INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA DO COBALTO-60 COMO TRATAMENTO
QUARENTENÁRIO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E
CONDIMENTARES DESIDRATADAS INFESTADAS POR LASIODERMA
SERRICORNE (FABRICIUS, 1792) (COLEOPTERA, ANOBIIDAE) E PLODIA
INTERPUNCTELLA (HUBNER, 1813) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE).

JULIANA NAZARÉ ALVES

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

São Paulo
2007

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA DO COBALTO-60 COMO TRATAMENTO
QUARENTENÁRIO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E
CONDIMENTARES DESIDRATADAS INFESTADAS POR LASIODERMA
SERRICORNE (FABRICIUS, 1792) (COLEOPTERA, ANOBIIDAE) E PLODIA
INTERPUNCTELLA (HUBNER, 1813) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE).

JULIANA NAZARÉ ALVES

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

Revisado pelo autor

São Paulo
2007

Dedicatória

Aos meus pais Olga Carneiro Alves e Paulo Alves, pelo amor, carinho, incentivo, companheirismo em todos os momentos da minha caminhada, pelo apoio na concretização da minha formação profissional.

Aos meus irmãos João Eduardo Alves e Rita de Cássia Alves pela amizade e incentivo demonstrado.

Ao Orientador Prof. Dr. Valter Arthur, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura
– CENA/USP.

Pela oportunidade, dedicação, apoio científico e profissional que recebi durante a realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Dr. Marcos Roberto Potenza, do Instituto Biológico de São Paulo
– IB/APTA.

Por ter acreditado no meu trabalho, pelo estímulo e confiança, e pela orientação, não apenas por palavras mas, principalmente, pelo exemplo.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo amparo e como guia em mais esta etapa de minha vida.

Ao Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios pelo apoio na realização dos ensaios entomológicos.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares – IPEN-CNEN pela oportunidade de desenvolver meu projeto de Mestrado.

À Dra. Maria Helena Rossi, MSc João Justi Junior pela amizade e incentivo.

Aos Engenheiros Elizabeth S. R. Somessari e Carlos Gaia da Silveira do CTR/LAFIR do IPEN-CNEN pela amizade e ajuda na irradiação das amostras.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa cedida.

Ao Roberto Y. Nakashima Gerente da Unidade Graneleira do CEAGESP em Tatuí/SP pela oportunidade de adquirir os insetos (*Plodia interpunctella*) utilizados nos ensaios.

Ao distribuidor de produtos fitoterápicos pelo investimento das ervas desidratadas utilizadas nesta pesquisa.

Aos meus colegas do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal/IB/APTA pelo companheirismo.

A Marta Pin, Ariane Suprimio, Eduardo Rodrigues, Alessandra Lessa e todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito Obrigado!

“Excelência é uma habilidade conquistada através de treinamento e prática. Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. Excelência, então, não é um ato, mas um hábito”.

(ARISTÓTELES, 384-322 a. C)

UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA DO COBALTO-60 COMO TRATAMENTO
QUARENTENÁRIO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E
CONDIMENTARES DESIDRATADAS INFESTADAS POR LASIODERMA
SERRICORNE (FABRICIUS, 1792) (COLEOPTERA, ANOBIIDAE) E PLODIA
INTERPUNCTELLA (HUBNER, 1813) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE).

Juliana Nazaré Alves

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo a utilização da radiação gama do Cobalto-60 como tratamento quarentenário de plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas infestadas por *Lasioderma serricorne* e *Plodia interpunctella* determinando as doses desinfestantes atendendo o critério de não emergência de adultos das espécies em estudo e analisando através da Cromatografia de Camada Delgada os efeitos da radiação gama do Cobalto-60 sobre o princípio ativo dos substratos desidratados de *Chamomilla recutita*, *Pimpinella anisum*, *Origanum vulgare*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum* e *Thymus vulgaris*. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico em São Paulo no período de agosto de 2005 a junho de 2007. A fonte de radiação gama utilizada foi um irradiador experimental de Cobalto-60, modelo Gamacell 220, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, localizado em São Paulo. No período de 30 dias após a irradiação das amostras avaliou-se o número de adultos emergidos de *Lasioderma serricorne* e *Plodia interpunctella*, utilizando os dados de mortalidade para a análise de Probit. Obteve-se 100% de não emergência de adultos de *Lasioderma serricorne* com a dose de 2,00 kGy e 100% de não emergência de adultos de *Plodia interpunctella* com a dose de 2,25 kGy. A Análise Cromatográfica de Camada Delgada efetuada não revelou diferença na composição química dos substratos analisados.

Palavras-chave: Radiação gama, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, Fitoterápicos, Controle.

UTILISATION OF THE GAMMA RADIATION OF COBALTO - 60 AS
QUARANTINE TREATMENT OF THE MEDICINAL PLANT, AROMATIC AND
SEASONING PLANTS DEHYDRATED INFESTED BY LASIODERMA
SERRICORNE (FABRICIUS, 1792) (COLEOPTERA, ANOBIIDAE) E
PLODIA INTERPUNCTELLA (HUBNER, 1813) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE).

