Originalmente publicado na Revista COOPEX/FIP (ISSN:2177-5052). 9ª Edição - Vol. 09 - Ano: 2018. No seguinte endereço: http://coopex.fiponline.edu.br/artigos

Conservação de alimentos de origem vegetal por meio da radiação gama

Helder Santos de Figueiredo[1*]
Iankel Ribeiro de Sá Vieira[2**]
Júlia Laurindo Pereira[3***]
Rodrigo Diniz Paiva[4****]
Maria Allana Juca Rodrigues da Silva[5*****]

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de abordar o efeito da irradiação nos alimentos de origem vegetal na garantia da eliminação de microrganismos e patógenos, visando à segurança alimentar do consumidor. Utilizou-se do método de pesquisa bibliográfica em base de dados Google Acadêmico e o SciELO, com os seguintes descritores: “Conservação”, “Irradiação de alimentos”, “Radiação ionizante”, “Segurança alimentar”. Foram selecionados 18 trabalhos científicos entre dissertações, teses, artigos e livros que mais contribuiriam para a finalidade da presente pesquisa. Os estudos mostraram que a irradiação nos alimentos não modificam as propriedades nutritivas nem organolépticas e elimina com eficiência os microrganismos, quando usadas determinadas doses e em condições de armazenamento especificas para cada alimento.

Palavras Chave: Conservação. Irradiação de alimentos. Radiação ionizante. Segurança alimentar.

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the effect of irradiation on food of plant origin in guaranteeing the elimination of microorganisms and pathogens, aiming at the food safety of the consumer. We used the bibliographic search method in the Google Scholar database and the sciELO, with the following descriptors: "Conservation", "Food irradiation", "Ionizing radiation", "Food safety". We selected 18 scientific papers among dissertations, theses and articles that would contribute most to the purpose of the present research. Studies have shown that irradiation in food does not modify nutritional or organoleptic properties and effectively eliminates microorganisms, when used in certain doses and under specific storage conditions for each food.

Keywords: Conservation. Food irradiation. Food safety. Ionizing radiation.

---

[1] Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia das FIP, Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: heldsantos2012@gmail.com
[2] Professor do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia das FIP, Paraíba, Brasil. E-mail: iankelribeiro@gmail.com
[3] Doutoranda em Medicina Veterinária na Universidade Federal de Campina Grande – UFGC, Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: julia_laurindovet@hotmail.com
[4] Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia das FIP, Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: dinizrdpb@gmail.com
[5] Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia das FIP, Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: allanajuka@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os alimentos são considerados um dos maiores veículos causadores de distúrbios diarreicos, sendo esses responsáveis por aproximadamente 25% das causas de mortalidade. Embora a segurança nos alimentos tenha ganhado alto nível de avanço, o número de doenças causadas por microrganismos ainda são expressivos trazendo perigos e riscos para o consumidor. Além das doenças, há outros fatores de aspecto ecológico, como o desperdício dos alimentos por causa da deterioração, fato esse, percebido principalmente em países em desenvolvimento, representando um dos grandes problemas a serem resolvidos. Cerca de metade de produtos perecíveis como carne de aves, bovina, pescado, hortaliças e frutas são perdidos antes de chegarem à mesa do consumidor (GERMANO, 2011).

Com isso, a irradiação vem como uma técnica segura que interage com o produto atingindo o seu objetivo e sem afetá-lo negativamente, sem aumentar significativamente a temperatura, permitido deixar o alimento como o seu estado inicial. Como processo de conservação a irradiação se diferencia dos demais métodos por ter a capacidade de eliminar microrganismos causadores de doenças, como a *salmonela*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *A. hydrophilia*, *Shigella spp.*, *Campylobacter spp.* entre outros patógenos em alimentos de origem animal e vegetal, entretanto essa técnica para ser eficaz deve ser aliadas às boa práticas de produção (SILVA JUNIOR, 2014).

