

**UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO**

**JOÃO PAULO CARANI**

**IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS**

BAURU  
2011

**JOÃO PAULO CARANI**

**IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Paula Cerino Coutinho.

BAURU  
2011

**JOÃO PAULO CARANI**

**IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Cerino Coutinho.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Cerino Coutinho.

Universidade Sagrado Coração

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.

Universidade Sagrado Coração

---

Prof. Ms. Carlos Henrique Conte.

Universidade Sagrado Coração

Bauru, 29 de junho de 2011.

Dedico este trabalho à meus pais e a minha família que sempre me ajudaram e me apoiaram em todos os momentos e à minha orientadora, que me deu todo apoio necessário.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus. Aos meus pais, irmãs, avós e amigos, que me apoiaram na realização desse trabalho. À orientadora, professores e Universidade, pela orientação e apoio necessário.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o processo de irradiação nos alimentos e a influência da radiação ionizante nas características físico-químicas, microbiológicas e organolépticas dos alimentos. A irradiação é uma eficiente tecnologia utilizada com o intuito de aumentar a vida útil e conservação dos alimentos, sem alterar suas propriedades de frescor. A radiação ionizante danifica ou destrói tanto os micro-organismos banais quanto os patogênicos causadores de alterações nos alimentos. O processo de irradiação ionizante além de destruir os micro-organismos também inativa enzimas indesejáveis, retarda o amadurecimento de frutas e vegetais, produzindo alterações mínimas aos constituintes dos alimentos. A dose aplicada depende do tipo de radiação, da resistência dos organismos presentes e do objetivo do tratamento, sendo que a eficiência do processo depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. No Brasil, a legislação limita a dose a 10kGy e proíbe a re-irradiação dos alimentos.

**Palavras-chave:** Irradiação. Radiação Ionizante. Conservação de Alimentos.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze the process of irradiation in some kinds of food and the influence of ionizing radiation on physical-chemical, microbiological and organoleptic characteristics of foods. Irradiation is an efficient technology that has the purpose of increasing the shelf life and preservation of foods without changing their freshness. Ionizing radiation damages or destroys both banal micro-organisms and the pathogens ones that alter the micro-organisms. The process of ionizing radiation destroys not only the micro-organisms but also inactivates enzymes, and delays the ripening of fruits and vegetables, causing minimal changes on the food constituents. The dose applied depends on the type of radiation, the resistance of organisms and the goal of the treatment. The efficiency of the process depends on intrinsic and extrinsic factors. In Brazil, the law limits the dose to up to 10 kGy and prohibits the re-irradiation of food.

**Keywords:** Irradiation. Ionizing Radiation. Food Preservation.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Intensidade de energia emitida pelas fontes de radiação.....	14
Tabela 2 – Resultados obtidos com a aplicação de diferentes doses de radiação.....	17
Tabela 3 – Aplicações da irradiação em alimentos.....	24

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espectro Eletromagnético.....	13
Figura 2 – Desenho esquemático de uma planta de irradiação com fonte de $^{60}\text{Co}$ .....	19
Figura 3 – Fontes de Cobalto 60 encapsuladas .....	21
Figura 4 – Ionização da água e formação de radicais livres durante a irradiação.....	26
Figura 5 – Radura.....	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>RADIAÇÃO IONIZANTE</b> .....	<b>13</b>
2.1	DISTRIBUIÇÃO DA DOSE.....	15
2.2	DOSE ABSORVIDA.....	15
<b>3</b>	<b>IRRADIADORES</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>UTILIZAÇÃO DA IRRADIAÇÃO EM ALIMENTOS</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM ALIMENTOS</b> .....	<b>23</b>
5.1	ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NUTRICIONAIS.....	26
<b>6</b>	<b>SENSIBILIDADE DOS MICRO-ORGANISMOS A RADIAÇÃO IONIZANTE</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS IRRADIADOS</b> .....	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>35</b>
	ANEXO A – Legislação de Alimentos Irradiados.....	36

## 1 INTRODUÇÃO

Os alimentos sofrem algumas alterações que podem comprometer a sua qualidade. Segundo Miyagusku (2008, p. 27) os alimentos “sofrem numerosas alterações físicas, microbiológicas e químicas durante as etapas de processamento e armazenamento, ocasionando perdas de atributos sensoriais que os caracterizam e, conseqüentemente, a redução da sua vida útil.”

A preocupação com a preservação de alimentos esteve presente em toda a história da humanidade, Ghobril (2008, p. 12) ao realizar um estudo histórico, constata que “desde a antiguidade, as pessoas se preocupam em cuidar melhor de seus alimentos utilizando vários métodos de preservação, de modo a controlar a sua deterioração, a transmissão de doenças e a infestação de insetos.”

Vários processos de conservação são utilizados para controlar as alterações nos alimentos. O uso da radiação ionizante na área alimentícia teve início em 1905, “quando, no Reino Unido, J. Apfleby e A. J. Banks patentearam-na sob nº 1609. Foi proposto o tratamento dos alimentos, principalmente cereais e seus produtos, com raios *alfa* ( $\alpha$ ), *beta* ( $\beta$ ) e *gama* ( $\gamma$ ), provenientes de rádio ou outras substâncias radioativas” (DIEHL, 1990 *apud* LANDGRAF, 2002, p. 16).

Na década de 1940 pesquisas com diferentes fontes de radiação foram desenvolvidas no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) – Estados Unidos, viabilizando o uso de radiações ionizantes para a conservação de alimentos. Esses estudos serviram como base para a revisão sobre o tema, realizado por Proctor e Goldblith (1951 *apud* LANDGRAF, 2002, p. 17), que concluíram que a irradiação com nêutrons produz radioatividade no alimento.

Nos anos 1960, o governo americano aprovou o uso da tecnologia de irradiação de alimentos para o controle de insetos em trigo e farinha de trigo, além de aumentar o tempo de conservação de batatas. A década de 1970 foi marcada pelo empenho junto as pesquisas toxicológicas que pretendiam comprovar a inocuidade dos alimentos irradiados (LANDGRAF, 2002, p. 18-19).

Na década de 1990, Miyagusku (2001, p. 16-17) ao analisar dados do *International Consultative Group on Food Irradiation* constatou que, por ano cerca de 500 milhões de toneladas de alimentos eram preservados pela irradiação. O método é utilizado para diminuir o risco de toxinfecções alimentares e aumentar a vida útil dos alimentos.

A legislação brasileira segue recomendações internacionais, com o objetivo de evitar a radioatividade dos alimentos, impõe que o processo de radiação não eleve “o nível normal de

radioatividade do alimento, independente do tempo durante o qual o produto é exposto à radiação, ou ao quanto de uma dose de energia é absorvida. Os alimentos irradiados não ficam radioativos após este procedimento” (GHOBRIIL, 2008, p. 13).

Borali et al (2008, p. 8) apontam variáveis que condicionam os efeitos da irradiação sobre os alimentos e indicam as principais vantagens. Assim, “os efeitos da irradiação sobre os alimentos dependem do tipo do alimento, do tipo da radiação e da sua dose. Entre os principais, temos a inibição por brotamento, o retardo da maturação, a redução do número de micro-organismos, esterilização e desinfecção.”

Landgraf (2002, p. 24) no início dos anos 2000 afirma que “os principais objetivos do uso da radiação ionizante em alimentos são torná-los seguros.” Esse processo pode impedir a proliferação de micro-organismos como bactérias e fungos, que causam a deterioração do alimento, além de retardar o amadurecimento ou a maturação de certas frutas e legumes (GHOBRIIL, 2008, p. 13).

