foi liberado o uso de dose de radiação maiores que 10 kGy pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1999).

A irradiação tem como princípio impossibilitar o aumento de microrganismos que acarreta degradação de alimentos, sendo eles fungos e bactérias em sua mudança molecular, como também, podem dificultar o amadurecimento de legumes e frutas, por meio de alteração no decorrer do processo fisiológico dos tecidos da planta. As radiações ionizantes utilizadas no procedimento de materiais, limitam-se aos raios-X e gama de alta intensidade e elétrons energéticos, tendo atividade alta capaz de deslocar os elétrons dos átomos e moléculas, transformando-os em partículas abarrotadas de energias (MASTRO, 2015).

A radiação ionizante, gera partículas cheias de energias, denominadas de íons, que irão interromper o método biológico que leva o alimento a se degradar ao contato. Raios X, gama ou elétrons, serão dissipados pela água ou outras moléculas que constituem as alimentações. Assim, quando a energia de um joule (J) é absorvida em um quilograma (Kg) de um ou outro material, consta que o elemento obteve dose de um gray (Gy). No procedimento, são desfeitas as células microbianas, sendo elas de bactérias a insetos e seus ovos (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Atualmente, encontram-se três formas usadas na metodologia de irradiação dos alimentos, sendo elas: Radapertização ou esterilização comercial, Radicidação ou radiopasteurização e a Radurização. A radapertização ou esterilização comercial é utilizada em doses energéticas de 10kGy e 45kGy para a preservação de produtos processados e carnes, destruindo massas de microrganismos que possibilitam a degradação dos nutrientes. A radicidação ou radiopasteurização aplicada com dose média entre 1kGy e 10kGy faz-se eficaz para a pasteurização de sucos e diminuir a

degradação de carnes secas. A radurização se reduz a doses baixas 1kGy visando impossibilitar brotamentos e atrasar o tempo de maturação, como também a degradação fúngica (MASTRO, 2015).

3.4 Processo de Irradiação

A técnica de irradiação é um dos principais métodos de conservação dos alimentos e tem como objetivo: pasteurizar, esterilizar, desinfetar e inibir a germinação (GAVA, 2009). Além dessas vantagens esse método de tratar os alimentos vem contribuindo para a diminuição de incidências de doenças que venham ser causadas por meio da ingestão dos mesmos (VIEIRA, et al., 2018).

Entre os produtos irradiados tem-se especiarias, grãos, carnes, frutas e tubérculos, os quais já se aplica esse processo há bastante tempo, ainda assim essa técnica é pouco utilizada no Brasil. O processo de irradiação ocorre quando o produto, seja ele de origem animal ou vegetal, é exposto a uma fonte radioativa. As fontes aceitas para comercialização são cobalto-60 e césio-123, por produzir raios gama de melhor qualidade, disponibilidade e custo, sendo a fonte de cobalto-60 a mais aceitável por ter uma forma metálica e ser insolúvel na água (MAGDA et. al, 2003).

Segundo a *International Atomic Energy Agency* (IAEA), a radiação impede a divisão de células vivas como por exemplo bactérias causando alteração moleculares, além de inibir a maturação de alguns vegetais ao induzir alterações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos (IAEA1991). O desenvolvimento de métodos de identificação de alimentos irradiados permite evitar que o alimento passe pelo processo novamente, verificar o cumprimento dos níveis mínimos de exigência microbiológica e contribuir para o controle do mercado internacional de alimentos irradiados (AMILCAR et. al, 2018).

Através de traçadores radioativos pode-se acompanhar as plantas, tendo informações do que elas precisam através de radiográficas, sendo possível também identificar os insetos e pragas indesejáveis, podendo exterminá-los de diversas formas (CENEN (s.d.)).

