



ALIMENTOS IRRADIADOS COMO UMA ALTERNATIVA NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Albiege dos Santos Lima¹, Laedja Maria Barbosa Ferreira², *Maria Emília da Silva Menezes³

¹ Farmacêutica Graduada pela Unidade Acadêmica de Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, PB, Brasil.

² Discente do Curso de Farmácia, Unidade Acadêmica de Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, PB, Brasil.

³ Profª. Unidade Acadêmica de Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, PB, Brasil.

* Email para correspondência: emiliamenezes@ufcg.edu.br

Resumo

O aumento da vida de prateleira dos alimentos é um fator desejável para indústrias e consumidores; pensando nisso, o processo de irradiação torna-se uma alternativa satisfatória. A irradiação de alimentos é uma técnica onde ocorre a exposição dos alimentos embalados ou a granel a uma fonte de radiação durante certo tempo, isso provoca a inibição do brotamento, o retardo na maturação, a redução da carga microbiana, esterilização e desinfecção de cereais, frutas e especiarias, além de eliminar alguns micro-organismos causadores de doenças e insetos. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre o emprego da técnica de irradiação nos alimentos, esclarecendo questões, além de oferecer informações a respeito da segurança do método, as suas vantagens e desvantagens, bem como os tipos de radiações empregados e suas aplicações. A metodologia do trabalho constitui-se de um levantamento bibliográfico sobre o tema. O artigo de revisão foi elaborado a partir do TCC (Monografia de Curso de Farmácia) da primeira autora. Foram utilizados 24 artigos dos 70 usados na monografia. De acordo com a bibliografia consultada, a irradiação mostrou ser um método bastante satisfatório, diminuindo a velocidade de deterioração dos alimentos, quando comparado a outras técnicas.

Palavras-chave: Irradiação, Alimentos, Conservação, Aplicações.

Abstract

The increased food shelf life is a desirable factor for industries and consumers; thinking about it, the irradiation process becomes a satisfactory alternative. Food irradiation is a technique where there is exposure of the packaged food or bulk to a source of radiation for a certain time, it causes the inhibition of sprouting, the delay in maturation, reduction in microbial load, sterilization and disinfection of cereals, fruits and spices, as well as eliminate some causing micro-organisms of diseases and insects. This study aimed to conduct a literature review on the use of irradiation technique in foods, accounting issues, and provides information regarding the security of the method, its advantages and disadvantages, as well as the types of employees radiation and its applications. The work methodology consists of a literature review on the topic. The review article was prepared from the TCC (Pharmacy Course Monograph) the first author. 24 of the articles 70 used in the monograph were used. According to the bibliography, irradiation was shown to be a very satisfactory method of decreasing food deterioration rate compared to other techniques.

Keywords: Irradiation, Food, Conservation, Applications.



1 Introdução

Com o crescimento da população e, por conseguinte um maior consumo de mantimentos surge à necessidade de aumentar a vida útil dos alimentos. A partir daí pesquisadores tentam utilizar novas técnicas de processamentos que conservem os alimentos sem que estes percam as suas características originais (PINHEIRO et al., 2001). Dentre as técnicas de conservação, destaca-se a Irradiação de Alimentos.

A irradiação de alimentos consiste de um tratamento físico no qual há a exposição dos alimentos, já embalados ou a granel, a uma fonte de radiação ionizante durante o tempo necessário para se obter as alterações desejáveis, tais como a inibição de brotamentos, retardo na maturação, redução da carga microbiana, eliminação de micro-organismos patogênicos, esterilização, desinfecção de grãos, cereais, frutas e especiarias (COUTO; SANTIAGO, 2010).

A radiação ionizante, técnica de processamento não térmico, vem sendo aplicada com diversos propósitos. Destaca-se a sua aplicação em alimentos, área em que se tornou promissora técnica de conservação em combinação ou substituição ao tratamento térmico. Quando doses controladas são administradas, as alterações nas características nutricionais e sensoriais do alimento são mínimas. Além disso, pode ser aplicada em alimentos sólidos e líquidos já embalados, evitando a recontaminação pós-tratamento (FELLOWS, 2006).