Para a radiação ionizante acontecer de forma eficiente, ou seja, sem que comprometa a qualidade sensorial e nutricional do produto é necessário o estabelecimento de dosagens que reduzam a carga microbiana. Além disso, a radiação ionizante pode reduzir os danos causados no armazenamento e transporte do alimento, diminuindo a utilização de produtos químicos que podem ser nocivos (MIYAGUSKU, 2008, p. 29;40).

“O interesse pela irradiação como tecnologia de tratamento de alimentos tem forte justificativa econômica devido às grandes perdas decorrentes” (GHOBRIIL, 2008). Corroborando essa ideia, Mello (2002) analisa dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) que apontam que “cerca de 25% de toda produção mundial de alimentos se perde pela ação de micro-organismos, insetos e roedores.”

Os processos de irradiação de alimentos são utilizados para aumentar a oferta de alimentos saudáveis e seguros para uma população global em contínua expansão. Para Ghobril (2008, p. 104) “A irradiação foi identificada como solução eficaz para a redução de patogênicos e tem sido recomendada para aumentar a segurança dos alimentos.”

O presente trabalho tem o objetivo de descrever o processo de irradiação nos alimentos e compreender a influência da radiação ionizante nas características físico-químicas, microbiológicas e organolépticas dos alimentos.

## 2 RADIAÇÃO IONIZANTE

A radiação refere-se ao fenômeno físico pelo qual a energia é transportada através do espaço ou da matéria, na velocidade ou próxima da velocidade da luz.

Dentro do espectro eletromagnético de radiação que compreende comprimentos de onda entre ( $10^{-15}$ ) a ( $10^4$ ) cm, há dois tipos de radiações: as caloríficas e as ionizantes, como mostra a Figura 1.

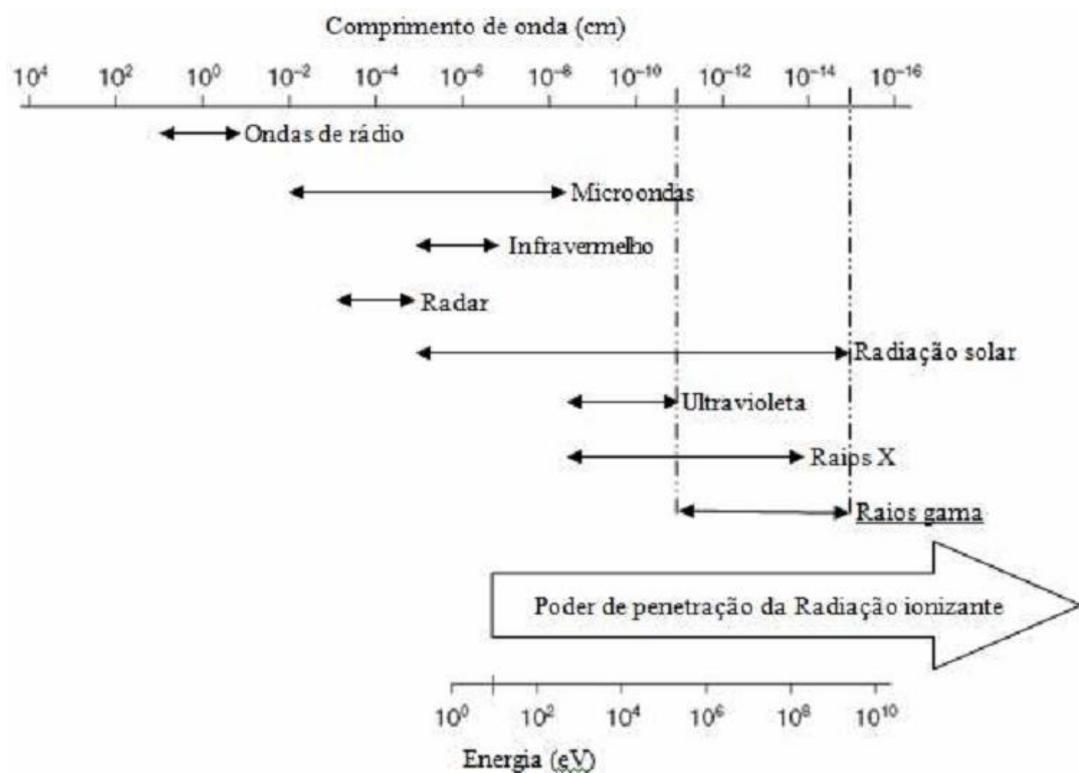


Figura 1 – Espectro Eletromagnético  
Fonte: (MIYAGUSKU, 2008, p. 32).

Ghobril (2008, p. 93), descreve o processo de irradiação e afirma que as radiações caloríficas são as que “geram aumento de temperatura nos corpos submetidos a estas pela vibração dos elétrons ou das moléculas, como ocorrem com as radiações infravermelho e microondas, respectivamente. No entanto, estas técnicas não têm sido utilizadas com a finalidade de conservação de alimentos.”

Já as radiações ionizantes produzem partículas eletricamente carregadas, denominadas íons. “Possui menor comprimento de onda, maior frequência e energia do que a radiação eletromagnética, como a luz visível, infravermelho, ultravioleta, microondas e ondas de rádio” (MIYAGUSKU, 2008).

Segundo Ghobril (2008, p. 93), “as radiações ionizantes têm sido aplicadas na conservação de alimentos por propiciar a destruição de micro-organismos, inativar enzimas indesejáveis e produzir alterações mínimas aos constituintes dos alimentos.”

De acordo com Landgraf (2002, p. 24), “existem diferentes tipos de radiação ionizante que podem ser partículas carregadas eletricamente, como os elétrons, ou fótons de alta energia, como os raios X e os raios gama.”

A radiação ionizante não torna alimentos ou outros materiais radioativos, se seu uso for moderado, pois a energia gerada não induz a radioatividade (MIYAGUSKU, 2008). A Tabela 1 mostra a fonte de radiação e sua intensidade de energia emitida.

Tabela 1 – Intensidade de energia emitida pelas fontes de radiação.

Fonte de radiação	Energia máxima emitida (MeV)
Raios X	10,0
Feixes de elétrons	5,0
Raios gama – isótopo Césio137 (Cs-137)	0,66
Raios gama – isótopo Cobalto 60 ( $^{60}\text{Co}$ )	1,17

Fonte: (MIYAGUSKU, 2008).

Miyagusku (2008, p. 33) analisando o quadro, verifica que “Os raios X, feixes de elétrons e os raios gama têm as mesmas propriedades (ondas eletromagnéticas), sendo diferenciados pelas suas origens: os raios X e feixe de elétrons são produzidos por instrumentos e os raios gama são provenientes de desintegrações espontâneas de isótopos radioativos”. Alguns exemplos de emissores de radiação gama, são o Cobalto-60 e o Césio 137.

Segundo o Codex General Standard for Irradiated Foods do Codex Alimentarius (1984), para a irradiação só são permitidos os raios gama de radionuclídeos  $^{60}\text{Co}$ , com 1,33 MeV e vida média de 5,263 anos, e  $^{137}\text{Cs}$ , com 0,662 MeV e vida média de 30 anos, raios X, com energia máxima de 5 MeV, e feixes de elétrons, gerados por máquinas operadas com energia máxima de 10 MeV (DIEHL, 1990 *apud* LANDGRAF, 2002, p. 24-25).

Landgraf (2002, p. 25) revisita Urbain (1986) e Diehl (1990) e, constata que

a interação da radiação ionizante com a matéria ocorre através do efeito fotoelétrico, produção de pares e efeito Compton, o qual predomina nos alimentos. Neste efeito, parte da energia do fóton é transferida para o átomo com o qual interagiu, provocando o deslocamento de um elétron orbital.