A irradiação de alimentos não é aceitável por todos os consumidores pela falta de conhecimento, a população confundi irradiação com contaminação, quando bem-informados sobre o processo maior parte muda seu pensamento (MODANEZ, 2012). Na cidade de Belo Horizonte (MG) uma pesquisa foi levantada indicando que 59,6% não sabiam que a irradiação é um método de conservação de alimentos e não

souberam responder se comeriam produtos irradiados, 16% acreditam que alimentos irradiados significam o mesmo que alimentos radioativos. Além disto, 89% dos entrevistados consumiriam alimentos irradiados se soubessem que a irradiação aumenta a segurança alimentar (ORNELLAS, 2006).

Segundo o Centro de Tecnologia das Radiações (IPEN), a irradiação de alimentos tem recebido atenção em todo o mundo e aproximadamente 37 países incluindo o Brasil aprovaram a irradiação de diversos alimentos. O alimento deve conter o símbolo da Radura acompanhado pelas palavras: tratado por irradiação ou tratado com radiação (IPEN, 2012).

3.5 Regulamentação

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), é o órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização (CNEN, c2015). A CNEN é responsável pelas normas e regulamentos em radioproteção e por regular, licenciar e fiscalizar a produção e a aplicabilidade de energia nuclear no Brasil (LEVY et al, 2020). Também vinculada ao Ministério da Saúde, a agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA) é uma agência reguladora e seu propósito é fiscalizar medicamentos, cosméticos e agrotóxicos.

No setor de alimentos a ANVISA coordena, supervisiona e controla as atividades de registro, inspeção, fiscalização e controle de riscos, além disso também é responsável por estabelecer normas e padrões de qualidade e identidade a serem observados. A fim de garantir a segurança e a qualidade de alimentos, incluindo bebidas, ingredientes, águas envasadas, matérias-primas, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia, materiais em contato com alimentos, resíduos de medicamentos veterinários, contaminantes, rotulagem e inovações tecnológicas em produtos da área de alimentos (ANVISA, 2019).

A Regulamentação do processo de irradiação de alimentos alterna de país para país nos quais a irradiação de alimentos é permitida, são necessários regulamentos para licenciar a planta, materiais radioativos ou processo; assegurar a segurança da radiação, a segurança ambiental e a saúde geral, a segurança durante a operação da usina; e para fornecer a eliminação de qualquer material perigoso ao final da operação (LEVY et al, 2020).

Embora os especialistas do comitê internacional estabeleçam um acordo de que o alimento é seguro e saudável para consumo após o processo de irradiação até

uma dose de 10 kGy (BRASIL, 2001). Cada país tratou de assumir sua própria abordagem única para a introdução, aprovação e regulamentação da tecnologia na produção de alimentos (LEVY et al, 2020).

As instalações que exercem o uso da irradiação de alimentos devem ser licenciadas pela autoridade competente seja estadual, municipal ou do distrito federal mediante a despacho de alvará sanitário, após autorização da comissão nacional de energia nuclear e cadastramento no órgão competente do Ministério da Saúde. As instalações devem acatar todos os requisitos de segurança radiológica, dispor de pessoas qualificadas e capacitadas para o trabalho com qualificação profissional (DINAL. Portaria n° 9/SVS, de 08 de março de 1985).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irradiação é considerada um método de higienizar e esterilizar alimentos para a conservação deles. Ajuda a combater as doenças causadas por micro-organismos que por sua vez também levam muitos alimentos a apodrecer (SANTOS, 2020). Compreende-se que a utilização de irradiação de alimentos é feita por fontes de energia que utiliza da radiação gama (cobalto 60 e césio 137); também por sua vez utiliza raio x com máquinas que possuem cerca de 5 MeV (SILVA, 2018).

No Brasil é muito usado esse processo de irradiação. Cada irradiador tem sua função, seja de grande porte ou de pequeno porte. Nos alimentos industrializados há uma esteira em que são colocados os alimentos e são levados para dentro das máquinas. Esses alimentos são expostos a radiação rapidamente, levando uma pequena dose equivalente a 1 kGy (RODRIGUES, 2019). A radiação interage com os íons do produto destruindo qualquer bactéria ou fungos que facilitam a perda do alimento dando mais tempo de vida útil ao alimento (SILVEIRA, PINHAL, 2015).

