



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE SAÚDE  
CURSO DE BACHARELADO EM FARMÁCIA**

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

**ALBIEGE DOS SANTOS LIMA**

**CUITÉ - PB  
2014**

**ALBIEGE DOS SANTOS LIMA**

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

Monografia apresentada ao Curso de Farmácia da Universidade Federal de Campina Grande, como forma de obtenção do Grau de Bacharel em Farmácia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Emília da Silva Menezes

**CUITÉ - PB  
2014**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Msc. Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

L732a Lima, Albiege dos Santos.

Alimentos irradiados como uma alternativa na conservação de alimentos: uma revisão. / Albiege dos Santos Lima. – Cuité: CES, 2014.

42 fl.

Monografia (Curso de Graduação em Farmácia) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2014.

Orientadora: Dra. Maria Emília da Silva Menezes.

1. Irradiação. 2. Conservação. 3. Segurança. I. Título.

CDU 641.5

# ALBIEGE DOS SANTOS LIMA

Monografia apresentada ao Curso de Farmácia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para obtenção do grau de Bacharel em Farmácia.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Emília da Silva Menezes (Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Elieidy Gomes de Oliveira  
Suplente: Prof. Dr. Toshiyuki Nagashima Junior

---

Prof. Dr. Wellington Sabino Adriano (Membro 2)  
Suplente: Prof. Dr. Wylly Araújo de Oliveira

## MENSAGEM

“O Senhor é a minha força e o meu cântico; ele é a minha salvação”.

**Salmos 118:14**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a minha mãe Edna, minha tia Lúcia, minha vó Sebastiana e ao meu Deus que sempre acreditarem na minha capacidade e por me ajudarem a superar todos os obstáculos da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, o arquiteto do universo, por seus ensinamentos, por me proporcionar sabedoria e me fazer perseverar nessa longa jornada.

À minha família, em especial a minha mãe Edna, avó Sebastiana e tia Lúcia, pela compressão e apoio que tiveram para comigo.

À minha madrinha Fátima e sua família, que sempre me incentivaram a ser alguém melhor.

Aos meus amigos pela força nos momentos de crise e pelas alegrias compartilhadas.

A todos os professores que tive até aqui, um muito obrigado por compartilhar seus ensinamentos e por me preparar para a vida.

À prof. Dra. Maria Emília da Silva Menezes, minha orientadora, pela ajuda, paciência e incentivo.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade em participar e pelas contribuições acerca da monografia.

## RESUMO

Na tentativa de aumentar a vida de prateleira dos alimentos surge como alternativa o processo de irradiação. 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 microorganismos causadores de doenças e insetos. A irradiação não utiliza produtos tóxicos, que poderiam agredir ambiente e os seres vivos. Devido a importância da irradiação em alimentos no mundo atual, em que alguns enfrentam a escassez de alimentos, principalmente pelo mal aproveitamento destes e pela sua curta vida útil, como também por conta resistência das pessoas em consumir os alimentos irradiados, é que esse trabalho teve por objetivos conceituar a respeito da irradiação em alimentos, falar sobre as principais aplicações e segurança do método, destacar as vantagens e desvantagens dessa técnica e discorrer sobre os diferentes tipos de radiações empregados. A metodologia do trabalho constitui-se de um levantamento bibliográfico sobre a utilização da irradiação como um método de grande valia na conservação dos alimentos. De acordo com a bibliografia consultada, a irradiação mostrou ser um método bastante satisfatório, diminuído a velocidade de deterioração dos alimentos, principalmente quando comparado a outras técnicas. Até o momento, não foi comprovado que o uso da irradiação nos alimentos possa trazer algum risco a saúde.

**PALAVRAS-CHAVE: Irradiação, Conservação, Aplicações, Segurança.**



## **ABSTRACT**

In an attempt to increase the shelf life of foods is an alternative process of irradiation. Food irradiation is a technique whereby exposure of the packaged food or to a bulk source of radiation for a certain time, it causes the inhibition of sprouting, the delay in maturation, reduction in microbial load, sterilization and disinfection occurs cereals, fruits and spices, as well as eliminating micro-organisms causing diseases and insects. Irradiation does not use toxic products, which could harm the environment and living beings. Because of the importance of food irradiation in the world today, where some face food shortages, mainly by evil and by taking advantage of these his short life, but also because of resistance from people consuming irradiated foods, is that this work aimed to conceptualize about radiation in food, talk about the main applications and safety of the method, highlight the advantages and disadvantages of this technique and discuss the different types of radiation employed. The methodology of the paper presents a literature survey on the use of irradiation as a method of great value in food preservation. According to the bibliography, the irradiation was found to be quite satisfactory method, decreased the rate of spoilage of food, especially when compared to other techniques. Until now, it was not proven that the use of irradiation in food can bring some health risk.