O método de radiação ionizante em alimentos baseia-se na exposição do produto alimentício, embalado ou a granel, a um campo de radiação, geralmente o cobalto-60, que por sua vez é altamente penetrante por ser do tipo gama, e por um determinado tempo com um objetivo, seja na redução ou destruição de baterias, parasitas, fungos e insetos, seja no retardo da maturação, auxiliando no prolongamento de vida de prateleira de frutas, vegetais, carnes, etc. (NOBREGA, 2017).

A mudança genética de agentes patogênicos, causada pela irradiação não produz riscos à saúde, não tendo diferença de mudança. Quando ocorre a radiação no alimento as propriedades nutricionais, como o conteúdo vitamínico, conteúdo de gordura, qualidade proteica, digestibilidade dos componentes do alimento, energia biológica e análise sensorial são preservadas, não deixando efeitos significativos nos produtos (SILVA JUNIOR, 2014; OMS, 1995). Diante disso, esse estudo aborda sobre o efeito da irradiação nos alimentos de origem vegetal na garantia da eliminação de microrganismos e patógenos, visando à segurança alimentar do consumidor.

PROCESSO DE IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS

No Brasil, a Comissão nacional de Energia Nuclear (CNEN) é a instituição que autoriza a utilização de fontes de irradiação para o tratamento de alimentos. Os radioisótopos emissores de radiação gama são o Cobalto-60 e césio-137. Os raios gama consistem em ondas eletromagnéticas de curto comprimento e alta frequência, e são usadas na irradiação pela sua alta penetrabilidade. O cobalto-60 é especificamente indicado para o da radiação em alimentos, mas também tem uso na radioterapia e esterilização de produtos hospitalares (GERMANO, 2011).

No processo de irradiação de alimentos, caixas de alumínio ou containers são postos em monotrilhos que levam os alimentos para dentro da câmara de irradiação. A energia gama passa pelo alimento, penetrando-o, entretanto sem deixar resíduos, simplesmente atravessando-o. A quantidade é ínfima não deixando nem sua embalagem nem o próprio alimento radioativo (GERMANO, 2011; DIEHL, 2002).

O tempo de exposição à radiação vai variar, conforme a densidade do alimento e a quantidade de energia emitida pelo aparelho de irradiação, sendo esses dois fators que determinam a dose. Para medir a dose absorvida usa-se o termo Gray (Gy), termo este desenvolvido pelo Sistema Internacional de Unidades (SIU). Um gray representa um joule/quilo de alimento (GERMANO, 2011).

Como se sabe cada alimento tem uma espessura e propriedade próprias, por isso é importante salientar que, existe uma dose de radiação especifica recomendada para cada alimento, baseado em estudos feitos pelas instituições e pesquisadores responsáveis. Então para simplificar eles classificaram a aplicação de radiação em 3 categorias: dose alta (>10kGy), dose média (1 – 10kGy) e dose baixa (≤ 1 kGy) (SILVA JUNIOR, 2014).

As principais doses utilizadas em alimentos de origem vegetal se encontram mostradas na tabela 1.

Tabela 1 – Principais doses usadas em alimentos de origem vegetal

Função	Dose (kGy)	Produtos
Inibir a germinação	0,05 – 0,15	Batatas, alho, cebola, arroz
Eliminação de insetos e parasitas	0,15 – 0,5	Cereais, frutas secas
Atrasar processos fisiológicos	0,50 – 1,0	Frutas e hortaliças
Melhoramento de propriedades tecnológicas do alimento	2,0-7,0	Uvas e verduras desidratadas
Descontaminação de certos aditivos e ingredientes	10,0 – 50,0	Especiarias

Fonte: Adaptado de Germano (2011).

APLICAÇÕES DA RADIAÇÃO IONIZANTE NOS ALIMENTOS

Há exigências para que os alimentos submetidos a radiações, como outro processo de conservação, não devem alterar suas condições organolépticas e higiênicas (EVANGELISTA, 2005).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Food and Drug Administration (FDA) determinaram as doses de irradiação utilizadas nos alimentos, tal como os objetivos e propósitos. Sendo esses alicerçados em diversas pesquisas feitas por diferentes instituições internacionais (GERMANO, 2011).