Juliana Nazaré Alves

ABSTRACT

The research had as objective the use of the gamma radiation of the Cobalto-60 as quarantine treatment of the medicinal plant, aromatic and seasoning plants dehydrated infested by *Lasioderma serricorne* and *Plodia interpunctella* determining the desinfestation doses to attend the criterion in the not emergency of adults of the species in study and analysing through the Chromatography of Thin Layer the effect of the gamma radiation of the cobalto-60 on the active principle of extract dehydrated of *Chamomilla recutita*, *Pimpinella anisum*, *Origanum vulgare*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum* and *Thymus vulgaris*. The work was developed in the Laboratório de Inseticidas in the Instituto Biológico in São Paulo in the period of August of 2005 the June of 2007. The radiation source used gamma was an experimental irradiador of Cobalto-60, model Gamacell 220, located in the Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, located in São Paulo. In the period of 30 days after the irradiation of the samples evaluated the number of adults emerged of *Lasioderma serricorne* and *Plodia interpunctella*, using the data of mortality for the analysis of Probit. Obtained 100% of not emergency of adults in the *Lasioderma serricorne* with the dose of 2,00 kGy and 100% of not emergency of adults in the *Plodia interpunctella* with the dose of 2,25 kGy. The Chromatographic Analysis of Thin Layer was to evaluate did not show chemical differences in the extracts analysed.

Key words: Gamma radiation, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, phytoterapics, control.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Considerações gerais	01
2. OBJETIVOS.....	04
3. REVISÃO DA LITERATURA	05
3.1 Plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas.....	05
3.2 Tipos de radiação utilizados no processamento de alimentos	08
3.3 A Radiação gama	10
3.4 A irradiação na preservação e desinfestação das plantas desidratadas.	12
3.5 As experiências realizadas com a radiação de especiarias e alimentos em geral	14
3.6 As Pragas	16
3.7 Biologia de <i>Lasioderma serricorne</i>	18
3.8 Biologia de <i>Plodia interpunctella</i>	20
3.9 Efeitos da radiação gama sobre <i>Lasioderma serricorne</i> e <i>Plodia interpunctella</i>	22
3.10 Legislação da irradiação de alimentos	25
3.11 Irradiadores comerciais	31
3.12 Custos da irradiação de alimentos	36
3.13 Análise de alimentos irradiados (Cromatografia)	37
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
4.1 Obtenção das plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas	39
4.2 Criação de <i>Lasioderma serricorne</i> e <i>Plodia interpunctella</i>	41
4.3 Ensaio de <i>Lasioderma serricorne</i>	42
4.4 Ensaio de <i>Plodia interpunctella</i>	44
4.5 Ensaio da análise dos substratos irradiados (Cromatografia)	47

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
5.1 Ensaio <i>Lasioderma serricorne</i>	49
5.2 Ensaio <i>Plodia interpunctella</i>	54
5.3 Ensaio da análise dos substratos irradiados (Cromatografia)	59
6. CONCLUSÕES.....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01 – Adulto de <i>Lasioderma serricorne</i>	18
Figura 02 – Adulto de <i>Plodia interpunctella</i>	20
Figura 03 - Símbolo internacional para alimentos irradiados.....	26
Figura 04 - Irradiador gama ^{60}Co , que opera por gravidade, para inibir o brotamento de cebolas.....	32
Figura 05 - Gammacell 220.....	32
Figura 06 - Irradiador de ^{60}Co , localizado no Japão, para inibir o brotamento de batatas.....	32
Figura 07 - Irradiador de ^{60}Co de grande porte de uso múltiplo: evitar brotamento, estender o tempo de prateleira, reduzir a carga microbiana e esterilizar.....	33
Figura 08 – Irradiador Multipropósito de ^{60}Co Compacto – IPEN-CNEN/SP.....	35
Figura 09 - Camomila (<i>Camomilla recutita</i> L.).....	40
Figura 10 - Erva-doce (<i>Pimpinella anisum</i> L.).....	40
Figura 11 - Capim cidrão (<i>Cymbopogon citratus</i> S.).....	40
Figura 12 - Manjerição (<i>Ocimum basilicum</i> L.).....	40
Figura 13 - Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	40
Figura 14 - Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i> L.).....	40
Figura 15 - Criações de <i>Lasioderma serricorne</i> em pão seco em sala climatizada de $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$	43
Figura 16 - Ensaio de <i>Lasioderma serricorne</i> nos substratos irradiados.....	43
Figura 17 - Criações de <i>Plodia interpunctella</i> em fubá em sala climatizada de $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$	45
Figura 18 - Armazenamento dos substratos infestados por <i>Plodia interpunctella</i> utilizados na pesquisa.....	45
Figura 19 - Local de coleta de <i>Plodia interpunctella</i> , Silo CEAGESP-Tatuí/SP.....	46

Figura 20 - <i>Chamomilla recutita</i> L. irradiada nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.....	59
Figura 21 - <i>Chamomilla recutita</i> L. irradiada nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt	59
Figura 22 - <i>Cymbopogon citratus</i> S irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.....	60
Figura 23 -. <i>Cymbopogon citratus</i> S. irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt.....	60
Figura 24 - <i>Origanum vulgare</i> L irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.....	60
Figura 25 - <i>Origanum vulgare</i> L. irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt.....	60