Na tabela 1 apresentada no anexo A, tem-se o tempo de vida útil de alguns alimentos irradiados. Por lei, cada alimento irradiado deve ter rotulado na embalagem o símbolo internacional Radura (figura 1 anexo B). Esse símbolo indica que aquele alimento foi irradiado e deve vir acompanhado de “tratado com radiação”. Assim os consumidores por sua vez saberão que aquele alimento está irradiado (SILVA, 2018).

4.1 Irradiação de frutas

A tecnologia aumenta a vida útil dos alimentos ao diferir a maturação de frutas, portanto diminui as perdas pós-colheita e contribui na distribuição e comercialização de produtos alimentícios, além disso reduz ou até elimina a presença de parasitas, fungos, bactérias e leveduras nocivas ao bem-estar da população, no qual torna os alimentos mais seguros diante do ponto de vista microbiológico. Quando conduzido de forma positiva o processo de irradiação não gera danos ambientais ou à saúde humana, dados que são apoiados por Organizações internacionais tais como a *U.S. Food and Drugs Administration* (FDA) e a *World Health Organization* (WHO) onde revisaram pesquisas essas e puderam concluir que a irradiação de alimentos é segura e benéfica (OLIVEIRA; SOARES e ALVES, 2012).

Nas figuras 2 e 3 apresentadas no anexo B, pode-se observar que algumas frutas foram sujeitadas a doses controladas de radiação no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) para o uso de pesquisa, no qual foi constatado o aumento da vida útil dos alimentos, com a diminuição na maturação, apodrecimento, brotamento de bulbos e tubérculos e prevenindo assim a deterioração por fungos.

Neste estudo foram avaliados o método de irradiação e o uso do fungicida dióxido de cloro. A tabela 2 em anexo A, apresenta as frutas, procedências e estado de maturação utilizadas no estudo de GOMES e colaboradores (2019).

Os fungicidas são compostos químicos originados naturalmente ou de forma sintética usados no combate aos fungos e micro-organismos em geral na agricultura, assegurando o seu alvo do desenvolvimento de patógenos. No geral, os fungicidas são classificados como protetores ou de contato, erradicantes e sistêmicos. Os protetores são aplicados antes da ação do fungo nos tecidos da planta, e assim formam uma barreira tóxica impedindo a penetração dos fungos. Os erradicantes são utilizados sobre o patógeno, eliminando-o da superfície de partes da planta. Já os sistêmicos atuam de forma a serem absorvidos pela planta e causando o espalhamento em partes da mesma, com o propósito de inibir a proliferação do patógeno em locais distantes ao que foi aplicado (GARCIA, 1999).

Existem vários métodos de fumigação com diferentes objetivos. A fumigação através da fumaça por exemplo garante uma difusão homogênea de um ingrediente ativo, atingindo partículas no ar e no material. Além dos diversos métodos, existem também uma grande diversidade de compostos químicos orgânicos e inorgânicos que podem ser utilizados na fumigação química, entre esses destaca-se o dióxido de cloro (ClO₂). Trata-se de um composto químico que em temperatura ambiente encontra-se

no estado gasoso e possui cor verde/amarelado. Por ser um forte oxidante, é uma das ferramentas mais utilizadas no controle microbiológico, além de ser classificado como esterilizante pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) em 2003. O ClO_2 atua na diminuição do transporte de nutrientes na parede celular dos microorganismos e apresenta capacidade de combater esporos, bactérias, vírus e outros patogênicos mesmo em baixas quantidades (LENNTECH, 1998).