Apesar da aprovação e do controle do emprego da irradiação, diversas barreiras ainda persistem e impedem que os alimentos irradiados alcancem completa comercialização. Na verdade, não são barreiras de natureza técnica ou científica, mas relacionadas ao custo inicial de sua utilização e de aceitação pelo consumidor. Assim, apesar de cientificamente aceito como excelente método de conservação de alimentos, o progresso comercial da irradiação tem



sido lento. Interpretações errôneas dos consumidores, que acham difícil avaliar os benefícios dessa técnica de processamento e a falta de informações ainda limitam o uso dessa tecnologia (ORNELLAS et al., 2006).

Baseando-se na falta desse conhecimento por parte da população, principalmente quanto aos eventuais riscos à saúde que os alimentos irradiados podem trazer, este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre o emprego da técnica de irradiação nos alimentos, esclarecendo questões, além de oferecer informações a respeito da segurança do método, as suas vantagens e desvantagens, bem como os tipos de radiações empregados e suas aplicações.

2. Metodologia

2.1 Tipo de Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, o estudo foi realizado de julho de 2014 a julho de 2015 através de acesso disponível via internet e no acervo da biblioteca da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – CES – *Campus* de Cuité – PB. O artigo de revisão foi elaborado a partir do TCC (Monografia de Curso de Farmácia) da primeira autora.

3.2 Procedimentos da Pesquisa

Foi realizada uma revisão da literatura, nas bases de dados *Medline*, *Pubmed*, *Lilacs*, *SciELO* e dos comitês nacionais e internacionais de saúde, dos artigos publicados nos últimos 15 anos, abordando a irradiação em alimentos. Os seguintes termos de pesquisa (palavras-chaves e delimitadores) foram utilizados em várias combinações: 1) Irradiação; 2) Conservação; 3) Aplicações; 4) Segurança. A pesquisa bibliográfica incluiu artigos originais, artigos de revisão, editoriais e diretrizes escritos nas línguas inglesa e portuguesa. Foram selecionados 70 artigos para a elaboração da monografia



sendo apenas 24 utilizados para artigo por terem os itens: conceitos, origem, aplicações, vantagens e desvantagens na utilização do método.

3. Referencial Teórico

3.1 Radioatividade e os Alimentos

A radiação ionizante é aquela que ioniza o meio por onde passa. A utilização da radiação nos alimentos surgiu algum tempo após a descoberta dos raios X por Röntgen e da radioatividade por Becquerel em 1895. Para isso, Becquerel com seus estudos observou que sais de urânio emitiam radiação semelhante aos raios X, impressionando chapas fotográficas. O entendimento sobre o que é a radioatividade se deve a Pierre e Marie Curie em 1898 (COUTO; SANTIAGO, 2010). Radioatividade é definida como a capacidade que certos núcleos atômicos têm de emitir radiação, partículas e/ou fótons para reduzir sua energia. E tem como unidade do sistema internacional de unidades (S.I.) o Becquerel (Bq) que equivale a 1 desintegração/segundo.

Foi em 1905 que surgiu a primeira patente, na Inglaterra sobre a utilização da radiação ionizante como forma de melhorar as condições dos alimentos e manter sua qualidade. Com isso foi proposto uso da radiação ionizante no tratamento, principalmente, de cereais, utilizando-se radiações alfa, beta ou gama do isótopo radioativo Rádio, ou outra substância radioativa; bem como a substituição do uso de compostos químicos na conservação dos alimentos. E foi comprovado que as alterações químicas que ocorrem nos alimentos irradiados são semelhantes às que acontecem naturalmente. As fontes radioativas não eram suficientes para a irradiação de alimentos em escala comercial (SOUZA, 2007).

Nos Estados Unidos, em 1921, ocorreu o uso da radiação para inativar *Trichinella spiralis* em carne de porco (VICENTE; SALDANHA, 2012). Enquanto que na França, só em 1930 a primeira patente para irradiação de alimentos utilizando-se Raios X foi desenvolvida.



Em 1957, ocorreu na Alemanha a primeira utilização comercial da irradiação em alimentos, em que uma indústria de especiarias usou o feixe de elétrons para melhorar a higiene de seus produtos. Porém, vários órgãos de saúde de muitos países apresentaram resistência em permitir o comércio dos produtos irradiados, logo não existiam estudos aprofundados na área que comprovassem a segurança de tais (FILHO et al., 2012).