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Página

Tabela 01 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Chamomilla recutita</i> desidratada. Fevereiro a junho de 2006.....	49
Tabela 02 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Pimpinella anisum</i> desidratada. Fevereiro a junho de 2006.....	50
Tabela 03 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Cymbopogon citratus</i> desidratado. Fevereiro a junho de 2006.....	50
Tabela 04 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Ocimum basilicum</i> desidratado. Fevereiro a junho de 2006.....	51
Tabela 05 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Organum vulgare</i> desidratado. Fevereiro a junho de 2006.....	51
Tabela 06 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de <i>Lasioderma serricorne</i> , irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Thymus vulgaris</i> desidratado. Fevereiro a junho de 2006.....	52
Tabela 07 - Doses letais DL 50, DL 90 e DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos em larvas de último ínstar de <i>L. serricorne</i> , em plantas aromáticas, condimentares e medicinais. Fevereiro a junho de 2006.....	52
Tabela 08 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de <i>Plodia interpunctella</i> irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Chamomilla recutita</i> desidratada. Maio a julho de 2007.....	54
Tabela 09 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de <i>Plodia interpunctella</i> irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Pimpinella anisum</i> desidratada. Maio a julho de 2007.....	55
Tabela 10 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de <i>Plodia interpunctella</i> irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Cymbopogon citratus</i> desidratado. Maio a julho de 2007.....	55
Tabela 11 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de <i>Plodia interpunctella</i> irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Ocimum basilicum</i> desidratado. Maio a julho de 2007.....	56
Tabela 12 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de <i>Plodia interpunctella</i> irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em <i>Organum vulgare</i> desidratado. Maio a julho de 2007.....	56

Tabela 13 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Thymus vulgaris* desidratado. Maio a julho de 2007.....57

Tabela 14 - Doses letais DL 50, DL 90 e DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos em lagartas de último ínstar de *P. interpunctella*, em plantas aromáticas, condimentares e medicinais. Maio a julho de 2007.....57

Quadro 01 - Legislação para irradiação de alimentos.....28

Quadro 02 - Plantas utilizadas na pesquisa.....39

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

A população mundial tem crescido significativamente elevando a demanda por alimentos. Este processo tem impulsionado a implementação de novas tecnologias para o incremento da produção sem a necessidade do aumento da área cultivada. O melhoramento genético tem contribuído com variedades mais produtivas, adaptadas as diferentes condições climáticas, resistentes a pragas e doenças, porém ainda convivemos com perdas significativas na ordem de 20 a 80%, durante o processo de produção e armazenamento de produtos agrícolas. Estes valores são elevados e causam grandes impactos nas cadeias produtivas como aumento da utilização de insumos (defensivos químicos), depreciação dos produtos, problemas no abastecimento, redução nas exportações, redução de receita para os produtores, dentre outros.

Segundo IGLESIAS-ENRIQUE & FRAGA (1998) o desenvolvimento de tecnologias que reduzam os prejuízos dos alimentos infestados com pragas durante o processo de produção e armazenamento de produtos agrícolas trariam benefícios como: maior disponibilidade de alimentos, melhor qualidade, redução do impacto ambiental devido à redução da utilização de defensivos químicos, incremento nas exportações e elevação da receita dos produtores.

Produtos armazenados como os grãos, farelos, farinhas, frutas secas, especiarias, comumente são infestadas por pragas como traças (*Plodia interpunctella*), besouros (*Lasioderma serricorne*), ácaros entre outros depreciando visualmente e promovendo a deterioração do produto.

Segundo BOTSARIS (1995) para melhorar a qualidade das especiarias, plantas medicinais entre outros alimentos comercializados, há necessidade de métodos adequados de manipulação, iniciando-se na identificação correta da espécie, coleta adequada, pré-tratamento e armazenamento corretos e termina com a preparação e utilização terapêutica, que também devem ser adequados para que os resultados sejam satisfatórios.

Uma espécie de planta medicinal que irá ser comercializada e esta identificada erradamente pode ocasionar problemas resultando em medicamento fitoterápico inócuo ou até numa intoxicação por planta venenosa, o cultivo em solo ou clima inadequado, as pragas, o uso de pesticidas, etc., geram uma planta com pouco princípio ativo, o mesmo ocorrendo se a colheita não for na época e de forma adequada, infestações no armazenamento podem comprometer o princípio ativo ou causar contaminação por fungos e produzir toxicidade nos pacientes (BOTSARIS, 1995).

SANTOS (1993) mostra que o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se adotam corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem e controle de insetos e fungos. Entretanto, as ervas e especiarias, devido aos métodos e princípios de controle inadequados em muitos casos acabam oferecendo para o comércio um alimento impróprio para consumo (VIZEU, 2004).

KALINOVIC & ROZMAN (2000) avaliaram 250 amostras de plantas medicinais desidratadas que são comumente comercializadas em 4 armazéns na Croácia, e identificaram 7 espécies diferentes de insetos, 20% das amostras de plantas apresentavam infestação.

Para VIZEU (2004) a eliminação da contaminação ou infestação requer que o produto seja submetido a algum tipo de tratamento. As alternativas para a descontaminação são: o vapor e o calor que via de regra alteram o conteúdo do princípio ativo. Para a desinfestação, temos ainda a fumigação que pode deixar resíduos tóxicos no produto e como última alternativa viável o

uso da radiação ionizante. A irradiação não induz o aparecimento da resistência nos insetos, e nem deixa resíduos aos alimentos (HOSSAIN *et al.*, 1972; WIENDL *et al.*, 1974). A grande vantagem do processo com radiação ionizante está em podermos dimensionar a quantidade de radiação mínima para obter o efeito desejado, minorando assim alterações que o produto possa sofrer entre outras vantagens (VIZEU, 2004).