Segundo Germano (2011) e CENA (2007) doses aplicadas de até 10 kGy em alimentos não precisam de avaliação toxicológica ou nutricional. Sendo essa dosagem o limite máximo para tais fins. As categorias relacionadas à intensidade da irradiação ionizante apliada são:

- Radurização – dose de baixa intensidade que variam entre 1 e 5 kGy. Utilizadas em associação a outros processos de conservação, tais como a refrigeração, com objetivo de inibir brotamentos, retardar a maturação e deterioração de vegetais, além da desinfestação de insetos e ácaros.
- Radiciação – utiliza-se doses intermediarias que variam entre 2,5 e 6 kGy. Para fins de controle ou destruição de microrganismos patógenos nos alimentos. Os objetivos desse processo são semelhantes aos da pasteurização.
- Radapertização – doses altas de radiação são usadas (cerca de 10 kGy) aplicadas para esterilizar alimentos. São geralmente aplicadas em carnes e em pescado.

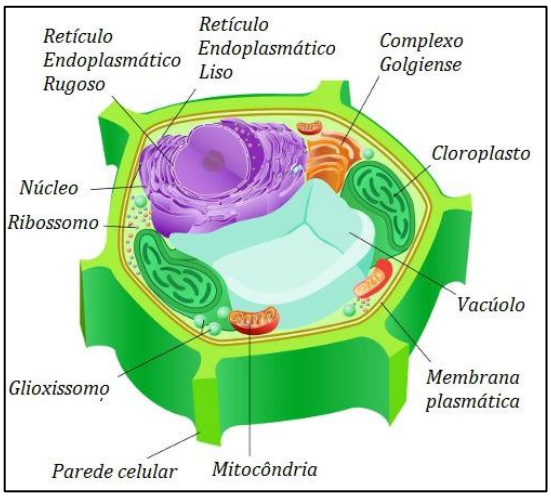
Vale salientar que, o Gy é a unidade de energia absorvida por um organismo quando é atingido pela radiação ionizante. A energia de 1 Joule que é absorvida por 1 quilograma de material equivale a uma dose absorvida de 1 Gy. Entretanto, em relação a danos ou prejuízos que a energia pode provocar pela radiação ao material não é suficientemente poderosa. Os danos dependerão de diversos fatores como a massa e a quantidade de radiação (NEVES et al., 2002).

AÇÃO DA RADIAÇÃO NOS MICRORGANISMOS

As células vegetais se assemelham às células animais, se diferenciando por detalhes, como a parede celular que dá maior rigidez à célula, vacúolos e cloroplasto. No núcleo

existem três componentes: nucleoplasma, cromossomos e os nucléolos. Os cromossomos consistem de ácido desoxirribonucleico (DNA) e proteína (Figura 1).

Figura 1 – Diagrama típico de célula vegetal



Fonte: SANTOS, 2018.

A maior vantagem da radiação como meio de conservação é a inativação de microrganismos. Sendo esse um meio efetivo de destruição de bactérias patogênicas e não patogênicas como também parasitas e em uma escala menor, vírus (MOY, 1993).

Na irradiação dos alimentos ocorre à produção de íons reativos, esses destroem os microrganismos, pois os íons alteram a estrutura da membrana celular, modificando a atividade de enzimas metabólicas. Contudo, esse procedimento induzem principalmente modificações no ácido Desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) provocando um bloqueio da duplicação de NA e a paralisação da síntese proteica (FELLOWS, 2006). Isso faz com que ocorra a inibição da reprodução e o impede o crescimento dos microrganismos.

Yokoya et al. (2008) fala que, os danos no DNA acontecem como uma consequência da colisão direta entre a radiação e o material genético, ou também pela interação da radiação com moléculas que interagem com o material genético.

Somente após um período que os efeitos da irradiação são aparentes quando ocorre a o impedimento da divisão celular, ou seja, a dupla hélice do DNA não consegue desenrolar-se e o microrganismo não consegue reproduzir-se (FELLOWS, 2006).