**KEYWORDS: Irradiation, Storage, Applications, Security.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Ilustração da radioatividade.....	18
<b>Figura 2 -</b>	Radura utilizada para identificar o alimento irradiado.....	21
<b>Figura 3 -</b>	Classificação das radiações ionizantes.....	22
<b>Figura 4 -</b>	Irradiador de Cobalto-60.....	24
<b>Figura 5 -</b>	Ilustração de contaminação e irradiação.....	29
<b>Figura 6 -</b>	Filés de frango e peito de peru irradiados.....	32
<b>Figura 7 -</b>	Exemplos de tubérculos e bulbos não irradiados e irradiados respectivamente.....	33
<b>Figura 8 -</b>	Manga irradiada e não irradiada.....	34
<b>Figura 9 -</b>	Mosca-das-frutas.....	35
<b>Figura 10 -</b>	Feijão irradiado e não irradiado.....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b> Dose de radiação aplicada para cada tipo de alimento.....	25
<b>Tabela 2 -</b> Dose letal de radiação para alguns seres vivos.....	36
<b>Tabela 3 -</b> Efeito da radiação ionizante na duração da vida útil de alguns alimentos.....	37

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABAE - Associação Bandeira Azul da Europa

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Bq - Becquerel

°C - Graus Celsius

CAC - Codex Alimentarius Commission

CEN – Comitê Europeu de Padronização

CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CMEIA - Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos

<sup>137</sup>Ce - Césio 137

<sup>60</sup>Co - Cobalto 60

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Food Agriculture Organization

FCF-USP - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

FDA - Food and Drug Administration

Gy - Gray

IAEA- Agência Internacional de Energia Atômica

kGy - Kilogray

MeV - Megaelétrons-Volt ou 1 Milhão de Elétrons- Volt

NASA - Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica

OMS - Organização Mundial de Saúde

RNA - Ácido Ribonucleico

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

SI - Sistema Internacional de Unidades

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

WHO - World Health Organization

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	17
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
4.1 RADIOATIVIDADE E OS ALIMENTOS – CONTEXTO HISTÓRICO.....	18
4.2 TIPOS DE RADIAÇÕES IONIZANTES UTILIZADAS.....	21
4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IRRADIAÇÕES.....	24
4.4 SEGURANÇA DOS ALIMENTOS IRRADIADOS.....	27
4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS.....	29
4.6 APLICAÇÕES DA IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS.....	31
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população e, por conseguinte um maior consumo de mantimentos surge a 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 (SILVA, 2003 apud PINHEIRO et al., 2011).

Na tentativa de desacelerar o processo natural de deterioração do alimento, quer seja pela ação de micro-organismos, insetos, ou ação do próprio oxigênio do ar, técnicas de conservação de alimentos foram fundamentais, entre elas a Irradiação de Alimentos.

De acordo com Bendini et al. (1998 apud COUTO; SANTIAGO, 2010) 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.

Outro fator determinante para a utilização da radiação ionizante nos alimentos é que a mesma possibilita a eliminação dos insetos que possivelmente encontram-se no alimento, o que contribui para o aumento da segurança deste para o consumidor (BRUHN, 1999 apud ORNELLAS et al., 2006).

De acordo com Ornellas et al. (2006) apesar da irradiação em alimentos ser um método de conservação cientificamente aceito, como também é o único na atualidade, capaz de inativar patógenos em alimentos crus e congelados; a sua progressão para o uso comercial tem sido diminuída por conta das interpretações errôneas dos consumidores, advindas da falta de informação.

Com isso, deve-se conscientizar o consumidor com relação a segurança e benefícios da irradiação em alimentos, como também destacar a importância do fortalecimento das relações entre governo e indústria. Para tanto, se faz necessário conhecer o perfil dos seguimentos envolvidos (ORNELLAS et al., 2006).

Em sua pesquisa sobre a atitude do consumidor frente à irradiação em alimentos, Ornellas et al. (2006), na cidade de Belo Horizonte (MG) utilizou uma amostra de 218 consumidores, sendo 35% homens e 65% mulheres, a maioria com nível de instrução elevado e renda superior a cinco salários mínimos. Os resultados indicaram que 59,6% dos entrevistados não sabiam que a irradiação era um método de conservação de alimentos e não souberam responder se consumiriam produtos irradiados; 16% acreditaram que os alimentos irradiados são o mesmo que alimentos radioativos e 89% consumiriam alimentos irradiados se soubessem que a radiação aumenta a segurança alimentar.

Percebeu-se com o estudo acima que os consumidores estão propensos a comprar alimentos tratados com métodos alternativos, porém os mesmo gostariam de obter mais informações sobre o assunto. Todavia, a falta de conhecimento tem contribuído para o surgimento de dúvidas e repulsa em relação aos Alimentos Irradiados. Então, o assunto deve ser bastante explorado, já que os consumidores decidirão pela compra ou não dos alimentos irradiados, apenas quando estiverem munidos de informação (ORNELLAS et al., 2006).

Com base nessa falta de conhecimento por parte da população, principalmente quanto aos eventuais riscos à saúde que os Alimentos Irradiados podem trazer, este trabalho propõe-se a fazer uma revisão a respeito do processo de Irradiação em 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. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Fazer um levantamento bibliográfico sobre o emprego da técnica de irradiação nos alimentos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conceituar a respeito da irradiação em alimentos e falar sobre suas principais aplicações;
- Falar sobre a segurança do método;
- Destacar as vantagens e desvantagens de utilização desta técnica;
- Discorrer sobre os diferentes tipos de radiações empregados em alimentos.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Considerando a natureza e os objetivos deste estudo, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que, é aquela que se efetiva tentando-se resolver um problema ou adquirir conhecimentos a partir do emprego de informações, provenientes de material gráfico, sonoro ou informatizado, ou seja, a partir principalmente de livros e artigos científicos. Nesse tipo de pesquisa são desenvolvidos objetivos que proporcionam uma visão geral acerca de determinado fato (PRESTES, 2003).