2. OBJETIVOS

A pesquisa teve como objetivo a utilização da radiação gama do Cobalto-60 como tratamento quarentenário de plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas infestadas por *Lasioderma serricorne* e *Plodia interpunctella*;

Determinar as doses desinfestantes atendendo o critério de não emergência de adultos das espécies em estudo;

Analisar através da cromatografia de Camada Delgada os efeitos da radiação gama do Cobalto-60 sobre o princípio ativo dos substratos desidratados de *Chamomilla recutita*, *Pimpinella anisum*, *Origanum vulgare*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum* e *Thymus vulgaris*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas

A utilização de plantas medicinais é tão antiga quanto a história da humanidade, acreditando-se que o homem primitivo já utilizava essas plantas. Os primeiros relatos histórico-antropológicos da utilização de plantas medicinais foram recolhidos em 1948, nas ruínas de Nippur, datando de 5000 anos e existem vários relatos ao longo da história da humanidade dessa utilização.

As plantas aromáticas tiveram um papel de grande importância na história da humanidade e sempre se revelaram intimamente ligadas à cultura dos povos. No Egito antigo, onde a medicina era vinculada à astrologia, supunha-se que havia uma forte relação das plantas medicinais e aromáticas com os planetas e signos correspondentes. Os egípcios utilizavam as plantas condimentares de diversas formas - inclusive como oferendas deixadas nas tumbas dos faraós e personalidades importantes, a fim de lhes garantir uma viagem segura para os outros planos de existência. A adoração pelas plantas foi devidamente documentada em papiros deixados pelos antigos egípcios (PAULA, 2003).

Segundo JUNIOR *et al.* (2005) a utilização de plantas com fins medicinais, para tratamento, cura e prevenção de doenças, é uma das mais antigas formas de prática medicinal da humanidade. No início da década de 1990, a Organização Mundial de Saúde (OMS) divulgou que 65 a 80% da população dos países em desenvolvimento dependiam das plantas medicinais como única forma de acesso aos cuidados básicos de saúde.

Segundo RIOS & RECIO (2005) as pesquisas sobre as plantas medicinais vem aumentando, e o crescimento nos estudos não apenas do princípio ativo mais também sua ação antimicrobiológica, componentes com ação de agente anti-infeccioso entre outros, revelam a importância e a vasta área que abrangem os estudos dos vegetais.

Segundo MACIEL *et al.* (2002) o conhecimento sobre plantas medicinais simboliza muitas vezes o único recurso terapêutico de muitas comunidades e grupos étnicos. Ainda hoje nas regiões mais pobres do país e até mesmo nas grandes cidades brasileiras, plantas medicinais são comercializadas em feiras livres, mercados populares e encontradas em quintais residenciais, e essas observações populares sobre o uso e eficácia de plantas medicinais contribuem de forma relevante para a divulgação das virtudes terapêuticas dos vegetais, prescritos com frequência, pelos efeitos medicinais que produzem, apesar de não terem seus constituintes químicos conhecidos. Dessa forma, usuários de plantas medicinais do mundo todo, mantêm em voga a prática do consumo de fitoterápicos, tornando válidas as informações terapêuticas que foram sendo acumuladas durante séculos. De maneira indireta, este tipo de cultura medicinal desperta o interesse de pesquisadores em estudos envolvendo áreas multidisciplinares que juntas enriquecem os conhecimentos sobre a inesgotável fonte natural: a flora mundial.

GIACOMETTI (1989) destaca o desenvolvimento de uma próspera indústria de condimentos naturais no País devido à demanda do consumidor brasileiro, influenciado por uma onda mundial de interesse pelos sabores naturais e exóticos.

Plantas medicinais são aquelas cujo princípio ativo é capaz de aliviar ou curar enfermidades. Seu emprego na saúde tem evoluído ao longo dos tempos, possuem propriedades denominadas como princípio ativo que pode ser constituída de uma única substância existente na planta ou de um conjunto de substâncias que atuam sinergicamente, chamada de complexo fitoterápico (LORENZI & MATOS, 2002).

Segundo a Secretaria de Vigilância Sanitária, portaria Nº 6 de 31 de janeiro de 1995, fitoterápico é “todo medicamento tecnicamente obtido e elaborado, empregando-se exclusivamente matérias-primas vegetais com finalidade profilática, curativa ou para fins de diagnóstico, com benefício para o usuário” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1995).

Além das plantas medicinais e dos fitoterápicos, existem ainda as plantas denominadas aromáticas que são aquelas que possuem aroma, capazes de sensibilizar o olfato de modo agradável, sendo que a percepção dos aromas depende da sensibilidade de cada pessoa (CASAECIA, 2006).

Já as plantas condimentares, estas possuem variados órgãos vegetais, dessecados e grosseiramente subdivididos que são dotados de forte odor (aroma) e sabor e que podem ser empregados na culinária, pois o condimento pode tornar o alimento mais saboroso e apreciável. Na Idade Média e na Renascença os condimentos eram muito apreciados e se chamavam especiarias (RIZZINI, 1995). Muitas vezes o próprio condimento pode ser usado como conservante do alimento (GIACOMETTI, 1989).