Os mamões (formosa e papaya), bananas e maçãs receberam 0,5 kGy a uma distância de 30 cm da fonte. Os morangos receberam 3,0 kGy, a uma distância também de 30 cm da fonte. A irradiação foi destacada com clareza sendo o método mais eficiente utilizado em relação à conservação das características sensoriais de aparência, odor e consistência dos frutos no experimento. Já os frutos que receberam a aplicação da solução de ClO_2 (com exceção das bananas e morangos) todos os outros conseguiram notas melhores que os frutos do grupo controle. E com os piores resultados em geral foram dos morangos que receberam aplicação da solução de ClO_2 e do grupo controle (BRASIL, 2001).

4.1 Irradiação de legumes e hortaliças

Os principais fatores de infecção nos alimentos que causam a degradação, são homens, animais e a utilização de água contaminada, adubos de origem animal, contaminando o solo, modo de preparo errado, embalagens e armazenamentos impróprios. Um dos fatores que ajudam no aumento de vida dos alimentos processados, é o controle de temperatura, conduzindo o alimento a algum local frio, logo após sua colheita, deixando o seu apodrecimento mais lento antes que ele seja processado, e o uso de embalagens apropriadas, é mais um fator importante para conservar os alimentos minimamente processados (SILVA, 2014).

Os vários estudos microbiológicos, vem mostrando vantagens em aplicar radiação ionizante em legumes e vegetais, os alimentos irradiados começam a ter uma vantagem com relação a infecções microbiológicas, ficando estáveis por mais tempo e aumentando seu tempo de meia vida. Já os alimentos não irradiados, em torno de 20 dias, a soma total de bactérias é significativamente maior, causando o apodrecimento. Gallo (2018), realizou estudos em batata e cebola, percebendo que a irradiação desses alimentos, tem a finalidade de armazenar em refrigeração e em temperatura ambiente. As vantagens do uso da irradiação nestes vegetais podem ser nitidamente observadas nas figuras 4 e 5 do anexo B.

Para o processo da desinfecção de alimentos, é aconselhável usar doses menores que 1 KGy para atrasar o amadurecimento dos legumes, como no caso das batatas e cebolas. Doses de radiação de 1 KGy a 10 KGy são vistas como apropriadas para a diminuição da carga microbiana existente no alimento. Doses de radiação maiores que 10 KGy, são utilizadas para desinfecção de alimentos para enfermos imunodeprimidos ou grupos de risco, e na desinfecção de alimentos desidratados, para astronautas (SEVERINO, 2018).

4.3 Irradiação em carnes, aves e peixes

A radiação gama vem ganhando espaço no intuito de reduzir patógenos em diversos tipos de carnes, sua aplicação pode ser feita em carnes cruas, congeladas ou levemente processadas (ROBERTS, 2014). Estudos comprovam que doses médias de irradiação (1,8 e 2,0 kGy) em bifes de carne bovino e carne moída armazenados a 7 °C por 7 dias destruiu *yersinia enterocolitica* e *scherrichia coli*. Fu e colaboradores (1995) descobriram também que costelas de porco com doses baixas de radiação (0,75 e 0,90 kGy) reduziram o número de células viáveis de *listeria monocytogenes* em mais de 2 log e de *salmonella typhimurium* por 1 e 3 log. No mesmo estudo, após aplicação de dose média (1,8 e 2,0 kGy) população de patógenos foram reduzidos para níveis indetectáveis.

O consumo de carne de frango cresce mundialmente, no Brasil, o consumo per capita é de 42,07kg, a produção desse alimento vem crescendo anualmente ultrapassando cerca de 13,05 milhões de toneladas em 2017, ficando com o segundo lugar na produção mundial. Segundo Vieira (2005) foi elaborada uma pesquisa com hambúrguer de frango congelado irradiado com dosagens de 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 e 3,5 kGy inoculado com quatro cepas diferentes de *salmonella spp*. Foi possível obter níveis de redução de acordo com a dosagem efetuada, sendo que com a dosagem de 3,5 kGy houve uma redução média de 4 ciclos.