Conforme Gil (2002), a pesquisa bibliográfica visa a um levantamento dos trabalhos realizados anteriormente sobre o mesmo tema estudado no momento, podendo identificar e selecionar os métodos e técnicas a serem utilizadas, ou seja, este trabalho tem por objetivo, o enriquecimento científico de muitos.

#### 3.2 LOCAL DA PESQUISA

O estudo foi realizado através de acesso disponível via internet e no acervo da biblioteca da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Cuité – PB (UFCG).

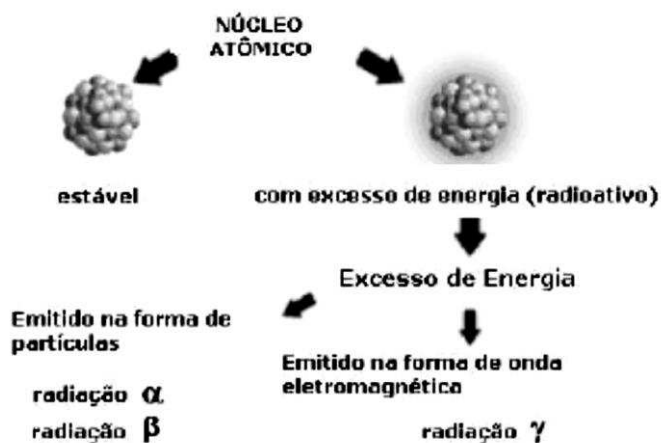
#### 3.3 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Foi realizada uma revisão da literatura de forma sistemática, nas bases de dados *Medline*, *Pubmed*, *Lilacs*, *SciELO* e dos comitês nacionais e internacionais de saúde, dos artigos publicados nos últimos 33 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, sendo selecionados de acordo com os critérios do Centro Oxford de Evidência.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 RADIOATIVIDADE E OS ALIMENTOS - CONTEXTO HISTÓRICO

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 (Figura 1) 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. Então, essas partículas e energias são chamadas de radiação e quando emitidas sobre um alvo, quer seja alimento ou células cancerígenas, o processo recebe o nome de irradiação (COUTO; SANTIAGO, 2010).



**Figura 1** - Ilustração da radioatividade.

Fonte: Couto; Santiago (2010).

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 no alimento irradiado são semelhantes às que acontecem naturalmente. As fontes radioativas não eram suficientes para a irradiação de alimentos em escala comercial (DIEHL, 1990 apud SOUZA, 2007).

Nos Estados Unidos, em 1921, ocorreu o uso da radiação para inativar *Trichinella spiralis* em carne de porco (DOMARCO; WALDER, 2010 apud VICENTE; SALDANHA, 2012). Enquanto que na França, só em 1930 a primeira patente para irradiação de alimentos utilizando-se Raios X foi desenvolvida (DIEHL, 1990 apud VICENTE; SALDANHA, 2012).

Posteriormente, na década de 50, os Estados Unidos mostraram os benefícios da energia atômica, através da Campanha Átomos da Paz, programa que serviu de estímulo para que fossem realizados estudos na área de irradiação de alimentos, onde o Departamento Médico das Forças Armadas Americanas foi pioneiro nessas pesquisas. Com isso outros países também realizaram estudos nessa área, como a França, a Alemanha, o Canadá e a União Soviética (DIEHL, 2002 apud FILHO et al., 2012).

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 (DIEHL, 2002 apud FILHO et al., 2012).

De acordo com WHO (1981 apud FILHO et al., 2012) diversas pesquisas e seus resultados foram avaliados pelo Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos (CMEIA), convocado pela Food and Agriculture Organization (FAO), pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Então, o Comitê concluiu em 1980, que a irradiação de qualquer alimento não apresenta riscos toxicológicos, problemas microbiológicos ou nutricionais, desde que respeitada a dose limite de 10 kGy.

Com isso o Codex Alimentarius Commission (CAC), em 1983, tomou como medida a adoção de padrões mundiais quanto à irradiação de alimentos a fim de proteger a saúde do consumidor e facilitar o mercado internacional. A partir daí, o número de países que permitiam o uso de irradiação de alimentos aumentou (DIEHL, 2002 apud FILHO et al., 2012).

Em seguida, no ano 1997, um grupo de estudo composto por representantes da FAO, IAEA e OMS 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 (WHO, 1999 apud FILHO et al., 2012).

Na Argentina, China, Estados Unidos e Croácia é permitida uma dose máxima de 30 KGy. Com proibição de produtos químicos esterilizantes, desinfetantes ou fumigantes, juntamente com a diminuição da capacidade produtiva e as necessidades mundiais de alimentos, tornam maior a importância da irradiação em alimentos (EHLERMANN, 2005; SUHAJ et al., 2006 apud ALMEIDA, 2006).

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 (SANZ, 2004 apud 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 a 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 2). Porém, nos Estados Unidos, o FDA (Food and Drug Administration) tornou compulsório o uso da Radura desde 1986 (CODEX-STAN -1, 2005 apud COUTO; SANTIAGO, 2010).