Após esta interação, o fóton incidente, com energia menor do que a inicial, muda sua trajetória no interior da matéria. O elétron deslocado, denominado de elétron Compton, tem energia suficiente para causar excitações e ionizações nos átomos com os quais interagirá. As ionizações e excitações provocadas por ele são semelhantes às causas pelo feixe de elétrons. Por isso, as alterações químicas induzidas pela radiação na matéria serão as mesmas, independente do tipo de radiação empregado.

## 2.1 DISTRIBUIÇÃO DA DOSE

A distribuição de doses é influenciada pelas características dos alimentos e pela dose aplicada.

A penetração da radiação  $\gamma$  depende da densidade do alimento e da energia dos raios. Como a irradiação é absorvida ao passar pelo alimento, a parte externa recebe uma dose maior que a parte interna. Em uma densidade de  $1.000 \text{ kg m}^{-3}$ , a metade dos raios é absorvida em 11 cm. Dividindo-se essa densidade pela metade, duplica-se a penetração. Para cada alimento, portanto há um limite de dose máxima permitida na superfície externa ( $D_{\text{máx}}$ ), estabelecido tanto pelas alterações sensoriais quanto pela legislação, e um limite mínimo ( $D_{\text{mín}}$ ) para garantir o efeito desejado na destruição dos micro-organismos. A uniformidade de distribuição da dose pode ser expressa pela relação  $D_{\text{máx}}:D_{\text{mín}}$ . Para os alimentos sensíveis à irradiação, como frango, essa relação deve ser menor possível e nunca maior que 1,5. Outros alimentos, como cebolas, toleram uma relação em torno de 3 sem alterações inaceitáveis. A distribuição da dose pode ser controlada pelo ajuste da espessura do alimento embalado e irradiando-se ambos os lados (FELLOWS, 2006).

De acordo com Fellows (2006), os dosímetros são distribuídos por toda a embalagem para determinar a dose recebida e garantir que a relação  $D_{\text{máx}}:D_{\text{mín}}$  seja alcançada.

## 2.2 DOSE ABSORVIDA

O alimento, ao atravessar o campo de radiação, absorve uma certa quantidade de energia radioativa, denominada dose de radiação.

O Sistema Internacional de Unidade de Medidas propôs o termo “gray” (Gy), para se referir a dose absorvida. Um gray, em termos de relação de energia, equivale a 1J (Joule) de energia absorvida por 1kg de alimento irradiado. A relação entre o gray e uma antiga unidade de medida, o rad, é de 1kGray para 100kRads (MIYAGUSKU, 2008, p. 37-38).

Segundo Miyagusku (2008), “a eficiência do processo de radiação ionizante pode ser afetada por fatores intrínsecos como pH, potencial de oxirredução, composição do alimento e atividade de água e, fatores extrínsecos como temperatura, atmosfera envolvendo o alimento e umidade relativa do ambiente.”

Após pesquisas realizadas pelo International Consultative Group on Food Irradiation “foi estabelecido um consenso sobre a aplicação de diferentes doses de radiação ionizante

para as mais diversas finalidades. Assim, alguns termos específicos foram propostos para diferenciar o objetivo do processo” (MIYAGUSKU, 2008, p. 38).

Para Ghobril (2008, p. 97), os principais benefícios advindos da irradiação de alimentos em relação às doses recebidas são:

- ✓ Dose Baixa (radicidação) – até 1 kGy – inibição de brotamento; atraso na maturação; desinfestação de insetos; inativação de parasitas.
  
- ✓ Dose Média (radurização ou radiopasteurização) – 1 a 10 kGy – redução do número de micro-organismos da decomposição; redução ou eliminação de patógenos não formadores de esporos, isto é, micro-organismos causadores de doenças; melhora das propriedades tecnológicas dos alimentos; extensão do tempo de prateleira.
  
- ✓ Dose Alta (radapertização ou esterilização comercial) – acima de 10 kGy – redução do número de micro-organismos ao ponto da esterilidade, incluindo formadores de esporos.

Os resultados produzidos pela radiação ionizante de alimentos depende do tipo do alimento e da quantidade de energia ionizante que ele absorve. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos com a aplicação de diferentes doses de radiação.

Tabela 2 – Resultados obtidos com a aplicação de diferentes doses de radiação.

<b>TIPO DE ALIMENTO</b>	<b>DOSE EM kGy</b>	<b>EFEITO</b>
CARNE, FRANGO, PEIXE, MARISCO, ALGUNS VEGETAIS, ALIMENTOS PREPARADOS	20 - 70	Esterilização. Os produtos tratados podem ser armazenados à temperatura ambiente.
ESPECIARIAS E OUTRAS FRUTAS	8 – 30	Reduz o número de microorganismo e destrói insetos: substitui produtos químicos.
CARNE, FRANGO, PEIXE	1 – 10	Retarda a deterioração, mata alguns tipos de bactérias patogênicas (Salmonela).
MORANGOS E OUTRAS FRUTAS	1 – 4	Aumenta o tempo de prateleira, retarda o aparecimento e mofo.
GRÃOS, FRUTAS E VEJETAIS	0,1 – 1	Mata insetos ou evita sua reprodução. Pode substituir parcialmente os fumigantes.
BANANA, ABACATE, MANGA, MAMÃO E OUTRAS FRUTAS NÃO CÍTRICAS	0,25 - 0,35	Retarda a maturação.
CARNE DE PORCO	0,08 - 0,15	Inativa a Trinchinela.
BATATA, CEBOLA, ALHO	0,05 - 0,15	Inibe o brotamento.

\* kGy (quilogray). Quando um quilograma de matéria absorve a energia de 1 joule, diz-se que ela recebeu a dose de um Gray.

Fonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 2006.

### 3 IRRADIADORES

O processo de irradiação vem crescendo e seu uso se aplica nos mais diferentes segmentos.

Atualmente, se irradiam materiais para uso médico, pedras, frutas e vegetais e uma série muito grande de produtos variados. [...] Há, no Brasil, de acordo com dados da CNEN, aproximadamente 900 instalações radiativas na indústria, que utilizam cerca de 3.000 fontes de radiação, para diversas aplicações, incluindo medidores nucleares, equipamentos de gamagrafia e demais equipamentos para outras finalidades industriais (GHOBRIIL, 2008, p. 109).

Sobre o funcionamento do irradiador Ghobril (2008, p. 109) analisa suas características e funcionalidades.