No pescado, a decomposição se inicia rapidamente, poucos instantes após sua morte, devido à presença de microrganismos oriundos do ambiente onde vivem, seja ele marinho ou fluvial, os quais, em sua maioria, não são patogênicos para o homem. Porém, em caso de águas poluídas por esgotos e manipulação inadequada, há maior possibilidade de ocorrência de agentes etiológicos de doenças alimentares idade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada (MONTEIROL et al, 2012).

No ano de 1997 o Brasil foi responsável por produzir cerca de 70.500 toneladas de pescados, isso é equivalente a pouco mais de 0,2 das 36,5 milhões de toneladas produzidas mundialmente. Desta forma é necessário que seja feita uma interferência nesta produção de uma vista agronegócial. Alimentos irradiados são comercializados em 23 países (Bruhn & Wood, 1996; Derr et al., 1995; Loaharanu, 1994; Urioste et al., 1990). Nos últimos anos foram elaborados testes de aceitação nos países, Argentina, Bangladesh, Chile, China, Estados Unidos, Filipinas, França, Hungria, Indonésia, Israel, Polônia, Tailândia e Alemanha, onde foi apresentado por todos eles resultados favoráveis. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) conforme a resolução 05/1980, aprovou as normas de irradiação de alimentos, posteriormente regulamentadas pela portaria nº. 9 da Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos (DINAL), de 8 de março de 1985. Para produtos do pescado, as doses médias recomendadas são as de 1,0 kGy para filé de peixe e 2,2 kGy para peixe salgado e defumado.

4.4 Irradiação em bebidas

As bebidas de uma forma geral, principalmente as alcoólicas apresentam uma ampla variação de “*flavor*”, decorrentes da presença de álcoois, aldeídos, ácidos orgânicos e ésteres, que são os compostos responsáveis pelo odor e sabor dessas bebidas (PACKOWSKI, 1978). Neste aspecto, o uso de irradiação possibilita a aplicação da radiação ionizante para alterar características sensoriais destas bebidas.

MOSEDALE e PUECH (1998) relatam que o uso das radiações ionizantes pode ser uma nova técnica para o tratamento dos tonéis e das madeiras para maturação de bebidas, visando aumentar a taxa de extração e de reações entre os compostos. Segundo URBAIN (1986), doses entre 100 e 150 Gy produzem conhaques com sabor e aroma equivalentes aos obtidos com três anos de envelhecimento natural. Na produção de cachaça o uso de irradiação gama, possibilita uma extração mais rápida de compostos da cachaça, tornando o tempo de maturação mais rápido, sendo utilizadas doses de 150 a 200 kGy (MIRANDA, HORII, ALCARDE, 2006).

A irradiação em vinhos tem como benefícios a aceleração no tempo de fabricação, bem como esterilização do sumo da uva e a aceleração do envelhecimento. Mesmo com a ampla quantidade de pesquisas referente à irradiação de alimentos, não se conhece muito os efeitos da irradiação em bebidas fermentadas como o vinho (SILVA, LEIRAS, WAGNER, 2014).

Pesquisadores do Centro Nacional de Doença Animal de Ames, Iowa (EUA), e da Universidade de Colorado, pesquisaram a capacidade da radiação gama de destruir o organismo que provoca a Doença de Johnes em vacas leiteiras. Neste estudo mostrou-se que a irradiação (de 5 a 15 KGy) consegue destruir com sucesso a *Mycobacterium paratuberculosis*, se mostrando uma alternativa para, em alguma época, substituir a pasteurização do leite (VEIGA, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o uso da irradiação na área industrial alimentar, proporciona desinfecção aos alimentos garantindo um tempo de vida mais prolongado. Além disso, tem-se um ganho econômico e na qualidade de vida. É importante ressaltar que ainda não existe um conhecimento acerca do assunto, causando bloqueio com relação ao consumo desses alimentos irradiados. Foi possível verificar a ampla possibilidade de aplicação da irradiação na indústria alimentícia, frutas, legumes, carnes, aves, peixes e bebidas. Em todas estas aplicações o uso da irradiação apresentou benefícios. Desta forma, tem-se comprovadamente que esta área de aplicação da radiação ionizante tende a crescer em virtude da sustentabilidade e desenvolvimento da população.