Em 1997, um grupo de estudo composto por representantes da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), IAEA (International Atomic Energy Agency) e OMS (Organização Mundial de Saúde) observaram os resultados obtidos com a irradiação de alimentos em doses acima de 10 kGy, e foi visto que poucos alimentos toleram doses acima de 10 kGy sem perda de qualidade, enquanto que os testes com doses de até 70 kGy em alimentos para animais não demonstraram acarretar danos à saúde. Então, o grupo chegou à conclusão de que alimentos irradiados com qualquer dose adequada para se atingir o objetivo tecnológico são seguros e nutricionalmente adequados (FILHO et al., 2012).

3.2 Irradiação de Alimentos no Brasil

No Brasil, as primeiras pesquisas sobre irradiação em alimentos foram realizadas na década de 50 pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba/SP. Entretanto, devido a um número pequeno de especialistas na área, os estudos se restringiram, principalmente, às instituições de pesquisa (ORNELLAS, 2006).

Atualmente, o processo de irradiação em alimentos no Brasil está pautado na Resolução de nº 21 de 26 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que não faz restrição quanto às quais alimentos podem ser irradiados, desde que a dose máxima absorvida seja inferior à que comprometa as qualidades sensoriais do alimento e a dose mínima seja aquela



que alcance o objetivo desejado (BRASIL, 2001 *apud* COUTO; SANTIAGO, 2010).

Sendo assim, doses de radiação aplicadas nos alimentos são medidas em Gray (Gy) e Quilograys (kGy) e, geralmente, estão em torno de 0,1 a 7,0 Kilogray (kGy), ou seja, a absorção de 1 kilojoule por quilograma de produto irradiado (MODANEZ, 2012; NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002).

De acordo com a RDC nº 21 deve também está incluso no rótulo dos produtos alimentícios tratados com radiação ionizante o termo: “alimento tratado por processo de irradiação” (CANNIATTI-BRAZACA et al., 2005). Segundo a própria ANVISA, seguindo o Codex Alimentarius, torna-se facultativo a inclusão do símbolo internacional do uso da radiação ionizante a Radura (Figura 1). Porém, nos Estados Unidos, o FDA (Food and Drug Administration) tornou compulsório o uso da Radura desde 1986 (COUTO; SANTIAGO, 2010).



Figura 1: Radura utilizada para identificar o Alimento Irrradiado

Fonte: Oliveira; Soares; Alves, 2012.

3.3 Tipos de Radiações Ionizantes

As radiações ionizantes (Figura 2) são classificadas como partículas, que são as radiações alfa, beta e nêutrons; e como ondas eletromagnéticas de alta

frequência, que são a radiação gama e os raios X (VICENTE; SALDANHA, 2012).



Figura 2: Classificação das radiações ionizantes

Fonte: Vicente; Saldanha, 2012.

A radiação alfa tem semelhança com átomos de Hélio, que não possui os dois elétrons na camada de valência e não consegue atravessar uma folha de papel, enquanto a radiação beta compõe-se de elétrons mais penetrantes, embora não ultrapassem uma folha de alumínio. A radiação gama é muito penetrante, logo ultrapassa um bloco de chumbo de pequena espessura. Os Nêutrons, embora possuam alta energia e grande poder de penetração, não são utilizados no processo de irradiação, pois podem produzir elementos radioativos, o que é conhecido como ativação. Por fim, os raios X possuem menor poder penetrante se comparados com a radiação gama e possuem baixo rendimento em relação a sua produção, pois apenas 3 a 5% da energia que é aplicada convertem-se em raios X (VICENTE; SALDANHA, 2012).

As fontes de radiação ionizante utilizadas na irradiação de alimentos são provenientes de isótopos radioativos emissores da radiação gama, como o cobalto-60 e césio-137, além dos raios X, com energias até 5 MeV ou elétrons acelerados com energias até 10 MeV (COUTO; SANTIAGO, 2010). Dentre essas a principal fonte de irradiação por raios gama é o Cobalto 60, por apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, contribuindo para uma maior segurança ambiental (SILVA; ROZA, 2010).