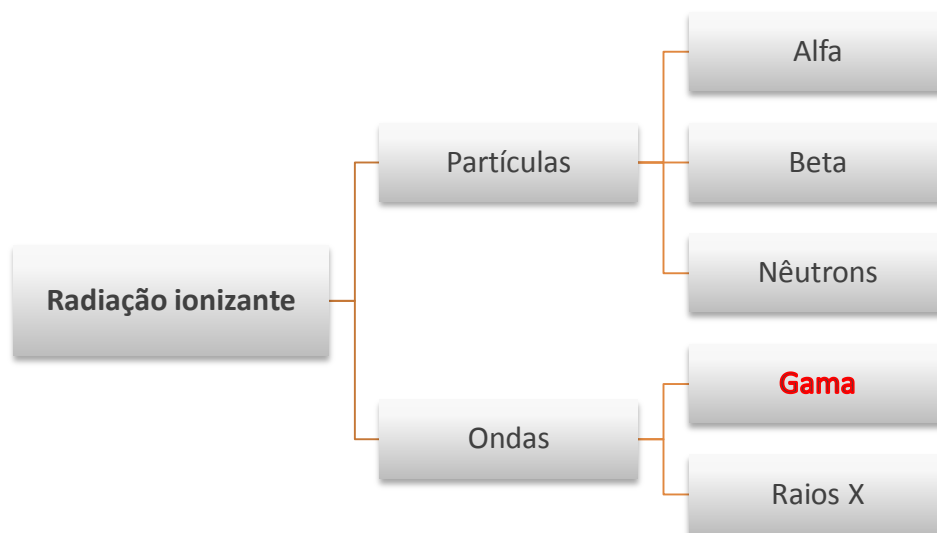


**Figura 2** – Radura utilizada para identificar o Alimento Irradiado.

Fonte: Oliveira; Soares e Alves (2012).

#### 4.2 TIPOS DE RADIAÇÕES IONIZANTES UTILIZADAS

As radiações ionizantes (Figura 3) 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 (USP-CENA, 2005 apud VICENTE; SALDANHA, 2012).



**Figura 3** – Classificação das radiações ionizantes.

Fonte: USP-CENA (2005) apud 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 (USP-CENA, 2005 apud VICENTE; SALDANHA, 2012).

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 converte-se em raios X (USP-CENA, 2005 apud 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 céσιο-137, além dos raios X, com energias até 5 MeV ou elétrons acelerados com energias até 10 MeV (CAC, 2003 apud 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 (COUTO; SANTIAGO, 2010; SILVA; ROSA, 2010).

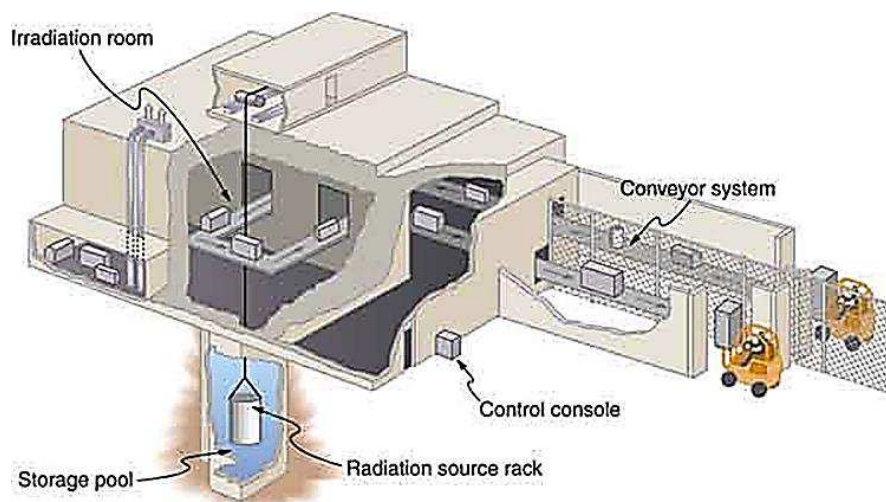
As radiações gama têm sua produção durante o decaimento de rádio isótopos como o  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Ce}$ , já mencionados anteriormente. Já os elétrons acelerados são produzidos através de equipamentos que produzem feixes de elétrons de alta energia e os aceleram com velocidades muito altas proporcionando milhões de Gray (Gy) em frações de segundo, lembrando que a energia máxima permitida é 10 MeV (DOMARCO; VALTER, 2010 apud 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 4), 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).

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 predeterminado (CENA-USP, 2004 apud 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).





**Figura 4 - Irradiador de Cobalto-60.**

Fonte: Openstax College (2012).

Quanto aos custos da irradiação estes variam de US\$ 10 a 15 por tonelada de alimento, para uma aplicação de baixa dose (até 1 kGy) e de US\$ 100 a 250 por tonelada de alimento, para aplicação de alta dose (acima de 10 kGy) (NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002).

#### 4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IRRADIAÇÕES

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 radiados têm que ser refrigerados (COUTO; SANTIAGO, 2010).

A Radapertização é utilizada quando se quer fazer a esterilização do alimento (FELLOWS, 2006 apud FILHO et al., 2012). É aplicada uma alta dose de radiação que está entre 10 kGy e 45 kGy, permitindo assim a eliminação dos micro-organismos que estragam alimento, que passa a não tem prazo de validade enquanto a embalagem for mantida intacta. É empregado na conservação de carnes, dietas e outros produtos (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** - Dose de radiação aplicada para cada tipo de alimento.