A velocidade destrutiva variará conforme a velocidade da produção de íons e a interação deles com o material genético, enquanto a redução do número de células depende da dose total de radiação recebida (FELLOWS, 2006).

Pereira (2004) aborda que a radiossensibilidade dos microrganismos depende de vários fatores, tais como atividade da água, PH, temperatura, presença ou ausência de oxigênio e composição química do meio. Dependendo do microrganismo há resistência à radiação podendo haver diferenças na resistência inerente de espécie para espécie, relacionados principalmente com as habilidades de recuperação aos danos causados pela irradiação, envolvendo também aspecto de suas estruturas químicas e físicas.

Fellows (2006) fala que quanto menor e mais simples o microrganismo, maior será a dose de radiação para sua eliminação. Em relação aos vírus, a radiação utilizadas comercialmente pouco os atingirá, pois os mesmos são bastante resistentes. Os *clostridium botulinum e Bacillus cereus* são formadoras de esporos e aqueles que se recuperam rapidamente, como *Deinococcus radiodurans* são mais resistentes que células vegetativas e as bactérias não formadoras de esporos. Já o *Toxoplasma gondii* e o *Trichinella spirallis* precisam de doses mais baixas.

METODOLOGIA

O presente artigo é um estudo bibliográfico, que segundo Malheiros (2010) este tipo de pesquisa levanta o conhecimento disponível na área, possibilitando ao pesquisador conhecimento sobre as teorias produzidas, analisando-as e avaliando sua contribuição para compreender ou explicar o seu problema e objeto de investigação.

Gil (2010) fala que, a pesquisa bibliográfica é baseada no levantamento de materiais já publicados com finalidade de analisar posições diversas em relação a determinado assunto. Colocando o pesquisador em contato com o que já se produziu e registrou a respeito da temática abordada no seu estudo.

Para Fogliatto (2008) a revisão bibliográfica agrupa diversas ideias de diferentes fontes para construir uma nova teoria ou nova forma de mostrar um assunto já debatido e conhecido.

A presente pesquisa usou como principais fontes de pesquisa o Google Acadêmico e o sciELO, utilizando-se dos seguintes descritores: “Conservação”, “Irradiação de alimentos”, “Radiação ionizante”, “Segurança alimentar”.

Esta pesquisa teve como critérios de inclusão, trabalhos nacionais e que utilizassem a radiação gama na conservação de alimentos, e trabalhos que não foram publicados entre os anos de 2008 a 2018, foram excluídos. Com isso, reuniu-se 18 trabalhos científicos, dentre eles estavam artigos, dissertações, teses, livros e trabalhos de conclusão de curso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

IRRADIAÇÃO DE PRODUTOS VEGETAIS

Frutas

Quando se irradia frutas observa-se a qualidade e o tempo de armazenamento que serão postas. Esses dois fatores são levados em consideração para prescrição das doses de radiação. No caso de sucos de frutas é necessário levar em conta o tipo de fruta e a extensão do tempo de armazenamento exigido (EVANGELISTA, 2008). Algumas frutas e sucos de frutas que foram estudados serão mostrados a seguir.

A manga foi utilizada para avaliar o efeito da radiação gama em doses baixas no controle pós-colheita da podridão por *Fusicoccum* em manga 'Tommy Atkins', bem como avaliar o efeito desse método sobre as características físico-químicas da fruta. As amostras foram irradiados com as doses de 0,24, 0,35 e 0,45 kGy. Desse estudo retirou-se a seguinte conclusão: A dose mais alta de radiação gama foi eficiente em retardar o desenvolvimento da doença em razão do atraso causado na maturação das frutas. Não houve efeito significativo da radiação sobre as características físico-químicas das frutas. Os frutos mantiveram características ideais para comercialização, mesmo após o armazenamento refrigerado, com a presença de filme plástico, por 15 dias (SANTOS et al., 2010).