As radiações gama têm sua produção durante o decaimento de rádio isótopos como o ^{60}Co e ^{137}Cs , já mencionados anteriormente. Já os elétrons acelerados são produzidos através de equipamentos que produzem feixes de elétrons de alta energia e os aceleram com velocidades muito altas proporcionando milhões de Gray (Gy) em frações de segundo, lembrando que a energia máxima permitida é 10 MeV (VICENTE; SALDANHA, 2012).

Os raios X de variadas energias são obtidos através da emissão de elétrons de um dispositivo que os acelera a partir de uma diferença de potencial; ocorre então que esses elétrons sofrem uma freada brusca por meio de um anteparo, o alvo. Então, quando isto acontece os raios X são emitidos (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Os irradiadores (Figura 3), normalmente com cobalto-60, apresentam uma câmara com uma fonte desse mineral e que tem as paredes blindadas com concreto. Sem esse controle, uma grande dose de radiação danificaria o produto, tornando-o impróprio para o consumo (OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2012).

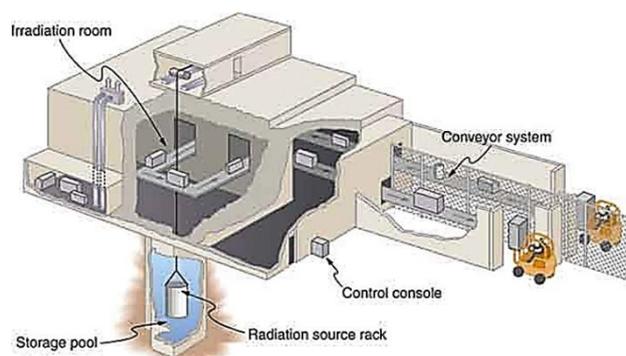


Figura 3: Esquema de um irradiador de Cobalto 60.

Fonte: Openstax College (2012).

Os alimentos a serem irradiados, quer *in natura* ou industrializados são colocados em recipientes especiais e conduzidos por um monotrilha para o



interior da câmara de irradiação, recebendo a dose de radiação gama programada por um tempo determinado (XAVIER et al., 2007).

Cada “container” passa diante da fonte de radiação duas vezes, ora expõe um lado ora o outro, para tornar o mais homogenia possível a irradiação. Para realizar a irradiação, um eletromecanismo suspende a fonte a partir do fundo de uma piscina cheia de água pura, até a posição de operação, em qualquer outra situação a fonte fica recolhida no fundo da piscina (OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2012).

3.4 Classificação das Irradiações

A radiação ionizante é transmitida por partículas de alta energia (alfa, prótons, elétrons e nêutrons) ou ondas eletromagnéticas (raios X e raios gama) que apresentam energia suficiente para remover elétrons de valência de um átomo e energia inferior ao limiar das reações nucleares (CENA, 2011).

Couto e Santiago (2010) ressaltam que muitos autores ainda adotam a classificação de 1964, onde as irradiações encontram-se divididas em Radurização, Radiciação e Radapertização.

A Radurização é a técnica pela qual o alimento é submetido a baixas doses de radiação <1kGy (OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2012). Esse processo ajuda a inibir brotamento e retardar o amadurecimento e deterioração de frutas e hortaliças, também tendo ação contra insetos. Já a Radiciação utiliza doses médias de radiação, que vão de 1 kGy a 10 kGy, atuando de modo a reduzir o número de fungos e bactérias presentes na superfície ou interior do alimento. Por ocorrer uma redução parcial é que os produtos radiciados têm que ser refrigerados (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Para Modanez (2012), as doses aplicadas variam de acordo com o objetivo desejado em cada tipo de alimento que se quer irradiar (Tabela 1).



Tabela 1: Doses de radiação aplicada aos alimentos

Propósito	Doses (kGy)	Produto
Inibir germinação. Eliminar insetos e parasitas. Retardar amadurecimento.	Dose Reduzida Menor 1 kGy	Batata, cebola alho. Cereais, Legumes, carnes e peixes. Frutas e hortaliças frescas
Prolongar o tempo de conservação. Eliminar micro-organismos. Melhorar propriedades tecnológicas do produto.	Dose média 1 a 10 kGy	Peixe fresco, morangos. Marisco fresco e congelado, carne de aves e animais. Uvas e verduras desidratadas.
Esterilização industrial. Descontaminar certos aditivos	Dose elevada 10 a 50 kGy ^a	Carnes, aves, mariscos, alimentos prontos, dietas hospitalares estéreis. Especiarias, goma natural.