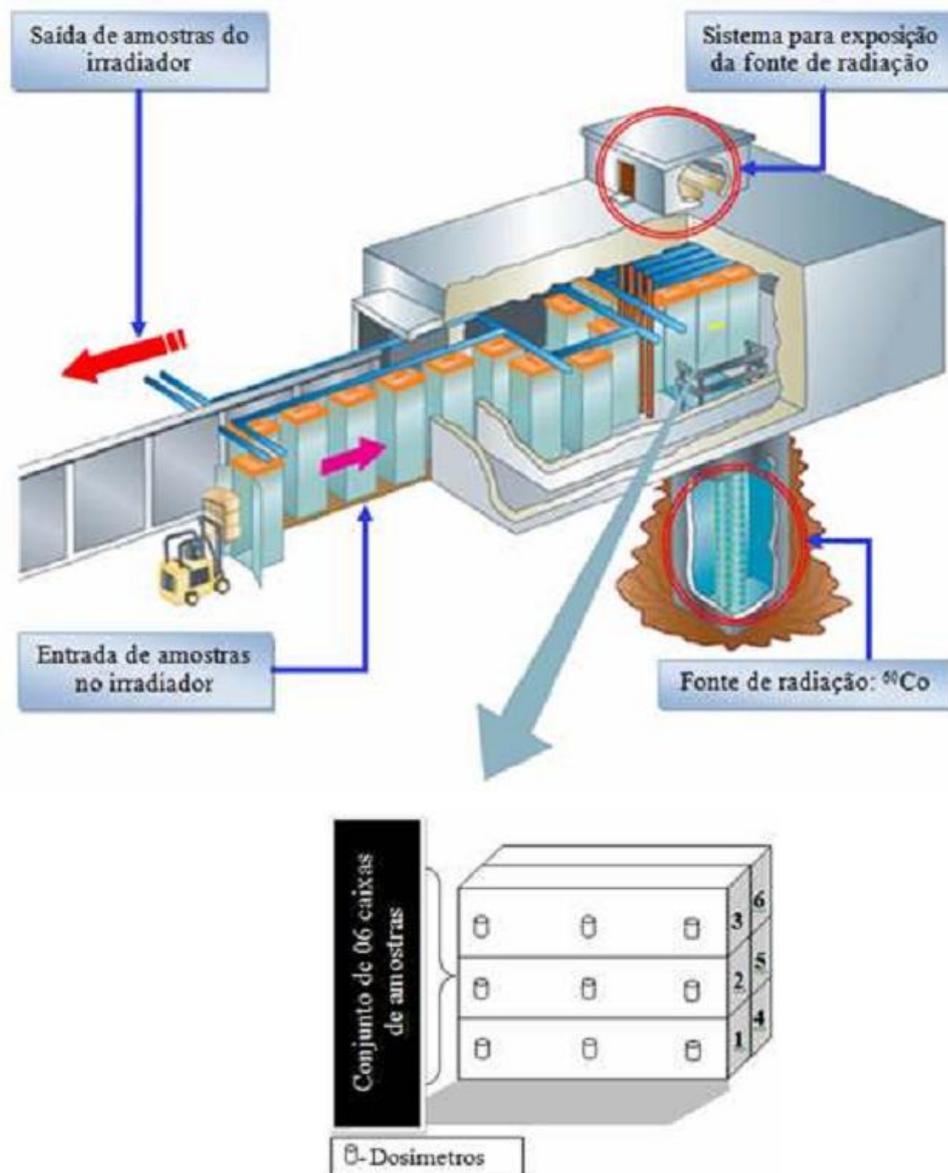
O irradiador consiste em uma instalação com capacidade de processar materiais utilizando a tecnologia da irradiação, geralmente contendo uma estrutura de concreto, denominada “*bunker*”, que aloja a fonte de radiação; este conjunto forma a câmara de irradiação. A alimentação desta câmara pode ser manual ou automática, através de esteiras rolantes. Os produtos a serem irradiados, embalados ou a granel, passam pela câmara de irradiação através de um sistema transportador composto de esteiras, onde são submetidos a um campo de irradiação num ritmo preciso e controlado, de forma a receber a quantidade exata de energia para o tratamento, que precisa ser anteriormente planejado com os respectivos cálculos. Esses cálculos analisam a distribuição da dose dentro dos alimentos para atingir os objetivos estabelecidos sem comprometimento de suas características.

Mello (2002, p. 2) ao tratar dos efeitos da irradiação na constituição dos alimentos, observa que

a irradiação pode induzir a formação de algumas substâncias, chamadas de produtos radiolíticos, na constituição dos alimentos. Estas substâncias não são radioativas e não são exclusivas dos alimentos irradiados. Muitas delas são substâncias encontradas naturalmente nos alimentos ou produzidas durante o processo de aquecimento (glicose, ácido fórmico, dióxido de carbono). Pesquisas sobre essas substâncias não encontraram associação entre a sua presença e efeitos nocivos aos seres humanos.

Ghobril (2008, p. 110) faz reflexões sobre a o irradiador gama e faz observações importantes sobre a melhor forma de armazenagem quando não estiver sendo usado.

No caso do irradiador gama, a fonte de radionuclídeos emite continuamente radiação e quando não estiver sendo utilizada para os fins propostos, deve ser armazenada numa piscina funda, pois a água é uma das blindagens mais apropriadas contra esse tipo de radiação, levando em conta os aspectos tecnológicos e econômicos, absorvendo a energia e protegendo os trabalhadores da exposição à radiação. Já as máquinas produtoras de elétrons de alta energia operam geralmente com eletricidade e podem ser desligadas quando fora de sua atividade.



A Figura 2 mostra a imagem de um irradiador de grande porte típico.  
 Fonte: (MIYAGUSKU, 2008).

Ghobril (2008, p. 110), ao realizar uma leitura de Curzio e Allignani (1996), observa que

a principal diferença entre esse tipo de instalação a uma outra indústria é a existência de uma blindagem de concreto (1,5 a 2,0 metros de espessura) cercado a sala de irradiação, assegurando que a radiação ionizante não comprometa o espaço externo a este recinto. Há modelos cujos projetos possuem geometrias variáveis que permitem alterar as doses de irradiação variando a distância da fonte ao produto, em função da densidade e da espessura dos produtos. As otimizações da geometria e do sistema de transporte em um irradiador multipropósito são de fundamental importância,

pois afetam a distribuição de dose no produto e, assim, seus custos operacionais.

É imprescindível que sejam regulamentadas e inspecionadas as plantas e instalações industriais de irradiação de alimentos pelos órgãos de segurança radiológica e de saúde, seguindo as normas estabelecidas, geralmente pela *International Atomic Energy Agency* (AIEA), *Food and Agriculture Organization of the United Nation* (FAO) e Organização Mundial da Saúde (OMS). Nas instalações para irradiação de alimentos não possuem reatores nucleares nem produzem lixo radioativo. As instalações responsáveis pela irradiação de alimentos estão sujeitas a auditorias, fiscalização e programas de otimização, assegurando assim, sua segurança e efetividade nas ações sobre os produtos irradiados (GHOBRIIL, 2008, p. 110-111).

A *Codex Alimentarius*, regula a apresentação de documentos no despacho de alimentos irradiados. Neles devem constar identificação do irradiador, data do tratamento, identificação do lote, dose e outros aspectos de tratamento. Um irradiador é mais eficiente quando é “planejado para operar com produtos dentro de um raio de densidade e com uma dose estável” (GHOBRIIL, 2008, p. 111).

Acerca do custo da irradiação, Ghobril (2008, p. 112) anota algumas estimativas, que dependem de variáveis que podem alterar esses valores.

O preço da irradiação varia de US\$ 10 a 15 toneladas para baixa dose, e US\$ 100 a 250 por toneladas para altas doses. Estes custos são competitivos com tratamentos alternativos, podendo ser considerados menos dispendiosos em alguns casos. Ainda é uma tecnologia cara, porém os custos, estão se tornando compatíveis com outras tecnologias (embalagem a vácuo, supercongelamento, pasteurização), apresentando crescentes vantagens.

Com relação as fontes radioativas utilizadas no processo, a mais presente é o Cobalto 60,

por se apresentar em forma metálica e se insolúvel em água, proporcionando maior segurança ambiental. O Cobalto 60, um metal sólido geralmente obtido a partir do bombardeamento com nêutrons do Cobalto 59 em um reator nuclear, tem meia vida de 5,27 anos. Depois que o Cobalto 60 é produzido, ele é duplamente encapsulado, o que impede qualquer vazamento de radiação. Em geral, uma caneta de cobalto é utilizável por cerca de 20 anos, quando atinge 1/16 de sua atividade original (GHOBRIIL, 2008).



Figura 3 – Fontes de Cobalto 60 encapsuladas.  
Fonte: (GHOBIL, 2008, p. 112).

#### 4 UTILIZAÇÃO DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

A radiação ionizante em alimentos se compara a outros processos, como à pasteurização e esterilização térmica e, ao congelamento.