É interessante perceber, que muitas plantas apresentam as três propriedades: aromáticas, medicinais e condimentares.

3.2 Tipos de radiação utilizados no processamento de alimentos

As radiações ionizantes são capazes de converter átomos e moléculas em íons pela remoção de elétrons. Elas podem ser formadas por partículas energéticas carregadas, como os elétrons, ou por fótons como energia alfa, os raios-X ou os raios gama. Nem todos os tipos de radiação são adequados para o processamento de alimentos, por não apresentarem penetração suficiente no material (por exemplo: partículas alfa).

O Comitê da junta de especialistas sobre Irradiação de alimentos formados pelos seguintes órgãos das Nações Unidas: FAO, IAEA, OMS e o Codex Geral de Padrões para Alimentos Irradiados fazem a seguinte recomendação sobre os tipos de radiação ionizante considerados adequados para a irradiação de alimentos: Radiação gama originados dos seguintes radionuclídeos: Cobalto-60 (^{60}Co) e Césio (^{137}Cs); Raios-X com energias de até 5 MeV e Elétrons com energias de até 10 MeV (IAEA, 1982).

A desintegração de um átomo de ^{60}Co produz dois fótons, um de 1,17 MeV e o outro de 1,33 MeV. No caso de uma fonte de ^{137}Cs , 92% das desintegrações dão origem a fótons com 0,66 MeV (IAEA, 1982).

A característica da radiação de alta energia é causar ionização no meio em que é absorvida, ou seja, é capaz de remover elétrons de suas órbitas em átomos ou moléculas. Por esta razão é denominada de radiação ionizante. As radiações ionizantes cedem sua energia ao meio no qual se difundem, mediante múltiplos processos de interação. A energia cedida é gasta na excitação e na ionização de moléculas gerando reações químicas que podem provocar modificações permanentes na estrutura físico-química do material irradiado. A dose absorvida, ou simplesmente dose, é a quantidade de

energia absorvida por unidade de massa do material irradiado. A unidade utilizada denomina-se Gray (Gy), onde 1 Gy é equivalente à energia de 1 joule absorvido por 1 Kg de material (SATIN, 1993).

Dentre as diversas técnicas de esterilização, a técnica da radiação gama vem sendo reconhecida como um método eficiente na redução de microorganismos patogênicos e controle de insetos que deterioram os alimentos armazenados (SATIN, 1993).

As radiações utilizadas no processamento de alimentos não possuem energia suficiente para provocar qualquer reação nuclear na matéria e, portanto, não deixam nenhum resíduo radioativo no material após a irradiação. Por esta razão, o alimento ou qualquer outro material submetido a esse tipo de radiação não se torna radioativo (OWCZARCZYK, 1999).

Segundo o ICGFI (International Consultative Group on Food Irradiation, 1999) o uso apenas da irradiação como técnica na preservação de alimentos não resolverá todos os problemas existentes em pós-colheita, mas pode ter um papel importante na redução do uso de defensivos químicos.

Para MORRIS (1985) a tecnologia da irradiação em alimentos é um excelente exemplo onde os países desenvolvidos e menos desenvolvidos podem cooperar por benefícios mútuos, como por exemplo, benefícios econômicos quando aplicado em grande escala, podendo ser de grande utilidade nesse mundo onde existem pessoas que passam fome, dessa maneira preservando alimentos ocorreria menos desperdícios.

Os benefícios da radiação de alimentos são reconhecidos podendo ser empregada para inibir o brotamento de tubérculos e raízes, retardo no amadurecimento e deterioração de frutas, retardo na senescência de flores, desinfestação (insetos), desinfecção (patógenos) e esterilização de embalagens (WIENDL, 1997). Em tecnologia de alimentos se preconiza a consonância de processos para preservação de alimentos e a irradiação é um processo que pode ser empregado isoladamente ou conjuntamente com outras tecnologias, tais como resfriamento, calor, congelamento e embalagem (KAREL, 1989).

3.3 A radiação gama

URBAIN (1989) mostra as vantagens da técnica da radiação gama como alta penetração e dose uniforme, permitindo o tratamento de produtos de tamanho, forma e densidades variáveis, uso comprovado por longa data em aplicações industriais, fácil utilização da fonte e baixo risco ambiental.

Segundo MURANO (1995) a irradiação deve ser aplicada em alimentos já embalados, porém não evita a recontaminação ou a reinfestação. A qualidade do alimento irradiado, bem como o de outro alimento, é função da qualidade do produto original, que deverá ser produzido segundo as boas práticas de fabricação.

O processamento de alimentos por radiação requer uma exposição controlada e cuidadosa. A exposição deve ser adequada para produzir um resultado desejado, evitando, ao mesmo tempo, a degradação do alimento (WHO, 1999).

A radiação gama requer um tempo relativamente pequeno para aplicação, não altera a temperatura do alimento que de acordo com sua característica, pode ser estocado sem refrigeração e não oferece risco toxicológico (HUNTER, 2000).