Fonte: CNEN (2010) *apud* Modanez (2012). Adaptada.

3.5 Segurança dos Alimentos Irradiados

O processo de irradiação aplicado em alimentos (Figura 4) não pode aumentar a radioatividade natural deles, porém deve impedir a multiplicação dos micro-organismos que causam deterioração. Em condições controladas não faz com que o alimento se torne radioativo. Vale salientar que nosso ambiente contém cerca de 150 a 200 Bq de radioatividade natural o que é inevitável em nossa dieta diária. Mesmo que os alimentos fossem expostos a altas doses de radiação o nível de radiação induzida seria um milésimo de Bequerel por quilograma de alimento, valor que é duzentas mil vezes menor que o nível de radioatividade natural dos alimentos, isso torna o consumo do alimento irradiado seguro (COUTO; SANTIAGO, 2010).

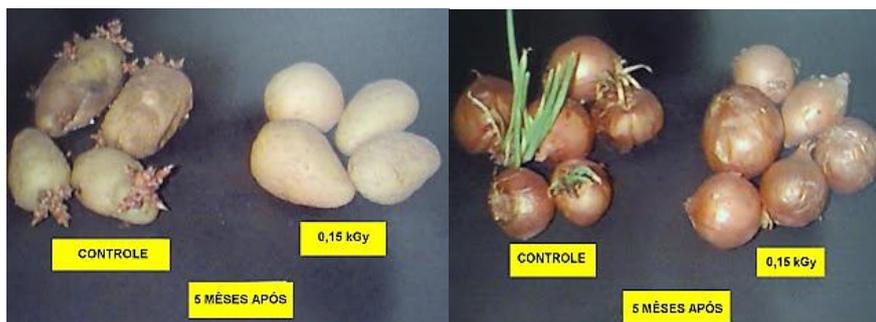


Figura 4:
Exemplos de
tubérculos e
bulbos não
irradiados (A)
e irradiados

(B)

Fonte: Modanez, 2012.

Todos os métodos de conservação de alimento acarretam alguma alteração química, o que não é diferente na Irradiação em Alimentos que causa poucas alterações químicas, como a formação de radicais livres. A inocuidade tem sido investigada, no entanto, até o momento não se encontrou nenhuma prova de que tais alterações sejam nocivas ou apresentem risco à saúde (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Por conta da exigência do mercado consumidor em relação ao correto cumprimento da lei e da utilização da rotulagem dos alimentos tratados com radiação, fazem-se necessários métodos confiáveis e de rotina para determinar



se o alimento foi irradiado ou não, e em caso afirmativo, para saber qual foi a dose absorvida (ALMEIDA, 2006).

É importante diferenciar contaminação radioativa da irradiação. Na contaminação radioativa ocorre a presença indesejável e acidental de material radioativo em determinado local, enquanto que na irradiação acontece a exposição de um corpo ou objeto à radiação, o que pode ocorrer a certa distância sem necessidade de contato direto com a fonte radioativa. Contaminar-se com material radioativo, implica a presença da fonte no local e, conseqüentemente, na irradiação do local onde o material estiver (COUTO; SANTIAGO, 2010).

3.6 Vantagens e Desvantagem da Irradiação

As radiações ionizantes impedem a divisão de células vivas como bactérias, fungos e organismos superiores, pois alteram suas estruturas moleculares e induzem modificações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos de alguns vegetais, retardando a sua maturação, envelhecimento e brotamento (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010). São eficazes contra insetos e ácaros na desinfestação de frutas e hortaliças (FELLOWS, 2006) e podem satisfazer as exigências das barreiras fitossanitárias impostas por países importadores, possibilitando o ganho de novos mercados (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010; MOSTAFAVI; MIRMAJLESSI; FATHOLLAHI, 2012). Embora também possam causar a inativação de enzimas, as doses utilizadas na irradiação de alimentos não são suficientes para inativá-las (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Diferente dos processos químicos, a irradiação tem um menor tempo de manipulação dos alimentos e oferece menor risco à saúde, pois nesta técnica não se usa produtos tóxicos. Outras vantagens, não só sobre os métodos químicos, como também sobre os térmicos, são a desinfecção total de frutas e maior facilidade de aplicação, pois é um método contínuo (FILHO et al., 2012).