<b>Propósito</b>	<b>Dose (kGy)</b>	<b>Produtos</b>
<b>Dose reduzida (&lt; 1 kGy)</b>		
Inibir a germinação.	0,05 – 0,15	Batata, cebola, alho etc.
Eliminar insetos e parasitas.	0,15 – 0,50	Cereais, legumes, frutas frescas e secas, peixe e carnes frescos e secos.
Retardar processos fisiológicos (amadurecimento).	0,50 – 1,0	Frutas e hortaliças frescas.
<b>Dose média (1 a 10 kGy)</b>		
Prolongar o tempo de conservação.	1,0 – 3,0	Peixe fresco, morangos etc.

Eliminar microrganismos alternantes e patogênicos.	1,0 – 7,0	Marisco fresco e congelado, carne de aves e de animais de abastecimento crua ou congelada.
Melhorar propriedades tecnológicas do alimento.	2,0 – 7,0	Uvas (aumenta a produção de suco), verduras desidratadas (diminui o tempo de cocção).
<b>Dose elevada (10 a 50 kGy)<sup>a</sup></b>		
Esterilização industrial (Combinada com calor suave).	30 – 50	Carne, aves, mariscos, alimentos prontos, dietas hospitalares estéreis.
Descontaminar certos aditivos alimentícios e ingredientes.	10 – 50	Especiarias, preparações enzimáticas, goma natural.
<b><sup>a</sup>utiliza-se apenas com finalidades especiais</b>		

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

#### 4.4 SEGURANÇA DOS ALIMENTOS IRRADIADOS

O processo de irradiação aplicado em alimentos 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 (ICGFI, 1997 apud COUTO; SANTIAGO, 2010).

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 a 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 (DELINCEE, 1998 apud ALMEIDA, 2006). O desenvolvimento desses métodos de identificação permite evitar a re-irradiação, controlar a dose absorvida, verificar o cumprimento dos níveis mínimos de exigência microbiológica, além de contribuir para o mercado internacional de alimentos (BOGL, 1989 apud COUTO; SANTIAGO, 2010).

Em meados dos anos 80, depois de várias pesquisas, ocorreu o desenvolvimento de métodos para detectar o alimento irradiado. Após serem avaliados em 1996, cinco métodos foram adotados pelo Comitê Europeu de Padronização (CEN). Entretanto, atualmente, devido às atividades do CEN vários métodos usualmente divididos em físicos químicos e biológicos estão disponíveis para um grande número de produtos (DELINCEE, 2002 apud ALMEIDA, 2006).

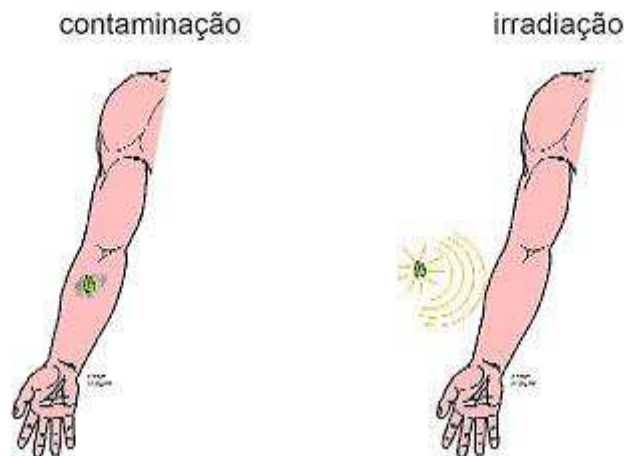
Com relação aos métodos físicos, estes são responsáveis pela detecção radicais livres (espécies que possuem elétrons desemparelhados) formados durante a irradiação. Um exemplo de método físico de detecção da irradiação é a ressonância paramagnética eletrônica (REP) (LEAL et al., apud ALMEIDA, 2006).

Os métodos químicos como cromatografia líquida e cromatografia a gás detectam mudanças na parte lipídica do alimento, onde na irradiação ocorre uma distribuição quantitativa de hidrocarbonetos (LIANZHONG et al., 1998 apud ALMEIDA, 2006). Nos métodos biológicos o DEFT (*direct epifluorescent filter technique*) diz o número total de microrganismos contaminantes e o APC (*aerobic plate count*) indica o número de microrganismos viáveis capazes de formar colônias antes e depois da irradiação. As duas técnicas combinadas determinam a condição higiênica do alimento (OH et al., 2003 apud ALMEIDA, 2006).

É importante diferenciar contaminação radioativa da irradiação (RODRIGUES, 2007 apud COUTO; SANTIAGO, 2010). 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 (COUTO; SANTIAGO, 2010).

A Figura 5 mostra que no braço contaminado está a fonte de radiação, logo ele emite radiação, ao passo que, o braço irradiado apenas recebe radiação, ele não está contaminado e nem tem radioatividade. Então, na irradiação, quando o objeto é retirado do irradiador a radiação cessa para ele. Por esta razão os alimentos irradiados e esterilizados não ficam radioativos (COUTO; SANTIAGO, 2010).

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).



**Figura 5** – Ilustração de contaminação e irradiação.

Fonte: Spartagos Blog (2011).

#### 4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS

A radiação ionizante cada vez mais está sendo utilizada nos alimentos com o intuito de reduzir enfermidades, bem como os custos na área médica, pois este método é responsável por inativar os protozoários que causam as doenças em peixes, aves domésticas, mariscos e carne vermelha, que são transferidos ao homem através do consumo destes (DIEHL, 2002 apud COUTO; SANTIAGO, 2010).