REFERÊNCIAS

AMORIM, B; CANCI, L; ANTUNES, L; CANAN, C; DRUNKLER, D. Avaliação do emprego de radiação catalítica ionizante na descontaminação de cortes de frango. In: **7º Simpósio de segurança alimentar**, 2020.

Antonio, Amilcar L.; Cabo Verde, Sandra; Santos, Pedro M.P. (2018). **Irradiação por feixe de electrões de alta energia na preservação de alimentos: estudo dosimétrico**. In **21ª Conferência Nacional de Física e 28º Encontro Ibérico para o Ensino da Física**. 2018, Covilhã. Resumos, Covilhã: SPF - Sociedade Portuguesa de Física, 2018, P. 9-184.

Aplicações na agricultura, **CENEN Apostila educativa Aplicações da Energia Nuclear**, pag.9 (s.d). Disponível em:

[https://bibliotecadigital.seplan.planejamento.gov.br/bitstream/handle/iditem/555/Aplica%C3%](https://bibliotecadigital.seplan.planejamento.gov.br/bitstream/handle/iditem/555/Aplica%C3%9)

[A7%C3%B5es%20da%20Energia%20Nuclear.pdf?sequence=1](#)

Acesso em: 18 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de jan. 2001.

Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, **ABRASCO Associação Brasileira de Pós-graduação em Saúde Coletiva**, Brasília DF, 01 de agosto de 2003, pt.1209.

Disponível em:

<http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/8810/11890.pdf?sequence=1>

Acesso em: 18 out. 2021.

COUTO, R.R; SANTIAGO, A.J. Radioatividade e Irradiação de Alimentos, **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 2, p. 193-215, Jul/Dez 2010.

Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos – DINAL. Portaria nº 9/SVS, de 08 de março de 1985. Aprova a Relação de Alimentos cuja irradiação é autorizada, indicando para cada caso: o tipo, nível e dose média de energia de radiação que pode ser empregada, o objetivo da irradiação e o tratamento prévio, conjunto ou posterior.

GALLO, Juliana Maria Altavista Sagretti. **Avaliação da percepção de participantes do Banco de Alimentos da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo sobre o processo de irradiação de alimento. Divulgação do tratamento de alimentos por radiação ionizante: desenvolvimento de questionário e análise sensorial**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

GOMES, I. O, SANTOS, C. M, SANTOS, H. S, SIQUEIRA, M. J, FERREIRA, S, VIEIRA, A. D, MUNIZ, B. P. Avaliação dos efeitos da irradiação gama e aplicação de Fungicida no tratamento e conservação de frutas, **Revista de engenharias da faculdade salesiana**. n. 10 , p. 12-19, 2019.

HORTA, Michelle Guimarães. **Irradiação gama e adição de extrato de alecrim em hambúrguer de carne bovina congelado: efeito na qualidade**. 2019. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos, **Revista Saúde em Foco**, v. 10, n. 1, 2018.

LEVYA, 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. 08, p. 1-16, Jul. 2020.

MASTRO, N. L. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável, **Vigilância sanitária**, v. 3, n. 2, p. 114-121, 2015.

OLIVEIRA, K. C. F, SOARES, L. P, ALVES, A. M. Irradiação de alimentos: extensão da vida útil de frutas e legumes, **Saúde e ambiente**. v. 7, n. 2, p. 52-57, jul/dez 2012.

ORNELLAS, C. B. D; GONÇALVES, M. P. J; SILVA, P. R; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos, **SIELO BRASIL**, P. 1-3 jan/2006.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth. **Física das radiações**. São Paulo: oficina de textos, 2010.