Além disso, a irradiação é considerada um método de pasteurização a frio, pois é utilizada em alimentos crus ou parcialmente processados, como também em alimentos congelados (CANNIATTI-BRAZACA et al., 2005). Efeito da radiação sobre a vida útil de alguns alimentos (Tabela 2).

Tabela 2: Efeito da radiação ionizante na duração da vida útil de alguns alimentos

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: Oliveira, Soares e Alves (2012).

A irradiação em alimentos ajuda a manter a firmeza dos frutos por mais dois ou três dias, sendo responsável pelo aumento de 30% a 50% na vida útil do fruto, o que permitirá suas exportações por meio de embarques marítimos, que são mais baratos que os aéreos, com uma qualidade aceitável e competitiva até o consumidor final (MODANEZ, 2012).

Embora constitua-se de um milagre tecnológico na preservação dos alimentos, a irradiação não consegue transformar um alimento deteriorado em um alimento de alta qualidade (OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2012).

Na área da saúde, a radiação ionizante encontra aplicação no preparo de radiofármacos, substratos que contêm um átomo radioativo em sua



estrutura. São utilizados no diagnóstico de doenças e tratamento do câncer de tireoide, hipertireoidismo e linfoma do tipo não-Hodgkin (ARAÚJO et al., 2008).

Já na industrial envolve a produção de hidrogéis para a área médica, os quais são constituídos de água e de polímero reticulado e insolúvel. Esses materiais são utilizados no tratamento de queimaduras e diferentes tipos de lesões na pele, diminuindo a dor e o tempo de cicatrização (IPEN, 2012a). Além da esterilização de diversos materiais descartáveis (como luvas, seringas, agulhas, gaze, algodão e mascarar cirúrgica) (IPEN, 2012b), emprega-se a irradiação em tecidos biológicos utilizados em transplantes para minimizar a imunogenicidade, eliminar micro-organismos e reduzir o risco de transferir doenças contagiosas, garantindo a qualidade e a segurança dos pacientes (IPEN, 2012c).

A irradiação produz pequenas alterações na composição química dos alimentos, podendo alterar o valor nutricional, o que depende da dose de radiação, da composição do alimento, e fatores como temperatura e oxigênio. Nem todos os alimentos podem ser submetidos a irradiação, principalmente os ricos em gorduras, que podem sofrer rancificação. Os alimentos líquidos são mais propensos à radiólise, como o leite que adquire sabor desagradável (SILVA, 2007).

A irradiação pode causar alterações, como mudança de sabor, em decorrência dos radicais livres; mudança de cor; a radiação pode quebrar proteínas, como o amido e a celulose, o que causa o amolecimento das carnes; pode ocorrer perda de nutrientes e as vitaminas C e K podem sofrer a ação dos radicais livres, produzidos, culminando na oxidação de gorduras no alimento e por conseguinte, produção do sabor de ranço (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Já foram constatadas perdas no teor de tiamina, piridoxina, biotina e B12 e aumento no teor de riboflavina, ácido pantotênico e ácido fólico,



provavelmente, devido à liberação de vitaminas a elas ligadas (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

4. CONCLUSÃO

O processo de Irradiação apresenta-se como um método muito eficaz para a conservação de alimentos, contribuindo também para a redução das doenças transmitidas pelos alimentos, pois inativa patógenos em alimentos crus e congelados.

Tal método está muito afrente de outros métodos de conservação, devido entre outros fatores, apresentar um menor tempo de manipulação dos alimentos, por não utilizar produtos químicos e por ser um processo contínuo, oferecendo menores riscos à saúde tanto de operadores quanto dos consumidores.

Ao contrário do que pensam muitos consumidores, a irradiação de alimentos em condições controladas, não deixa radiação residual, favorecendo o bem estar destes e a preservação do meio ambiente. Logo, isso é comprovado, porque após ser irradiado o alimento tem que ser mantido em condições assépticas para evitar nova contaminação. Além disso, ainda que os alimentos fossem expostos a doses muito altas de radiação o nível de radiação induzida seria menor do que a radiação natural do ambiente.