Este processo envolve a exposição do alimento, embalado ou não, a um dos três tipos de energia ionizante: raios X, feixe de elétrons ou raios gama. O processo de radiação ionizante é realizado em uma planta desenhada especificamente para o processamento onde o alimento permanece por um tempo determinado. A fonte mais comum de raios gama para o processamento de alimentos é o radioisótopo Cobalto 60 ( $^{60}\text{Co}$ ) (KAMPELMACHER *apud* MIYAGUSKU, 2008, p. 35-36).

A radiação ionizante é chamada de “processo frio”, pois os alimentos praticamente não sofrem variação de temperatura durante o tratamento. Após a irradiação os alimentos podem ser transportados, armazenados ou consumidos imediatamente. Os raios gama gerados pelo isótopo  $^{60}\text{Co}$  podem penetrar no alimento causando pequenas alterações moleculares, as mesmas ocorridas no ato de cozinhar, esterilizar ou congelar. A energia passa através do alimento que está sendo tratado sem deixar resíduos (MIYAGUSKU, 2008, p. 37).

Segundo Miyagusku (2008, p. 37) a radiação ionizante interrompe os processos bioquímicos que levam o alimento a deterioração. A ação dos raios X, feixes de elétrons ou raios gama, ocorre por meio da interação com a água ou outras moléculas, constituintes dos alimentos. Durante o processo as células microbianas de bactérias, leveduras, fungos e vírus são rompidos ou sofrem danos. Além disso, parasitas, insetos e seus ovos e larvas são mortos ou se tornam estéreis.

## 5 EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM ALIMENTOS

Os alimentos irradiados apresentam algumas vantagens que podem ser observadas em vários aspectos, tais quais: qualidade de produtos frescos, melhorando a aparência, odor, sabor, além de manter o valor nutritivo. A perda da qualidade ocorrida durante o transporte e armazenagem é amenizada durante o processo de radiação ionizante, o que diminui o uso de produtos químicos que podem causar danos aos alimentos (MIYAGUSKU, 2008).

O Quadro 1 mostra alguns benefícios da aplicação da radiação ionizante em alimentos.

Quadro 1 – Benefícios da aplicação da radiação ionizante em alimentos.

Pode ser aplicado em alimentos previamente embalados
Reduzir o uso de tratamentos com substâncias químicas, produzindo alimentos livres de resíduos químicos
Manter o frescor de alimentos <i>in natura</i>
Possibilita aplicação de técnicas de pasteurização de alimentos, sem alterar o aspecto de alimentos <i>in natura</i>
Possibilita a aplicação em alimentos no estado congelado, sem promover aquecimento
Promover a segurança microbiológica – eliminação de patógenos
Facilitar o comércio internacional considerando a segurança alimentar
Facilitar a disponibilidade e qualidade de produtos tropicais

Fonte: (MIYAGUSKU, 2008).

Os estudos em radiação ionizante tem sido realizados há mais de quarenta anos. Após uma revisão nas pesquisas, concluiu-se que os resultados são seguros e benéficos. Nos valores nutricionais não foram identificados prejuízos aos alimentos após irradiados (MIYAGUSKU, 2008, p. 40).

No início da década de 1980, após estudos realizados pela “a Comissão do Codex Alimentarius, um grupo das Nações Unidas que desenvolve normas internacionais para alimentos, concluiu que alimentos irradiados abaixo de 10 kGy não apresentam risco toxicológico” (MIYAGUSKU, 2008, p. 40).

A *International Consultive Group on Food Irradiation* assegura que após a irradiação de um alimento, este não se torna radioativo, ainda que seja aplicada altas doses. Os efeitos observados sofrem variações dependendo do tipo do alimento, do tipo da radiação e da dose,

da resistência dos organismos presentes e do objetivo do tratamento.” (BORALI, 2008; FELLOWS, 2006). A Tabela 3 mostra as aplicações da irradiação em alimentos.

Tabela 3 – Aplicações da irradiação em alimentos.

<b>Aplicação</b>	<b>Faixa da Dose(kGy)</b>	<b>Exemplos de alimentos</b>	<b>Países com Processamento Comercial</b>
Esterilização.	7-10	Ervas e condimentos.	África do Sul, Bélgica, Canadá, Coreia (Rep.), Croácia, Dinamarca, Estados Unidos, Finlândia, Israel, México, República Tcheca, Vietnã.
	Até 50	Estocagem de longo prazo de carne em temperatura ambiente (acima da dose permitida).	Nenhum.
Esterilização de materiais de embalagem.	10-25	Rolhas de vinho.	Hungria.
Destruição de patógenos.	2,5-10	Condimentos, carne, frango e camarões congelados.	África do Sul, Bélgica, Canadá, Croácia, Dinamarca, Estados Unidos, Finlândia, França, Holanda, Irã, República Tcheca, Tailândia, Vietnã.
Controle de fungos.	2-5	Estocagem prolongada de frutas frescas.	África do Sul, China, Estados Unidos.
Aumento da vida de prateleira refrigerada de 5 dias para 1 mês.	2-5	Frutas macias, peixe fresco e carne a 0-4°C.	África do Sul, China, Estados Unidos, França, Holanda.
Inativação / controle de parasitas.	0,1-6	Carne suína.	-
Desinfestação.	0,1-2	Frutas, grãos, farinhas, grãos de cacau, alimentos desidratados.	Argentina, Brasil, Chile, China.
Inibição de brotamento.	0,1-0,2	Batatas, alho, cebolas.	Argélia, Bangladesh, China, Cuba.

Fonte: (FELLOWS, 2006).

De acordo com a Tabela 3 observa-se que é possível esterilizar carnes e outros produtos. Entretanto, a dose necessária excede o limite atual de 10 kGy. Uma dose de 48 kGy é necessária para se obter uma redução de 12 D de *Clostridium botulinum* (tempo e temperatura mínima para inativação do *C. botulinum* em alimentos enlatados), mas uma dose dessa magnitude tornaria produtos como a carne sensorialmente inaceitáveis. Por isso, há pouco interesse comercial na esterilização. Já para temperos e especiarias, os quais estão

frequentemente contaminados por bactérias esporulantes resistentes ao calor utiliza-se doses entre 8 a 10 kGy, que reduzem a carga de micro-organismos a um nível aceitável sem perda significativa de óleos voláteis, sua principal característica de qualidade.

Para a redução de patógenos, onde as bactérias responsáveis por toxinfecções alimentares (como a *Salmonella typhimurium*) são menos resistentes à irradiação do que, por exemplo, *Clostridium botulinum*, doses de 3 a 10 kGy são suficientes para sua destruição. As carcaças de frango irradiadas com doses de 2,5 kGy ficam praticamente livres de *Salmonella* spp., e sua vida de prateleira é duplicada quando mantida abaixo de 5°C. Altas doses, de mais de 10 kGy, podem ser aplicadas em frango ou crustáceos congelados (-18 °C) para destruir *Campylobacter* sp., *Escherichia coli* 0157:H7 ou *Vibrio* sp. (p. ex., *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*) sem causar as alterações sensoriais inaceitáveis que ocorrem na carne fresca (FELLOWS, 2006).

Doses relativamente baixas são necessárias para a destruição de levedura, fungos e bactérias não-esporulantes. Esse procedimento é utilizado para aumentar a vida de prateleira por meio da redução geral das células vegetativas. As bactérias que sobrevivem à irradiação são mais suscetíveis ao tratamento térmico. A combinação desse processo com o aquecimento é mais interessante, pois causa uma maior redução do número de micro-organismos do que a aplicação desses tratamentos isoladamente.