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 (BRASIL, 2005 apud FILHO *et al.*, 2012). 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 (MOSTAFAVI; MIRMAJLESSI; FATHOLLAHI, 2012 apud FILHO *et al.*, 2012).

É sabido também que este processo é responsável pela redução das perdas pós-colheita de frutas, grãos e especiarias, além de estender a vida de prateleira destes (COUTO; SANTIAGO, 2010). Além disso, inibe o brotamento de raízes; retarda o

amadurecimento de frutas e vegetais; supre o abastecimento entressafra (CRAUFORD; RUFF, 1996 apud COUTO; SANTIAGO, 2010).

De acordo com Moraes (2000 apud SILVA; SPOTO; SILVA, 2007) este método de conservação não forma resíduos; há pouca alteração no sabor dos alimentos e ainda possibilita que os frutos sejam colhidos num estado de maturação mais avançada, quando o sabor e aparência estão desenvolvidos. Os frutos ainda podem ser irradiados em sua embalagem final, evitando nova contaminação após o processo.

Outros fatores também têm contribuído para a escolha da irradiação como método de conservação dos alimentos, como por exemplo, a sua penetração em qualquer material; o volume do produto a ser irradiado não interfere no processo e por não haver a necessidade de testes microbiológicos pós esterilização (COUTO; SANTIAGO, 2010).

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 (FARKAS, 1998 apud CANNIATTI-BRAZACA et al., 2005). Por não aumentar a temperatura do alimento, esta técnica pode ser aplicada em materiais termossensíveis (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Para FAO/IOEA/OMS (1966 apud SIQUEIRA, 2001) a irradiação pode ser utilizada juntamente com outros métodos de conservação, como a refrigeração, tratamento térmico, cura e a adição de substâncias químicas, prolongando consideravelmente a vida útil dos alimentos durante o armazenamento, tanto refrigerado como não, sendo necessário um envase perfeito que não permita uma nova contaminação, uma vez que o alimento estará isento de qualquer flora microbiológica.

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). E logo após ser irradiado o alimento tem que ser mantido em condições assépticas para que não ocorra uma nova contaminação (GCIIA, 1990 apud SILVA; ROSA, 2010).

Segundo Souza (2007), 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 (BOAVENTURA, 2004 apud 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).

Rios e Penteado (2003), realizaram um estudo com alho irradiado para demonstrar o efeito da radiação sobre a vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), verificou-se então que mudanças significativas no teor dessa vitamina no alho foram obtidas, quando aplicadas doses acima de 200 Gy. O que não ocorreu, pois para se evitar o brotamento do alho a dose empregada foi de 75 Gy (KWON et al., 1985 apud RIOS; PENTEADO, 2003). Isto comprova que a variação no teor de vitamina E em um dado alimento, irá depender do próprio alimento, ou seja, qual a dose de radiação empregada para se obter o resultado esperado.

Como é um processo pós-colheita, a irradiação não pode substituir os agrotóxicos utilizados no campo (USP/CENA, 2002 apud SILVA, 2007).

Além disso a irradiação pode causar mudanças nas propriedades físicas e químicas dos materiais poliméricos, que são utilizados na confecção das embalagens (TABATA, 1981 apud MOURA, 2006). Quando o polímero é irradiado, ocorrem a cisão da cadeia polimérica principal e as ligações químicas entre as moléculas poliméricas, a reticulação. Sendo que essas reações são concorrentes e a predominância de uma sobre a outra depende da estrutura química do polímero, das condições da irradiação e do próprio material (CLEGG, 1991 apud MOURA, 2006).

#### 4.6 APLICAÇÕES DA IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS

Muitas são as aplicações da irradiação em alimentos e podem apresentar objetivos distintos (VICENTE; SALDANHA, 2012).



A irradiação constitui-se um método eficiente para aumentar segurança microbiológica e preservar os nutrientes contidos nas carnes (SOUZA et al., 2008). Contudo, esse processo pode influenciar na coloração da carne, aumentando a tonalidade da cor vermelha dependendo da espécie, tipo de músculo e as doses utilizadas (SOUZA; ARTHUR; CANNIATTI-BRAZACA, 2007). Doses acima de 10 kGy alteram significativamente as características sensoriais (CHANDER et al., 2003 apud MODANEZ, 2012).

Souza, Arthur e Canniatti-Brazaca (2007) analisaram as alterações provocadas pela radiação usada (0,1 e 2 kGy) e o armazenamento (14 dias à 4 °C) em relação aos teores de ferro-heme na carne de frango, e foi visto que tanto os teores do ferro-heme quanto o do não-heme e pigmentos totais foram afetado pelas doses de radiação empregadas, porém sofreram maior influência do tempo de estocagem, comprovando a irradiação como um bom método para conservar e preservar a qualidade visual do frango.

A Figura 6 mostra filés de frango e peito de peru que foram produzidos pela NASA (EUA) e não tem prazo de validade, mesmo que sejam mantidos em temperatura ambiente, mantendo-se a embalagem intacta (VICENTE; SALDANHA, 2012).



**Figura 6** - Filés de frango e peito de peru irradiados pela NASA.

Fonte: USP-CENA (2007) apud Vicente e Saldanha (2012).