A irradiação de alimentos requerer condições de dose mínima e máxima e lugar para rótulo indicando que o produto foi tratado com radiação entre outros requisitos, mostrando que o processo é validado em atitudes regulatórias sérias (LUCKMAN, 2000).

Segundo GAO (2000) podem citar como benefícios o uso da radiação gama na redução de agentes patogênicos, extensão do tempo de vida em

algumas frutas e vegetais, pois, controla as mudanças biológicas normais associadas à maturação, à germinação e, por último, ao envelhecimento, previnem o brotamento, fungos e bactérias.

De acordo com ALSBIMNJOURNAL (2004) o processo oferece aos consumidores uma qualidade microbiológica superior àquela habitualmente encontrada, muitas vezes, sem afetar as propriedades aromáticas e seus princípios ativos.

A irradiação além de ser aprovada por diversos países, a aplicação mais importante e promissora se concentra nas preocupações com a proteção ambiental, começando com tecnologia limpa e processos restringidos a emissões de poluentes (CHMIELEWSKI & HAJI-SAEID, 2005).

3.4 A irradiação na preservação e desinfestação das plantas desidratadas

A crescente preocupação em preservar o ecossistema tem exigido da comunidade científica a busca por novos métodos de controle de pragas. O uso indiscriminado de defensivos químicos, além de causar danos ao meio ambiente e organismos não-alvos, tem causado problemas relacionados à resistência dos insetos aos princípios ativos destes produtos.

MEWIS & ULRICH (2001) concluem que novas tecnologias devam ser desenvolvidas para que os pesticidas deixem de ser aplicados ao ambiente evitando riscos ambientais, ocupacionais dentre outros.

Segundo o JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (2002) no Reino Unido 42% dos diversos produtos alimentares no mercado são irradiados, os produtos mais comuns são as plantas aromáticas, especiarias, dentre elas alho, gengibre, guaraná, açafrão entre outros. Nos Estados Unidos diversos temperos, ervas e ingredientes desidratados em geral são irradiados anualmente (MARCOTTE, 2003).

As perdas mundiais em produtos armazenados devido ao ataque de pragas na pós-colheita são estimadas anualmente em 15% e custos elevados são envolvidos para a proteção destes produtos contra estas infestações. No Brasil as perdas chegam a atingir 10% de toda a produção, sendo os principais fatores associados ao ataque de insetos, fungos e ácaros nos armazéns, silos e depósitos agroindustriais durante o armazenamento (MOREIRA *et al.*, 2005).

Necessidade de métodos que aumentem a qualidade sanitária dos alimentos se faz necessário, visto que em muitos países a comercialização de plantas e produtos alimentícios em geral são produtos economicamente importantes.

3.5 As experiências realizadas com a radiação de especiarias e alimentos em geral

FARKAS (1985) avaliou as doses de radiação ionizante necessárias para melhorar a qualidade sanitária em ervas entre outros produtos e concluiu que de 3 a 10 kGy são suficientes para reduzir a níveis satisfatórios a qualidade sanitária nas ervas.

O termo usado para controlar insetos é a desinfestação, que segundo a IAEA (1989), propõe a dose de 1 kGy ou menos para desinfestação de grãos e cereais.

ALAM *et al.* (1992) irradiaram espécies marcadas com alta contaminação de bactérias e fungos com uma dose de 10 kGy para reduzir a quantidade total de bactéria entre o nível detectado e concluíram que espécies irradiadas com 10 kGy mantiveram boa qualidade microbiológica.

EL-WAZIRI *et al.* (1992) mostraram uma redução de 32% para 2% dos prejuízos em grãos armazenados (trigo, milho e arroz) através da radiação gama ^{60}Co em dose de 0.5 kGy, concluíram que a radiação gama é um real tratamento no desenvolvimento de métodos que melhorem a qualidade sanitária nos alimentos.

GLESIAS-ENRIQUE & FRAGA (1998) avaliaram métodos de armazenamento para pós-colheita de alho (*Allium sativum* L.) não irradiado e irradiado com doses de 80 para 90 Gy de radiação gama de ^{60}Co , em seguida o material irradiado foi armazenado em prateleiras de madeira, sendo avaliado num período de 11 meses, concluíram que o material irradiado mostrou redução de 22% para 40% dos prejuízos causados pelas pragas de

armazenamento comumente encontradas como a *Aceria tulipae* e *Ephestia cautella*.

DALL-AGNOL (2001) avaliou os efeitos da radiação gama ^{60}Co na eliminação da carga microbiana de plantas medicinais tais como: Erva-doce (*Foeniculum vulgare*), Guaraná (*Paullinia cupana*), Ginko (*Ginko biloba*) e Kawa-Kawa (*Piper methysticum*) tratadas com doses de 0 a 25 kGy, e concluiu que a dose 5 kGy reduziu significativamente a contaminação microbiana das plantas.

3.6 As pragas

A classe dos insetos compreende o maior número de espécies quando comparadas aos outros animais. As espécies de insetos de maior importância por causarem maiores danos aos alimentos pertencem as ordens Coleoptera (carunchos, gorgulhos e besouros) e Lepidoptera (micro lepidoptero e traças). São pequenos insetos que possuem um alto potencial biótico, ou seja, uma enorme capacidade de reprodução, observando-se que algumas espécies podem permanecer em repouso no estágio intermediário, quando as condições ambientais forem adversas (CAMPOS & ZORZENON, 2006).