Alguns tipos de frutas e hortaliças podem ser irradiados para prolongar a sua vida de prateleira em aproximadamente 2 a 3 vezes quando armazenados a 10°C. Uma combinação de irradiação e embalagens com atmosfera modificada tem mostrado um efeito sinérgico, e, como resultado, uma menor dose de irradiação pode ser utilizada para alcançar o mesmo efeito. No entanto, esses produtos devem estar maduros antes da irradiação, pois ela inibe o amadurecimento. O amadurecimento e a maturação de frutas e hortaliças são suspensos pela inibição da produção de hormônios e interrupção dos processos bioquímicos de divisão e crescimento celular. Deve-se salientar, no entanto, que a deterioração enzimática dos alimentos não é totalmente evitada com a irradiação e que um tratamento térmico em separado é necessário para um armazenamento prolongado.

Grãos e frutas tropicais podem ser infestados por insetos e larvas. Baixas doses (inferiores a 1 kGy) são efetivas para a desinfestação, prolongando a vida de prateleira e retardando o seu amadurecimento. As batatas podem ser irradiadas com doses ao redor de 0,15 kGy para a inibição do brotamento. Doses semelhantes são efetivas na prevenção do brotamento da cebola e do alho (FELLOWS, 2006).

O processo de radiação ionizante em alimentos representa uma tecnologia potencial para promover suprimento alimentar mais seguro, aumento da vida útil, sem alterar as propriedades de frescor dos alimentos. Pode ser aplicada em alimentos frescos, resfriados ou congelados (MIYAGUSKU, 2008).

### 5.1 ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NUTRICIONAIS

Nas décadas de 1950 e 1960, foram realizadas pesquisas como parte de programas para investigação dos processos de esterilização de alimentos com doses superiores a 10 kGy. No entanto, doses bem menores do que essa são suficientes para tornar um alimento seguro do ponto de vista microbiológico (LANDGRAF, 2002).

Em alimentos que contêm alto teor de umidade, a água é ionizada pela irradiação. Os elétrons são expelidos das moléculas de água e quebram as ligações químicas. Os produtos, então, recombina-se formando hidrogênio ( $H\cdot$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2\cdot$ ) e radicais hidrogênio ( $H\cdot$ ), hidroxila ( $OH\cdot$ ) e hidroperoxila ( $HO_2\cdot$ ), como mostra a Figura 4 (FELLOWS, 2006).

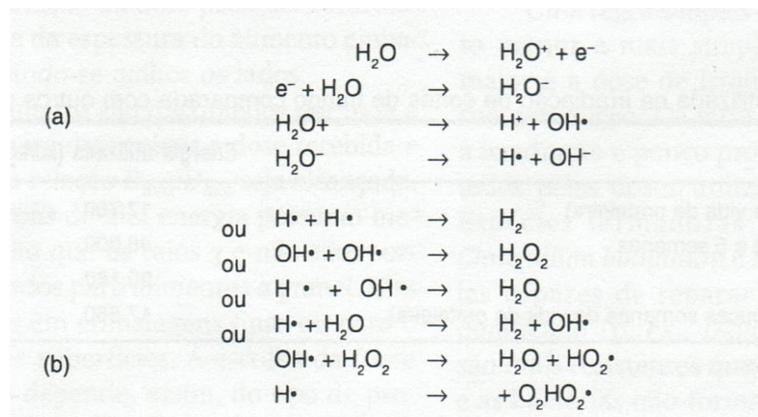


Figura 4 – Ionização da água e formação de radicais livres durante a irradiação.

Fonte: (FELLOWS, 2006).

O tempo de vida dos radicais, apesar de curto (menos de  $10^{-5}s$ ), podem destruir as células bacterianas (FELLOWS, 2006).

O  $H_2O_2$  é um agente oxidante, no entanto possui menor importância nos alimentos irradiados, quando comparada aos radicais  $OH\cdot$ , poderoso agente oxidante, e  $e^-_{aq}$ , poderoso agente redutor. Esses radicais, quando móveis, reagem com os demais componentes do alimento, o que os torna fundamentais para as próximas reações que acontecerão no alimento irradiado (LANDGRAF, 2002, p. 29).

Algumas variáveis são determinantes para o resultado do processo,

a temperatura em que o processo de irradiação é realizado, a presença ou ausência do oxigênio e o estado físico do alimento afetam o resultado do processo. Quando o alimento está congelado os produtos da radiólise da água são impedidos de reagir com o substrato, pois a água no estado sólido impede a difusão dos radicais livres. No momento em que esse alimento é descongelado, esses radicais adquirem mobilidade e reagem com o substrato. Os alimentos desidratados, por sua vez, apresentam baixa atividade de água e, portanto, a mobilidade dos radicais livres, formados pela radiólise da água, fica prejudicada (LANDGRAF, 2002, p.29).

Segundo Landgraf (2002), os lipídeos são os mais sensíveis à ação dos raios ionizantes. Estes catalisam reações com oxigênio molecular (autooxidação) e/ou a radiólise das moléculas, produzindo alterações químicas nos alimentos. Quando o oxigênio está presente, acontecem os dois fenômenos.

O mecanismo geral da radiólise de gorduras parece envolver ionização primária, seguida da migração das cargas positivas para os grupamentos carboxilas e dupla ligações e a quebra das ligações, de preferência, em posições próximas dos grupamentos carbonilas. Os radicais livres resultantes reagem formando produtos radiolíticos estáveis. Já na radiólise de proteínas, as reações envolvem os aminoácidos constituintes e as ligações peptídicas. Os aminoácidos sofrem descarboxilação ou desaminação, oxidação de grupamentos sulfidrilas, redução de ligações dissulfeto, modificações nos resíduos de aminoácidos e quebra e/ou agregação de cadeias peptídicas. [...] As reações são iniciadas principalmente pelo radical  $e^-_{aq}$ . Ao contrário do que ocorre com os lipídeos, a presença de oxigênio durante a irradiação não altera os produtos formados (LANDGRAF, 2002, p. 30-31).

Na molécula protéica, durante a radiólise observa-se a quebra das ligações C-N na estrutura da cadeia polipeptídica e outras reações, como a quebra das pontes dissulfeto, tornando-as moléculas protéicas menores, que causam uma diminuição ou aumento da viscosidade (LANDGRAF, 2002).

Landgraf (2002, p. 32) constatou que na “reação de radiólise de carboidratos, ao contrário do que acontece com as proteínas, o radical mais importante é o  $OH\bullet$ , que retira hidrogênio das ligações C-H, formando água. Em reações subseqüentes, pode formar um ácido, uma cetona ou um aldeído.”

Os polissacarídeos de frutas e vegetais também são afetados pela radiação. Esse processo pode ser responsável pelo amolecimento devido à quebra de compostos da parede celular, como a pectina. O efeito depende do tipo, variedade e estágio de maturidade da fruta. O amolecimento apresenta vantagens e desvantagens. O aumento na produção de suco é uma vantagem observada (LANDGRAF, 2002).

Segundo Kilcast (1994 *apud* LANDGRAF, 2002, p. 33) as vitaminas apresentam sensibilidade variada à radiação e são classificadas como: sensíveis, como as vitaminas C, B<sub>1</sub>

(tiamina), E ( $\alpha$ -tocoferol), vitamina A (retinol); de média sensibilidade, como  $\beta$ -caroteno e vitamina K (em carne); e de baixa sensibilidade, como a vitamina D, vitamina K (vegetais), B<sub>2</sub> (riboflavina), B<sub>6</sub> (piridoxina), B<sub>12</sub> (cobalamina), B<sub>5</sub> (niacina), ácido fólico, ácido pantotênico, B<sub>10</sub> (biotina) e colina.

## 6 SENSIBILIDADE DOS MICRO-ORGANISMOS A RADIAÇÃO IONIZANTE

Os micro-organismos apresentam sensibilidade a radiação ionizante. Para Fellows (2006, p. 211) "os íons reativos produzidos pela irradiação dos alimentos danificam ou destroem os micro-organismos imediatamente, alterando a estrutura da membrana celular e afetando a atividade de enzimas metabólicas."