Silva et al., (2008) observou as alterações nas características físico-químicas de abacaxi da cultivar Smooth Cayenne quando submetida às doses de 100 e 150 Gy, associada à temperatura refrigerada de 12 °C e 85% de umidade relativa, durante os períodos de 10, 20 e 30 dias de armazenamento, utilizando o radiador destinado à pesquisa, com fonte de Co-60. Os pesquisadores verificaram que, a irradiação teve pouca influencia nas características físico-químicas do abacaxi, entretanto, são melhores que o grupo controle. O melhor período para desenvolvimento das principais características de qualidade foi de 20 dias de armazenamento, enquanto que o armazenamento por 30 dias foi considerado longo por prejudicar a qualidade do abacaxi.

Nassur et al. (2016) avaliou a aplicação de diferentes doses de irradiação gama (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 KGy) visando o aumento da vida útil e preservação da qualidade de morangos armazenados por 5 dias em sistema refrigerado. Eles constataram que as doses de irradiação gama não modificaram as características nutricionais e, assim mantive sua qualidade microbiológica até o fim do período analisado.

Sucos de uvas foram avaliados para saber os efeitos da irradiação gama nas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais ao longo do armazenamento, à temperatura ambiente. As doses de irradiação gama aplicadas foram 0,0 kGy; 1,0 kGy; 1,5 kGy e 2,0 kGy. Foram avaliadas ao longo do armazenamento as seguintes características: pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT, cor, fenólicos totais, atividade antioxidante, antocianinas totais, vitamina C, análises microbiológicas e sensorial. O estudo constatou que, a qualidade sensorial dos blends de suco de uva submetidos até 2,0 kGy foi mantida inalterada assim como as outras características analisadas. A irradiação gama reduziu a contagem de fungos filamentosos e leveduras ao longo do armazenamento (MESQUITA, 2017).

Ortiz (2012) na sua pesquisa com o objetivo de escolher a melhor dose no processo da radiação gama em suco de laranja, com finalidade de reduzir a contagem microbiana e não comprometer as características sensoriais e físico-químicas do suco percebeu que, a radiação gama e a pasteurização contribuíram para a redução das contagens microbiológicas. Entretanto, para os aspectos sensoriais as doses de 4,5 e 6,0 kGy foram considerados abaixo do limite aceitáveis, quanto ao sabor e à impressão global. As doses analisadas apresentaram reduzido impacto sobre as características físico-químicas, independente das variedades cítricas. Enquanto a dose de 3,0 kGy resultou em suco com aroma e sabor acentuado de remédio e cozido, que consequentemente terá uma impressão negativa na aceitabilidade do produto.

Segundo Fabbri (2014) saladas de frutas tratadas com dose de 3,0 kGy podem ser indicadas para o consumo de imunocomprometidos, desde que produzidas com Boas Práticas de Fabricação, seguindo os critérios de produção desde a matéria-prima até o produto final. No seu estudo, frutas minimamente processadas e saladas de frutas foram submetidas às doses de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 kGy e analisadas juntamente com as amostras controle. A conclusão da pesquisa mostrou que a irradiação garante a segurança microbiológica dentro dos níveis exigidos pela legislação das amostras estudadas.

De acordo com Silva (2014) o tratamento por irradiação gama aumentou a vida útil de prateleira da polpa de amora em até 60 dias, sendo que o tratamento com uma dose de 1,5 kGy foi a que mostrou melhor qualidade microbiológica. Os autores avaliaram os efeitos da radiação gama na conservação dessa polpa, com doses de radiação de 0,75 kGy; 1,5 kGy e 3 kGy.

Hortaliças

Efeitos nocivos a hortaliças podem aparecer quando aplicadas doses elevadas promovendo o aparecimento de efeitos como o enegrecimento, a diminuição do teor de vitaminas, a rancidez ou quando armazenados ocorrendo a decomposição acelerada (GERMANO, 2011). As hortaliças encontradas nos trabalhos científicos, em sua maioria, utilizaram baixas doses, elas serão apresentadas a seguir.