Os insetos-praga de acordo com o hábito alimentar, podem ser classificados como pragas primárias e secundárias. **As pragas primárias** são capazes de atacar os grãos íntegros e sadios. São divididas em pragas **primárias internas** completam seu ciclo evolutivo no interior dos grãos: *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Araecerus fasciculus*, *Rhyzopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus* e *Zabrotes subfasciatus*, e pragas **primárias externas** que se alimentam da porção externa do grão, podendo atacar a parte interna após o rompimento da externa: *Plodia interpunctella*, *Corcyra cephalonica* e *Lasioderma serricorne*. **As pragas secundárias** se desenvolvem exteriormente aos grãos e se alimentam destes quando previamente danificados pelas pragas primárias podendo também se alimentar dos resíduos dos grãos: *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes spp* (LIMA et al., 1979; GALLO et al., 1988).

ARTHUR (1988) concluiu que as traças e os carunchos são os insetos apontados como os principais responsáveis pelas grandes perdas dos grãos armazenados principalmente aqueles considerados pragas primárias. Dentre eles a *Lasioderma serricorne* e a *Plodia interpunctella* são consideradas as

pragas mais importantes encontradas nos alimentos situando-se entre os sete insetos que causam maiores prejuízos em produtos armazenados.

3.7 Biologia de *Lasioderma serricorne* (Fabr.)

Lasioderma serricorne

Classe: Insecta

Ordem: Coleoptera

Família: Anobiidae

Nome comum: Gorgulho do Fumo, Besouro do tabaco

FIGURA 01: Adulto de *Lasioderma serricorne*.
Fonte - CAMPOS & ZORZENON, 2006).

CARRERA *et al.* (1967) relatam que os Coleopteros representam a ordem mais ampla dos insetos. Conhecem-se até hoje, aproximadamente 200.000 espécies, em 100 famílias que, em parte, possuem grande número de espécies. GALLO *et al.* (1970) mostram que esta ordem compreende os insetos conhecidos como besouros e que se distinguem facilmente pela presença dos élitros.

Dentre as diferentes ordens em que os insetos são agrupados, apenas nove deles têm sido relatados em associação com produtos armazenados. Se fossem excluídos os insetos considerados de importância “doméstica” como as baratas, verificaríamos que as pragas de grãos armazenados pertencem a

cinco Ordens, sendo duas delas (Coleoptera e Lepidoptera), as de maior importância (MUNRO, 1966).

A família Anobiidae compreende mais de 1000 espécies, a maioria das quais se encontra nos países tropicais. É provavelmente, o inseto mais freqüente entre as pragas de produtos armazenados (MOUND, 1989).

Segundo BUZZI & MIYAZAKI (1999) a abundância de Coleopteros existentes no planeta pode ser atribuído ao sucesso dos élitros existentes nos besouros, que cobrem os tergos e os espiráculos, permitindo os besouros que perdessem menos água e possibilitaria um maior desenvolvimento dos órgãos internos.

Segundo MASON (2003) *Lasioderma serricorne* podem ser encontrados em muitos produtos incluindo erva-doce, pimenta vermelha, gengibre, colorau, páprica entre outras espécies de alimentos desidratados. *L. serricorne* também é encontrada infestando feijões, farinha de trigo, frutas e frutos secos, cenouras, repolhos, grãos de bico, amendoins, cereais, peixes, rações de animais, papéis, tapetes e forros.

O adulto é ovóide de cor marrom avermelhado, recoberto por cerdas bem claras, medindo 2,2 a 3 mm de comprimento, com antenas serreadas, cabeça larga, voltada para baixo e olhos pequenos. As fêmeas colocam em torno de 40 a 50 ovos, nos fardos de fumo armazenado. As larvas, após a eclosão, são bastante ágeis e constroem galerias cilíndricas nas folhas de fumo (CAMPOS & ZORZENON, 2006).

É uma praga cosmopolita, as larvas maiores escavam galerias em fardos de fumo, se alimentando do fumo curado produzindo furos nas lâminas. Além das galerias em fardos de fumo, os insetos perfuram os charutos deixando um pó irritante aos fumantes (CAMPOS & ZORZENON, 2006).

3.8 Biologia de *Plodia interpunctella* (Hubner.)

Plodia interpunctella

Classe: Insecta

Ordem: Lepidoptera

Família: Pyralidae

Nome comum: Traça dos cereais,
Traça indiana da refeição

FIGURA 02: Adulto de *Plodia interpunctella*.

Fonte - CAMPOS & ZORZENON, 2006).

A Ordem Lepidoptera é também de grande importância em armazenamento de grãos, estando seus representantes freqüentemente presentes no produto estocado, compreendendo as borboletas e as mariposas, sendo que apenas algumas espécies de mariposas são conhecidas como pragas de armazenagem (GALLO *et al.*, 1970).

A Família Pyralidae é uma família que compreende muitas espécies, porém poucas são pragas de produtos armazenados, atacam uma variedade de produtos, principalmente cereais (DOBIE *et al.*, 1984).

Plodia interpunctella infesta também arroz, milho, trigo, soja, amendoins, feijões, ervilhas fendilhados ou com a casca trincada, produtos farináceos, frutos secos, leite em pó, chocolate, nozes, amêndoas e mandioca desidratada (PACHECO & PAULA, 1995).