O que se pode destacar é que a irradiação em alimentos será, num futuro não tão distante, uma técnica que contribuirá para diminuir os problemas com a fome no mundo. Resta saber se será acessível a todos.

6. REFERÊNCIAS

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



2006. 102 f. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ARAÚJO, E. B.; LAVINAS, T.; COLTURATO, M. T.; MENGATTI, J. Garantia da qualidade aplicada à produção de radiofármacos. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Science**, v. 44, n. 1, p. 1-12, 2008.

CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin et al. Avaliação sensorial do feijão preto submetido à radiação de cobalto 60. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 2, p. 370-374, 2005.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA (CENA). **Irradiação de alimentos**. Disponível em: <www.cena.usp.br>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e irradiação de alimentos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Guarapuava, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010.

FILHO, Tarcísio Lima et al. Energia ionizante na conservação de alimentos: revisão. **Boletim do CEPPA**. Curitiba, v. 30, n. 2, p. 243-254, 2012.

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

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São. Paulo: Ed. Atheneu, 2008.

MODANEZ, Leila. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.



INSTITUTO DE PESQUISA ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN).
Hidrogeis. 2012a. Disponível em: <<http://www.ipen.br/sitio/?idc=228>>. Acesso em: 12 de julho de 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN).
Radioesterilização. 2012b. Disponível em: <<http://www.ipen.br/sitio/index.php?idm=253>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN).
Radioesterilização para banco de tecidos biológicos. 2012c. Disponível em: <<http://www.ipen.br/sitio/?idc=240>>. Acesso em: 26 de julho de 2015.

MOSTAFAVI, H. A.; MIRMAJLESSI, S. M.; FATHOLLAHI, H. The potential of food irradiation: benefits and limitations. In: ELISSA, A. H. A. (Ed.). **Trends in vital Food and control engineering**. Rijeka: InTech. p.43-68.2012.

NEVES, Leandro Camargo; MANZIONE, Rodrigo Lilla; VIEITES, Rogério Lopes. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunuspersicavar nucipersica*) conservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 676-679, 2002.

OLIVEIRA, Kelly Cristina Freire; SOARES, Luana Pereira; ALVES, Adriana Moreira. Irradiação de alimentos: extensão da vida útil de frutas e legumes. **Saúde e Ambiente em Revista**. Duque de Caxias, v. 7, n. 2, p. 52-57, 2012.

OPENSTAX COLLEGE. **Food Irradiation**. Disponível em: <<http://cnx.org/content/m42656/latest/?collection=col11406/latest>>. Acesso em 27 de julho de 2014.



ORNELLAS, Cléia Batista Dias et al. Atitude do consumidor frente à irradiação em alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

PINHEIRO, Flávia Abreu et al. Perfil de consumidores em relação à qualidade de alimentos e hábitos de compras. **Unopar Ciência Biológica Saúde**. Viçosa, v. 13, n. 2, p. 95-102, 2011.

SILVA, Andréa Luciane Ferreira; ROZA, Cleber Rabelo. Uso da radiação em alimentos: revisão. **Boletim do CEPPA**. Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, 2010.

SILVA, Érica Flávia Sá. **Irradiação em alimentos**. 2007. 48 f. Trabalho monográfico de conclusão do curso de Especialização Latu Sensu em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal (TCC), apresentado à UCB/QUALITTAS (Especialista em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) - Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, Karen Christina Gomes. **Irradiação de queijos: revisão de literatura**. 2007. 28 f. Monografia (Especialista em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) - Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2007.

STEFANOVA, R.; VASILEV, N. V.; SPASSOV, S. L. Irradiation of food, current legislation framework, and detection of irradiated foods. **Food Analytical Methods**, v. 3, p. 225-252, 2010.

VICENTE, Juarez; SALDANHA, Tatiana. Emprego da técnica de radiação ionizante em alimentos industrializados. **Acta Tecnológica**. Maranhão, v. 7, n. 2, p. 49-54, 2012.

XAVIER, Allan Moreira et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**. Campinas, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.