A ação da radiação ionizante se dá sobre as bactérias contaminantes através da lesão de seus ácidos nucleicos, especialmente do DNA (SIQUEIRA, 2001). Os efeitos da irradiação somente podem ser notados após um período de tempo, quando a dupla hélice do DNA não consegue desenrolar-se e o micro-organismo não consegue reproduzir-se por meio da divisão celular (FELLOWS, 2006).

Segundo Fellows (2006, p. 211) a velocidade de destruição de células individuais depende da velocidade com a qual os íons são produzidos e interação com o DNA, enquanto que a redução do número de células depende da dose total de radiação recebida.

A radiação é ativa em ordem crescente de resistência: bactérias Gram positivas, fungos, bactérias Gram negativas, bactérias esporuladas e vírus, sendo que as mais sensíveis, já o são com 2 kGy; outros micro-organismos, como vírus, podem exigir doses altas como 50 kGy para serem inativados (HUTZIER, 1999 *apud* SIQUEIRA, 2001, p. 61).

O cálculo da dose mínima para destruir os patógenos é difícil de ser realizado devido ao efeito antimicrobiano. Alguns fatores como a variação de sensibilidade dos micro-organismos, esporos e alimentos com baixa atividade de água, que são mais resistentes do que culturas vegetativas são determinantes para se consolidar tal efeito (MAYER-MIEBACH, 1993 *apud* SIQUEIRA, 2001).

O valor da sensibilidade do micro-organismo à radiação é expressa pela dose de irradiação que reduz a população microbiana a 10% de sua quantidade inicial ( $D_{10}$ ) em analogia à destruição térmica (FELLOWS, 2006).

Um tratamento com radiações ionizantes aplicado a um alimento, a fim de conservá-lo, deve apresentar eficácia em destruir todos os micro-organismos patogênicos e os causadores de alterações. A dose necessária para conseguir um objetivo determinado, depende não somente do tipo de micro-organismo, como também do número de micro-organismos presentes no alimento, antes da irradiação e do número de organismos viáveis toleráveis ao tratamento, ou seja, quanto maior o número de micro-organismos presentes em um alimento antes da irradiação, maior deverá ser a dose a ser empregada.

## 7 LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS IRRADIADOS

A legislação dispõe alguns aspectos relacionados aos alimentos irradiados. Para Farkas (2006 *apud* ARAÚJO 2008, p. 24)

a salubridade (inocuidade toxicológica, adequação nutricional e segurança microbiológica) de alimentos irradiados tem sido cuidadosamente avaliada por uma ampla pesquisa e testada por mais de 50 anos. Atualmente, aproximadamente 50 países concedem autorizações nacionais para o tratamento por radiação de pelo menos um ou mais itens alimentícios ou classes de alimentos. Mais de 30 destes países estão atualmente aplicando o processamento de irradiação de tais mercadorias com propósitos (semi) comerciais.

No Brasil, a legislação para alimentos irradiados, incluindo os decretos e resoluções são apresentados de forma resumida a seguir:

⇒ Decreto-lei nº. 986 de 21 de Outubro de 1969.

Estabelece normas gerais sobre alimentos. Inícios da legislação brasileira sobre irradiação de alimentos.

⇒ Decreto-lei nº. 72.718 de 29 de Agosto de 1973.

Estabelece normas gerais para processamento. Estocagem, transporte, importação e exportação, venda e consumo de alimentos irradiados. Estabelece o logo da Radura no rótulo de produtos irradiados, como mostra a Figura 5.



Figura 5 – Radura.  
Fonte: (ORNELAS et al, 2006).

⇒ Portaria DINAL nº. 09 de 08 de Março de 1985 (MS)

Aprova normas gerais para irradiação de alimentos no Brasil, indicando para cada caso o tipo, nível e dose média de energia de radiação e o tratamento prévio conjunto ou posterior. Limitada a dose de 10kGy e proibida a re-irradiação. Ampliação da autorização a outros tipos de alimentos que não constavam na portaria anterior.

⇒ Portaria DINAL nº. 30 de 25 de Setembro de 1989.

Amplia a autorização de outros tipos de alimentos que não constavam de portaria anterior.

⇒ Resolução ANVISA – RDC nº. 21 de 26 de Janeiro de 2001.

Revoga as Portarias DINAL nº. 09 de 08 de Março de 1985 e nº. 30 de 25 de Setembro de 1989.

“4.3. Dose absorvida: Qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições: A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou atributos sensoriais do alimento.”

## 8 CONCLUSÃO

Esta pesquisa permitiu concluir que:

- as radiações ionizantes têm sido aplicadas na conservação de alimentos propiciando destruição de micro-organismos, inativando enzimas indesejáveis e produzindo alterações mínimas aos constituintes dos alimentos;
- os raios gama penetram no alimento causando pequenas alterações moleculares, que compreende a paralisação dos processos bioquímicos que levam o alimento a deterioração;
- as doses de radiação absorvidas pelo alimento variam de 0,1 a 70KGy, dependendo da finalidade;
- a eficiência do processo de radiação ionizante pode ser afetada pelo pH, potencial de oxirredução, composição do alimento, atividade de água, temperatura, atmosfera envolvendo o alimento e umidade relativa do ambiente;
- nos lipídeos ocorre a autooxidação e a radiólise das moléculas; nas proteínas, os aminoácidos sofrem descarboxilação, oxidação e redução; nos carboidratos o radical mais importante é o  $\text{OH}\cdot$ , que retira hidrogênio das ligações C-H, formando água, sendo que em reações subseqüentes pode-se formar ácido, cetona ou aldeído; e as vitaminas apresentam diferentes sensibilidade a radiação.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. M. **Aplicação do método microbiológico deft/apc e do teste do cometa na detecção do tratamento com radiação ionizante de hortaliças minimamente processadas.** 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

BORALI, C. et al. **Irradiação de alimentos.** 2008. 25 f. Trabalho (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR. **Irradiação de Alimentos.** 2006. Disponível em: <[#1](http://www.nuclear.radiologia.nom.br/diversos/esterili.htm)> Acesso em 10 abr. 2011. Informativo CRTR06 nº I, II, III.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos.** 2ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 2006.

GHOBRIL, C. N. **Gestão tecnológica para instalação de um irradiador de alimentos no vale do ribeira.** 2008. 271 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

LANDGRAF, M. **Fundamentos e perspectivas da irradiação de alimentos visando ao aumento de sua segurança e qualidade microbiológica.** 2002. 87 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELLO, L. C. Alimentos Irradiados. **Nutriweb**, Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.nutriweb.org.br/n0202/irradiados.htm>> acesso em: 10 abr 2011.

MIYAGUSKU, L. **O efeito da irradiação na qualidade e no aumento da vida útil de corte de peito de frango (*Pectoralis Major*) refrigerados.** 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MIYAGUSKU, L. **Influência da radiação ionizante ( $^{60}\text{Co}$ ) na manutenção da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de cortes de coxa e filé de peito de frango acondicionado em diferentes sistemas de embalagens.** 2008. 181 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ORNELLAS, Cléia Batista Dias; GONCALVES, Maria Paula Junqueira; SILVA, Patrícia Rodrigues and MARTINS, Renaldo Travassos. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**[online]. 2006, vol.26, n.1, p. 211-213. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28872.pdf>> Acesso em 30 maio 2011.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. **Efeitos da irradiação e refrigeração na qualidade e no valor nutritivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2001. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

**ANEXOS**

**ANEXO A** – Legislação de Alimentos Irradiados

Resolução - RDC nº 21, De 26 de janeiro de 2001

D.O de 29/1/2001

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária no uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto 3029, de 16 de abril de 1999, em reunião realizada em 24 de janeiro de 2001, considerando a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos visando a proteção à saúde da população; considerando a necessidade de atualizar, harmonizar e consolidar as normas e regulamentos técnicos relacionados a alimentos; considerando que os controles fitossanitário e zoonossanitário, estão sujeitos aos critérios estabelecidos pela autoridade competente do Ministério da Agricultura; considerando os estudos atualizados sobre aplicação da irradiação no tratamento sanitário de alimentos.