A irradiação também pode ser aplicada para inibir o brotamento em bulbos e tubérculos, ajudando na comercialização e distribuição desses alimentos. No caso da

cebola tem-se como principal problema de conservação o brotamento (MODANEZ, 2012). Deve-se evitar o armazenamento da cebola em temperaturas entre 5 e 15 °C, pois isso acelera a brotação, o que pode ser controlado pelo uso da irradiação (EMBRAPA, 2012 apud MODANEZ, 2012).

Na Figura 7 são mostrados exemplos de cebola e batata irradiadas, com a finalidade de aumentar a vida útil de prateleira e como pode ser observado ocorreu a inibição do brotamento das amostras irradiadas (MODANEZ, 2012).



**Figura 7** - Exemplos de tubérculos e bulbos não irradiados e irradiados, respectivamente.

Fonte: Modanez (2012).

Com relação a frutas e legumes o processo de irradiação pode aumentar o tempo de prateleira e ocasionar o retardo no tempo de maturação (MODANEZ, 2012). Silva, Silva e Spoto (2007) em seu estudo a respeito dos efeitos da radiação ionizante sobre as características sensoriais do abacaxi, avaliaram a qualidade pós-colheita de abacaxis após serem irradiados com doses de 100 a 150 Gy, tendo dose 0 como frutos controle e armazenados por períodos de 10, 20 e 30 dias, sob temperaturas de 12 °C ( $\pm 1$ ) e 85% ( $\pm 5$ ) de umidade relativa. Foi visto que as doses de radiação tiveram pouca influência sobre as características sensoriais do fruto, tendo melhores resultados para frutos irradiados a 100 Gy e o período de 20 dias de armazenamento teve melhor aceitabilidade dos consumidores. Já os frutos com prazo de armazenamento de 30 dias tiveram as aparências interna e externa prejudicadas.

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 (CGEE, 2010 apud MODANEZ, 2012).

Segundo a EMBRAPA (2012 apud MODANEZ, 2012) para o controle da mosca-das-frutas em mangas no Brasil, é utilizada a imersão da fruta na água quente (46, 1°C) por meia hora. Tal procedimento, embora aceito pela legislação dos EUA, pode acelerar a maturação, constituindo a irradiação como uma solução para o Brasil na exportação de mangas (Figura 8) (MODANEZ, 2012).

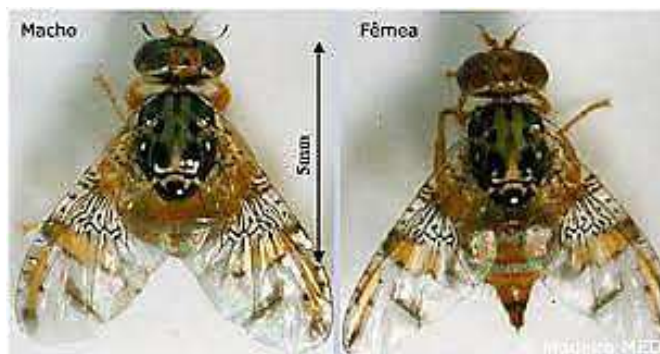


**Figura 8** - Manga irradiada e não irradiada.

Fonte: USP-CENA (2002).

Com isso, o Brasil criou e instalou no Vale do São Francisco a biofábrica chamada Moscamed Brasil, com o objetivo de produzir por meio de irradiação, inseto estéril para o controle da mosca das frutas ou mosca-do-mediterrâneo (Figura 9), pois mercados como União Européia, Estados Unidos e Japão exigem controle fitossanitário para a importação de frutas (CGEE, 2010 apud MODANEZ, 2012).

Como consequência da irradiação, são liberadas grande quantidade de machos estéreis na lavoura, contribuindo para que não sejam gerados mais descendentes (ARTHUR et al., 2001 apud MODANEZ, 2012).



**Figura 9 – Mosca-das-frutas.**

Fonte: ABAE (2009).

De acordo com Modanez (2012), o emprego da irradiação em grãos se dá para o controle da infestação de insetos, pois esses produzem micro-organismos que acarretam perdas e redução do valor nutritivo dos alimentos. Armelin et al., (2007) verificaram as alterações de cor, tempo de hidratação e de cocção no feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) variedade Carioca Tybatã, quando se faz uso da radiação gama; não obtiveram variação significativa na cor do feijão, nem no tempo de hidratação, porém foi comprovado que o feijão não irradiado apresenta maior tempo de cocção que o irradiado. Na Figura 10 temos o feijão irradiado e não irradiado.



**Figura 10 - Feijão irradiado e não irradiado.**

Fonte: UFRGS (2005).

Quanto ao efeito sobre os micro-organismos, a irradiação de alimentos produz íons reativos, que atuam de forma a alterar a estrutura da membrana celular e afetam a atividade de enzimas metabólicas, danificando ou eliminando assim os micro-organismos, porém o principal efeito deste processo está sobre os DNA e RNA, de fundamental importância para o crescimento e reprodução dos mesmos (FELLOWS, 2006 apud FILHO et al., 2012).

A eficácia da irradiação contra os micro-organismos se deve a fatores como o número de micro-organismos, pois quanto maior o seu número, maior será a dose de radiação empregada; a composição do alimento, logo microrganismos em meios muito proteicos são mais resistentes do que quando em solução tampão; a presença ou ausência de oxigênio, pois a presença deste gás os torna menos resistentes a radiação; o estado físico dos alimentos, já que as células quando estão desidratadas ou congeladas são mais resistentes do que no estado normal; a condição do micro-organismo, visto que os micro-organismos na fase *lag* são mais resistentes e a radiorresistência do microrganismo, geralmente quanto mais complexo o DNA, ou seja, quanto maior o DNA, maior será a sensibilidade do microrganismo a irradiação (FRANCO; LANDGRAF, 2008 apud FILHO et al., 2012).