Martins (2014) utilizando doses 0,10, 0,15 e 2,00 kGy no seu estudo com o objetivo de avaliar os efeitos da radiação gama (fonte de Co-60) sobre as características físico-químicas e sensoriais de batata inglesa da cultivar Ágata, constatou que, a dose mais adequada na conservação da batata usada no estudo foi de 0,15 kGy. Esta dose não alterou as propriedades nutricionais ou sensoriais e contribuiu para o aumento da vida útil das amostras.

Estudo feito com tomates para avaliar o potencial esterilizante de doses 0,10, 0,15 e 2,00 kGy de radiação ionizante conclui que, a dose de 2,0 kGy foi a mais eficiente para a esterilização e o aumento de vida de prateleira dos tomates (VICALVI, 2011).

Diferentes espécies de cebola foram utilizadas para estudos com a radiação gama para especificar qual melhor dose para sua conservação avaliando suas características físico-químicas pós-irradiação. Foram usadas doses de 40, 60, 80 e 100 Gy, sendo as amostras mantidas a temperatura e umidade relativa do ar ambiente. O pesquisador chegou aos seguintes resultados: o tratamento de 60 Gy para a cultivar Aguarius se mostrou mais eficiente para a conservação das cebolas (período de no mínimo 120 dias). Para a Optima as doses de 40, 60, 80, 100 Gy se mostraram eficientes para a conservação da cebola por um período prolongado de armazenamento. E para a Goiana, na maior parte do tempo, praticamente não houve diferença na conservação das cebolas irradiadas ou não. O autor concluiu que, o processo de irradiação inibiu o brotamento e manteve as características sensoriais e físico-químicas (SOUZA, 2014).

Analises de pH, peso, umidade, textura e cor foram feitas após a irradiação de mandioca e constatou que a radiação gama não afetou as características físico-químicas quando usadas doses de 1 e 3 kGy por um período de até 50 dias de armazenamento sob refrigeração (ARTHUR et al., 2015).

Cereais

Um dos principais problemas nos cereais e grãos é a infestação de insetos. Em vista disso, o método de irradiação se torna uma opção importante e necessária para o controle de pragas em cereais e pode tornar-se tratamento de eleição, no caso de proibição de fumigantes químicos (GERMANO, 2011). Os artigos contendo os cereais analisados estão apresentados a seguir.

Zanão et al. (2009) verificou a viabilidade da radiação gama como método de conservação do arroz polido (Oryza sativa L) utilizando doses de 0,5; 1,0; 3,0; e 5,0 kGy, e encontrou que A irradiação não alterou a porcentagem de quebra dos grãos e dificultou o desenvolvimento de insetos. A irradiação não alterou a composição centesimal e o conteúdo de amilose aparente. As propriedades de pasta foram alterados, ocorrendo redução da temperatura de pasta, diminuição do tempo para ocorrência do pico viscosidade, redução nos valores de viscosidade máxima e viscosidade final e a tendência de retrogradação se tornou menos acentuada com o incremento das doses de irradiação. Foram detectadas diferenças no aspecto sensorial entre as amostras. Em relação a cor instrumental, foi observada diferenças, indicando que o arroz sofreu mudanças de branco para amarelado com o aumento da dose de irradiação. Os autores concluíram que, a dose de 1,0 kGy foi a melhor dose para atingir a finalidade do estudo em questão.

Trabalho realizado com o objetivo de verificar se as variáveis físico-químicas do café arábicas e conillon foram afetadas quando submetidas à doses de 5 e 10 kgy de radiação gama do Cobalto-60, em um irradiador multiproposito. As amostras do referido estudo foram armazenadas a uma temperatura de 15 ± 1ºC e umidade relativa de 17 ± 1%. O autor analisou os teores de açucares totais, glicose, sacarose, cafeína, umidade, pH, acidez total titulável, fibras e condutividade elétrica. Após a irradiação as análises foram realizadas em 1, 30, 60 e 90 dias. Ele verificou que os resultados das análises das amostras irradiadas com doses de 5 kGy e 10 kGy apresentaram valores semelhantes ao do grupo controle. Então concluiu que a irradiação não induziu efeitos deletérios nas sementes de café arábica e conillon irradiados com 5 kGy e 10 kGy até 90 dias após a irradiação (SILVA, 2012).