Adotou a seguinte Resolução de Diretoria Colegiada e eu, Diretor-Presidente, Substituto, determino sua publicação.

Art. 1º Aprovar o REGULAMENTO TÉCNICO PARA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, constante do Anexo desta Resolução.

Art. 2º As empresas têm o prazo de 180 (cento e oitenta) dias a contar da data de publicação deste Regulamento para se adequarem ao mesmo.

Art. 3º O descumprimento aos termos desta Resolução constitui infração sanitária sujeita aos dispositivos da Lei n.º 6.437, de 20 de agosto de 1977 e demais disposições aplicáveis.

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 5º Ficam revogadas as Portaria n.º 09 DINAL/MS de 8 de março de 1985 e Portaria n.º 30 de 25 de setembro de 1989.

LUIS CARLOS WANDERLEY LIMA

ANEXO

REGULAMENTO TÉCNICO PARA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

1. ALCANCE

1.1. Objetivo:

Estabelecer os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos com vistas à qualidade sanitária do produto final.

## 1.2. Âmbito de aplicação

Este Regulamento se aplica a todos os alimentos tratados por irradiação.

## 2. DESCRIÇÃO

### 2.1. Definições

#### 2.1.1. Irradiação de alimentos

Processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica.

#### 2.1.2. Alimento irradiado

É todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido ao processo de irradiação com radiação ionizante.

#### 2.1.3. Radiação ionizante

Qualquer radiação que ioniza átomos de materiais a ela submetidos. Para efeito deste Regulamento Técnico serão consideradas radiações ionizantes apenas aquelas de energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no alimento irradiado.

#### 2.1.4. Dose absorvida

Quantidade de energia absorvida pelo alimento por unidade de massa.

#### 2.1.5. Irradiadores

Equipamentos utilizados para irradiar alimentos.

### 2.2. Designação

A denominação dos alimentos tratados por irradiação é a designação do alimento convencional de acordo com a legislação específica.

## 3 REFERÊNCIAS

3.1. BRASIL, Decreto n.º 72.718, de 29 de agosto de 1973, publicada no Diário Oficial da União de 30 de agosto de 1973.

3.2. BRASIL, Lei n.º 7.394, de 29 de outubro de 1985, publicada no Diário Oficial da União de 30 de outubro de 1985.

3.3. BRASIL, Portaria SVS/MS n.º 326, de 30 de julho de 1997, publicada no Diário Oficial da União de 01 de agosto de 1997.

- 3.4. Codex STAN 106-1983 Normas Gerais do Codex para Alimentos Irrradiados.
- 3.5. Codex CAC/RCP 19-1979 Código Internacional de Práticas recomendadas para o funcionamento de instalações utilizadas para o tratamento de alimentos
- 3.6. Relatório n.º 890 da Série de relatórios da Organização Mundial da Saúde Irradiação com altas doses: salubridade de alimentos irradiados com doses acima de 10 kGy, Genebra, 1999.
- 3.7. Documento preliminar de Norma para Boas Práticas de Irradiação de Alimentos ICGFI (International Consultative Group on Food Irradiation)

#### 4 REQUISITOS

##### 4.1. Instalações e controle do processo

4.1.1. O tratamento dos alimentos por irradiação deve ser realizado em instalações licenciadas pela autoridade competente estadual ou municipal ou do Distrito Federal mediante expedição de Alvará Sanitário, após autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear e cadastramento no órgão competente do Ministério da Saúde.

4.1.2. Estabelecer e implementar as Boas Práticas de Irradiação de acordo com o que determina a legislação e apresentar o Manual de Boas Práticas de Irradiação às autoridades sanitárias, no momento da inspeção e ou quando solicitado.

4.1.3. As instalações devem ser projetadas de modo a cumprir os requisitos de segurança radiológica, eficácia e boas práticas de manuseio.

4.1.4. As instalações devem ser dotadas de pessoal qualificado que possua capacitação e formação profissional apropriada, e atender às exigências da legislação vigente.

4.1.5. Para aferição do nível de radiação nas instalações e dependências em que se processe o tratamento de alimentos por irradiação é obrigatória a adoção de registro dosimétrico quantitativo, sem prejuízo de outras medidas de controle estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

4.1.6. Os locais e registros são inspecionados pelas autoridades competentes.

4.1.7. A irradiação, assim como qualquer outro processo de tratamento de alimentos, não deve ser utilizada em substituição as boas práticas de fabricação e ou agrícolas.

##### 4.2. Fontes de radiação

As fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber:

- a) Isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto 60 e Césio - 137;
- b) Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV;
- c) Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV.

#### 4.3. Dose absorvida

Qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições:

- a) A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida;
- b) A dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

4.4. A embalagem deve ter condições higiênicas aceitáveis, ser apropriada para o procedimento de irradiação, estar de acordo com a legislação vigente e aprovada pela autoridade sanitária competente.

4.4.1. Nos casos em que não estejam previstas em legislação nacional, as embalagens em contato direto com o alimento devem ser aquelas relacionadas pela Organização Mundial da Saúde, em documento próprio da OMS e submeter-se previamente aos critérios de inclusão de nova embalagem na legislação brasileira.

4.5. Na rotulagem dos Alimentos Irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem.

4.5.1. quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo.

### 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1. A indústria que irradiar alimentos deve fazer constar ou garantir que conste a indicação de que o alimento foi tratado pelo processo de irradiação:

5.1.1 Nas Notas Fiscais quando os alimentos estiverem a granel;

5.1.2 Nas Notas Fiscais e nas embalagens quando os alimentos já estiverem embalados, de acordo com o item 4.5 Rotulagem.

5.2. Nos locais de exposição à venda de produtos a granel irradiados deve ser afixado cartaz, placa ou assemelhado com a seguinte informação: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO".

5.3. Exceto para os alimentos de baixo conteúdo hídrico irradiados com objetivo de combater a re-infestação de insetos, os alimentos irradiados não devem ser submetidos a re-irradiação.

5.4. Para efeitos desse Regulamento, não se consideram alimentos submetidos a re-irradiação quando:

- a) se irradia com outra finalidade tecnológica alimentos preparados a partir de materiais que

foram irradiados;

b) se irradia alimentos com conteúdo de ingredientes já irradiados anteriormente em quantidade inferior a 5% do conteúdo total em massa;

c) a dose total de radiação ionizante requerida para conseguir o efeito desejado se aplica nos alimentos de modo fracionado como parte de um processo destinado a obter um fim tecnológico específico.

5.5. Em situações especiais, como nos casos de surtos, visando assegurar a inocuidade do alimento sob o ponto de vista de saúde pública, a autoridade competente do Ministério da Saúde pode definir a dose mínima utilizada para irradiação de um determinado alimento.

5.6. Nas situações de controle fitossanitário e zoonossanitário, poderão ser estabelecidos pela autoridade federal competente níveis(doses) mínimas de radiação ionizante considerando o tipo de produto, a finalidade e objetivo(s) pretendido(s).

5.7. Qualquer outra situação que não se enquadre nas disposições deste Regulamento Técnico deve obrigatoriamente ser submetida à análise da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

(Of. El. nº 33/2001)