Segundo Filho et al. (2012), na Tabela 2 a dose limite de 10 kGy recomendada pelo Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos (CMEIA), elimina a maior parte das bactérias, porém não apresenta muito efeito sobre esporos e vírus.

**TABELA 2** - Dose letal de radiação para alguns seres vivos.

<b>ORGANISMO</b>	<b>DOSE LETAL (Gy)</b>
Mamífero	5 -10
Insetos	10 -1000
Bactérias	500 - 1000
Esporos	10000 - 50000
Vírus	10000 - 200000

Fonte: Hernandez; Vital e Sabaa Srur (2003) apud FILHO et al. (2012).

Ervas e especiarias, tais como ervas aromáticas desidratadas e condimentos, possuem carga microbiana elevada, necessitando ser esterilizados para a segurança do

consumidor, com isso já são irradiadas no Brasil e na maioria dos países que utilizam a técnica de irradiação (MODANEZ, 2012). Contaminam as especiarias, organismos como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereuse* fungos toxicogênicos (BENDINI et al., 1998 apud MODANEZ, 2012).

Na Tabela 3 é mostrado o efeito da radiação sobre a vida útil de alguns alimentos.

**TABELA 3-** Efeito da radiação ionizante na duração da vida útil de alguns alimentos.

<b>PRODUTO</b>	<b>VIDA ÚTIL SEM IRRADIAÇÃO</b>	<b>VIDA ÚTIL COM IRRADIAÇÃO</b>
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: Camargo (2012) apud Oliveira, Soares e Alves (2012).

A partir da informação acima, pode-se comprovar que a irradiação é uma técnica que contribui para o aumento da vida útil dos alimentos, constituindo-se como um excelente método para a conservação destes.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com a revisão de literatura realizada, o processo de Irradiação em Alimentos 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.

A Irradiação 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.

Porém, foi perceptível que pouco se avançou desde o desenvolvimento do método, pois muitas das referências encontradas retomam ao final do século passado, contribuindo para que não se tenha uma ideia tão clara a respeito do que está acontecendo no presente momento na área de Irradiação em Alimentos.

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

ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA. **Negócio ecológico**. Disponível em: <<http://www.abae.pt/programa/JRA/concursos/concurso09/artigo.php?escalao=A1&id=35>>. Acesso em: Acesso em 10 de agosto de 2014.

ALMEIDA, A. P. G. **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.

ARMELIN, J. M. et al. Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-512, 2007.

CANNIATTI-BRAZACA, S. G. 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.

COUTO, R. R.; SANTIAGO, A. J. Radioatividade e irradiação de alimentos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Guarapuava, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010.

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

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

MODANEZ, L. **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.

MOURA, E. A. B. **Avaliação do desempenho de embalagens para alimentos quando submetidos a tratamento por radiação ionizante**. 2006. 151 f. Tese Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.



NEVES, L. C.; MANZIONE, R. L.; VIEITES, R. L. 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, K. C. F.; SOARES, L. P.; ALVES, A. M. 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, C. B. D. 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, F. A. 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.

PRESTES, M. L. M. A pesquisa e a construção do conhecimento: do planejamento aos textos, da escola à academia. **Revista Atual e Ampl**. São Paulo: Rêspel, 2003.

RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. V. C. Determinação de  $\alpha$ -tocoferol em alho irradiado utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Química Nova**. Campinas, v. 26, n. 1, p. 10-12, 2003.

SILVA, E. F. S. **Irradiação em alimentos**. 2007. 48 f. Monografia (Especialista em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) - Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Análises fisiológicas e enzimáticas em abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 3, p. 602-607, 2007.

SILVA, J. M.; SPOTO, M. H. F.; SILVA, J. P. Efeitos da radiação ionizante nas características sensoriais do abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 4, p. 710-716, 2007.

SILVA, A. L. F.; ROZA, C. R. Uso da radiação em alimentos: revisão. **B. CEPPA**. Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, 2010.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. 2001. 154 f. **Efeitos da irradiação e refrigeração na qualidade e no valor nutritivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 1-137, 2001.

SOUZA, A. R. M.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Alterações provocadas pela irradiação e armazenamento nos teores de ferro heme em carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 2, p. 303-306, 2007.

SOUZA, A. R. M. et al. Efeito da irradiação e do armazenamento na disponibilidade de ferro em carne de cordeiro tratado com diferentes dietas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 4, p. 804-808, 2008.

SOUZA, K. C. G. **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.

SPARTAGOS BLOG. **Contaminação e Irradiação**. Disponível em: <<http://spartagos.blogspot.com.br/2011/03/contaminacao-e-irradiacao.html>>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Física para agronomia**. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/dia\\_a\\_dia.html](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/dia_a_dia.html)>. Acesso em: 10 de agosto de 2014.

USP-CENA. **Divulgação dos benefícios da irradiação de alimentos e/ou outros materiais.** Disponível em: <[http://www.cena.usp.br/irradiacao/principios\\_old.htm](http://www.cena.usp.br/irradiacao/principios_old.htm)>. Acesso em 17 de janeiro de 2014.

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

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