Especiarias

Um estudo realizado por Lima (2013) com colorau e cominho comercializados em feiras livres na cidade de Recife-PE teve como objetivo aplicar a técnica da radiação para

analisar se as doses de 2, 8 e 12 kGy eram suficientes para a inibir o crescimento de colônias bacterianas e fúngicas, e verificou que, a de dose 12 kGy foi a mais eficaz, porém nem todos as do cominho chegaram a níveis muito baixo, enquanto que a de 2 kGy não inibiu o crescimento de colônias, com exceção da análise para coliformes termotolerantes. O autor concluiu que, a dose de radiação gama, considerando-se entre as utilizadas como dose ótima a de 8 kGy, teve eficácia no processo de esterilização, pois levou à redução no número de microrganismos.

Milagres et al. (2012) fala que a irradiação por si só não foi capaz de aumentar a vida de prateleira de pimentas Dedo-de-moça in natura, tendo necessidade de outras técnicas de conservação. Eles utilizaram a radiação ionizante para prolongar a vida útil associado a temperatura de armazenamento, irradiados com doses de 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50 kGy, armazenados a 5°C e 25°C por 15 dias e avaliados quanto às suas características físico-químicas e visuais. As doses de radiação de 1,25 e 1,50 kGy, e a temperatura de 25°C, não foram suficientes para impedir o aparecimento de doenças. Sendo a refrigeração o fator que mais contribuiu para manter a qualidade das pimentas por um período maior.

CONCLUSÃO

Os estudos mostraram que a irradiação nos alimentos não modifica as propriedades nutritivas nem organolépticas e elimina com eficiência os microrganismos, quando usadas determinadas doses e em condições de armazenamento especificas para cada alimento.

Percebeu-se que os alimentos de origem vegetal, geralmente utilizam doses baixas de radiação gama para evitar o surgimento de alterações indesejáveis, mas atingindo seus objetivos, e quando associados a outros métodos potencializam o efeito de conservação.

O processo de irradiação se torna seguro e eficaz pelo fato de usar a radiação gama e não deixar resíduos nos alimentos, mostrando o quão é necessário abranger a sua implantação no Brasil, tanto para minimizar perdas, como também na redução de números de doenças transmitidas por alimentos.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, V.; PEDROSO, B.M.; ARTHUR, P.B.; HARDER, M.N.C.; FRANCO, S.S.H.; FRANCO, C.F.O.; FILHO, J.C. Irradiação de mandioca minimamente processada. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.10, n.1, p.62-67, mar. 2016.

CENA/USP, Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. **Divulgação da Tecnologia da Irradiação de Alimentos e outros Materiais**, 2007. Disponível em http://www.cena.usp.br/irradiacaoalimentos.htm. Acesso em 23/02/2018

DIEHL, J.F**. Food Irradiation past, present and future**, Radiation Physics and Chemistry. V.63, pp.195-214, 2002.

EVANGELISTA, J. **Alimentos: um estudo abrangente**: nutrição, utilização, alimentos especiais e irradiados, coadjuvantes, contaminações e interações. – São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

FABBRI, A.D.T. **Avaliação microbiológica físico-química e sensorial de salada de frutas irradiada pronta para o consumo de imunocomprometidos**. Universidade De São Paulo (TESE) - São Paulo, 2014.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. – 2.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2006.

FOGLIATTO, F. S. Integração de Métodos Quantitativos e Qualitativos de Previsão para Desenvolvimento de um Sistema de Previsão de Demanda de Novos Produtos. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v.4, n.3, p. 84-98. 2008.

GERMANO, P.M.L. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos**. 4.ed. – Barueri, SP: Manole, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, I. S. M. **Aspectos microbiológicos pré e pós-irradiação de amostras de colorau e cominho comercializadas nas feiras livres do Recife**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. - Recife: O Autor, 2013.