PACHECO, Natália H.R. **Irradiação de Alimentos: um estudo de caso**. 2013. 52 p. Monografia de especialização – Universidade Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

PACKOWSKI, G. W. Beverage spirits, distilled. In: KIROTHMER (Ed.) Encyclopedia of Chemical Technology, 3 ed. New York: John Wiley & Sons, v. 3, p. 830-863. 1978.

PINO, E. S.; GIOVEDI, C. Radiação ionizante e suas aplicações na indústria, **Revista UNILUS**, v. 2, n. 2, jan/jun 2005.

PINTO, S. M, Formas de uso da radiação para conservação dos alimentos: uma abordagem bibliográfica, **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 14, n. 2, 2018.

PASSOS F. R; MENDES F. Q. Radiação gama na conservação de carne: uma revisão, **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, V. 3, N. 6, 2017.

RODRIGUES, Gabriela, V. **Panorama e Perspectiva Do Uso De Irradiação Na Conservação De Alimentos**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. p. 1/40. Julho, 2019.

SEVERINO, Andreia Filipa Povoeira. **Avaliação da extensão do tempo de prateleira de tomates cereja irradiados por feixe de electrões**. 2018. Tese (Doutorado) - UNIVERSIDADE DE LISBOA, Lisboa, 2018.

SILVA, A. L. F; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, jan./jun.

SILVA, Alysson Rafael Santana; BARROS, Monique Suellen Leite. **O uso do processo de irradiação de alimentos: uma revisão sistemática**, 2021. f. 19. (Bacharelado) - coordenação do curso de nutrição - Faculdade pernambucana de saúde-FPS, Recife, 2021.

SILVA, João, K. R. **IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**. Instituto Federal De Educação, Ciências e Tecnologia Do Piauí. p. 1/60. Agosto, 2018.

SILVEIRA, P. L.; PINHAL, P. J. O uso da radiação na conservação dos alimentos, **Revista UNILUS**, São Paulo, 26 de outubro 2015.

SILVA, Vanessa de Cillos. **Efeitos da radiação gama e temperaturas de armazenamento em legumes minimamente processados e pré-cozidos e aceitabilidade de mercado de produtos irradiados.** 2014. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

VASCONCELOS, Margarida; FILHO, Artur. **Conservação de alimentos.** Recife: EDUFRPE, 2010.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Geneva, 1999. 203p. (Geneva, Switzerland).

ANEXOS

ANEXO A – Tabelas relacionadas ao texto

Tabela 1: Comparação do tempo de vida útil de cada alimento irradiado com o mesmo sem irradiação.

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: SILVA,2018.

Tabela 2: Frutas, procedências e estado de maturação utilizadas no estudo.

Fruto	Tipo	Procedência	Quantidade	Estado
Banana	Maçã	Produtor rural	01 penca	Verdes
Mamão	Formosa	Supermercado	01 unid.	Verdes
Mamão	Papaya	Produtor rural	03 unid.	Verdes
Maçã	Nacional	Supermercado	04 unid. (Irradiação) 03 unid. (Fumigação e Controle)	Bem maduras
Morango	Camarosa	Supermercado	01 bandeja	Maduros

Fonte: GOMES,2019.

ANEXO B – Figuras relacionadas no texto

Figura 1: Símbolo radura que indica que o alimento foi irradiado.



Fonte: SILVA,2018.

Figura 2: Mamões irradiados com 1KGy (com 10 dias).



Fonte: IPEN,2012.

Figura 3: Morangos irradiados com 3KGy (com 4 dias).



Fonte: IPEN,2012.

Figura 4: Cebolas irradiadas com 0,15KGy (com 5 meses).



Fonte: IPEN,2012.

Figura 5: Batatas irradiadas com 0,15KGy (com 5 meses).



Fonte: IPEN,2012.