MALHEIROS, M. R. T. L. Pesquisa na Graduação. Disponível em: http://www.profwillian .com/_diversos/download/prof/marciarita/Pesquisa_na_Graduacao.pd. Acesso em: Fev. 2018.

MARTINS, I. G. **Influência da radiação gama no brotamento e nas características físico-químicas e organolépticas da batata inglesa (*Solanum tuberosum L.*)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. - Recife: O Autor, 2014.

MESQUITA, T. C. **Características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de sucos de uva integral gama irradiados** (Dissertação de mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

MILAGRES, R.C.R.M.; POLESI, L.F.; PIEDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Conservação de pimenta por radiação e temperatura. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 223-233, abr./jun. 2012.

MOY, J.H. Efficacy of Irradiation vs Thermal Methods as Quarantine Treatments for Tropical Fruits. **Radiation Physics and Chemistry**, v.42, n.1-3, p. 269-272, 1993.

NASSUR, R.C.M.R.; LIMA, R.A.Z.; LIMA, L.C.O.; CHALFUN, N.N.J. Doses de radiação gama na conservação da qualidade de morangos. **Comunicata Scientiae** 7(1): 38-48, 2016.

NEVES, L.C.; MANZIONE, R.L.; VIEITES, R.L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus pérsica var. nucipersica*) frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 676 - 679, 2002.

NOBREGA, A. I. (Org.) **Tecnologia radiológica e diagnóstico por imagem**, volume 4: saúde e formação profissional. – 5.ed. – São Caetano do Sul, SP: Difusora Editora, 2017.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Inocuidad e idoneidad nutricional de los alimentos irradiados**. Genebra, 1995.

ORTIZ, V. D. G. Efeito da radiação gama na conservação de suco de laranja (*Citrus sinensis L. Osbeck*) das variedades Hamlin, Pera e Valencia, usadas na indústria - Piracicaba, 2012.

PEREIRA, A.S.C. Irradiação em alimentos. **Revista nacional de carne**. São Paulo. Ano XXVII, n, 324, p. 53-64, 2004.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Célula vegetal"; **Brasil Escola**. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/celula-vegetal.htm>. Acesso em 20 de marco de 2018**.**

SANTOS, A.M.G.; OLIVEIRA, S.M.A.; SILVA, J.M.; TERAO, D. Podridão por *Fusicoccum* em mangas submetidas a baixas doses de radiação gama. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.45, n.10, p.1066-1072, out. 2010.

SILVA, M.P.; GOMES, F.S.; FREIRE JUNIOR, M.; CORRÊA CABRAL, L.M.C. Avaliação dos efeitos da radiação Gama na conservação da qualidade da Polpa de amora-preta *(Rubus* spp. L.). **Rev. Bras. Frutic**., Jaboticabal - SP, v. 36, n. 3, p. 620- 627, Setembro 2014.

SILVA JUNIOR, E.A. **Manual de controle higiênico sanitário em serviços de alimentação**. 7.ed.- São Paulo: Livraria Varela, 2014.

SILVA, M. H. **Efeitos da radiação gama do cobalto-60 em sementes de café arábica e conillon**: avaliação físico-química. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, 2012.

SILVA, J.M. SILVA, J.P.; SPOTO,M.H.F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, 28(1): 139-145, jan.-mar. 2008.

SOUZA, M. A. M. **Determinação da dose de radiação ionizante para conservação de três cultivares híbridos de cebola (*Allium cepa L.*)**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

VICALVI, Maria Cláudia Valério. **Irradiação gama no controle bacteriológico do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) comercializado no CEASA-PE**. Recife: O Autor, 2011.

YOKOYA, A.; SHIKAZONO, N.; FUJII, K.; URUSHIBARA, A.; AKAMATSU, K.; WATANABE, R. DNA Damage Induced by the Direct Effect of Radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v.77, n. 10-12, p. 1280-1285, 2008.

ZANÃO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; VALTER ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 29(1): 46-55, jan.-mar. 2009.