O adulto é uma pequena mariposa com cerca de 15 a 20 mm de envergadura, asas anteriores com dois traços distais avermelhados e terço basal acinzentado com alguns pontos escuros, além de tórax e cabeça pardo avermelhados. A coloração das asas anteriores é bastante característica o que facilita a sua identificação. A fêmea coloca de 100 a 400 ovos isoladamente ou em grupos sobre os grãos cuja incubação dura alguns dias. As lagartas são de coloração branca a rosada. A pupação se dá no interior de um casulo sedoso comumente encontrado nas fendas de paredes e bordas das sacarias (CAMPOS & ZORZENON, 2006).

3.9 Efeitos da radiação gama sobre *Lasioderma serricorne* (Fabr.) e *Plodia interpunctella* (Hubner.)

A dose de radiação necessária para eliminar os insetos depende do tipo de inseto e a fase de desenvolvimento em que se encontra. A radiosensibilidade dos insetos é máxima durante a fase de ovo, e mínima durante a fase adulta. Estima-se 3 kGy como dose letal de insetos em qualquer fase e doses menores para impedir o desenvolvimento normal e reprodução.

Além das diferenças no ciclo de vida em resposta à radiação, há diferença em que as fêmeas são mais sensíveis à radiação do que os machos, e as diferentes espécies apresentam diferentes sensibilidades à radiação como no caso da Lepidoptera que são mais resistentes a radiação do que Acarina, que são mais resistentes do que a Coleoptera (DIEHL, 1995).

A ocorrência de resistência dos insetos aos defensivos é conhecida, porém com o uso da técnica da radiação não se tem observado resistência dos mesmos (TILTON & BROWER, 1987).

A eficácia da desinfestação pela radiação tornou-se uma alternativa real para outros métodos de tratamentos quarentenários, como a fumigação química, calor ou frio. A radiação apresenta total eficiência, custos competitivos, isenção de resíduo pós-tratamento com manutenção da qualidade e retardo no amadurecimento de diversas frutas e vegetais (POTENZA, 1999).

YING-KAI FU *et al.* (1985) realizaram estudos de desinfestação de *L. serricorne* através da radiação gama ^{60}Co resultando em dose letal adulto de

5 kGy e dose de 2 kGy no controle de larvas e não aparecimento de geração F1 em 18 dias pós-irradiado.

BURDITT *et al.* (1989) verificaram que ao irradiarem larvas de *L. sericorne* com dose de 100 Gy obteve-se a não emergência de adultos.

LORENZO (1990) observou que as espécies de *L. serricorne*, *Alphitobius diaperinus* e *Tenebrio molitor* que afetam o arroz durante o armazenamento, em dose de 0,6 kGy de radiação gama ^{60}Co efetivamente controlou as pragas do arroz armazenado.

HARWALKAR *et al.* (1995) determinaram a sensibilidade da radiação nos estágios de desenvolvimento de *L. serricorne* e *Stegobium paniceum*, observaram que dose de 30 Gy produziu um efeito de esterilização em ambas espécies.

HU-TSAN *et al.* (2002) observaram alguns efeitos da radiação gama ^{60}Co em ovos, larvas, pupas e adultos de *L. serricorne* irradiados com uma dosagem de 10 para 400 Gy e concluíram que a dose de 50 Gy impediu o desenvolvimento das larvas e doses acima de 60 Gy apresentou efeito de esterilização em adultos.

ARTHUR *et al.* (1984) obtiveram 150 Gy como a dose letal para lagartas de *P. interpunctella*.

JUDY & PATRICK (1987) verificaram a não emergência de adultos ao irradiarem pupas de *P. interpunctella* com doses superiores a 921 Gy em nozes, amêndoas e uvas secas. Um pequeno número de adultos emergidos na dose de 822 Gy era deformado e morreram logo após a emergência.

GYULAI *et al.* (1987) concluíram que a dose de 400 Gy é necessária para impedir a emergência de adultos de *P. interpunctella* oriundos de ovos, lagartas e pupas irradiadas.

ARTHUR (1988) verificou a influência da radiação gama do ^{60}Co em lagartas de último instar da traça dos cereais *P. interpunctella* em dieta

artificial, e observou que a dose letal de radiação gama para as lagartas foi de 150 Gy.

TAMBORLIN (1988) observou os efeitos da radiação gama nas fases do ciclo evolutivo da *P. interpunctella* em dieta artificial e concluiu que a dose letal de 50% (DL 50) para os ovos foi de 51 Gy e a dose letal de 100% (DL 100) foi de 125 Gy, a dose esterilizante em adultos foi de 160 Gy e os provenientes de crisálidas irradiadas foi de 250 Gy. As doses esterilizantes para a fase adulta foram de 250 Gy e 300 Gy respectivamente para fêmeas e machos. A DL100 imediata para adultos foram 450 Gy e 475 Gy para os machos, fêmeas e população ao acaso, respectivamente, criados em dieta artificial.

BARBIERI *et al.* (1994) irradiaram as larvas de *P. interpunctella* em 85 Gy e 125 Gy e concluíram que doses superiores a 100 Gy inibiram totalmente o desenvolvimento da praga.

AZELMAT *et al.* (2005) avaliaram o uso da radiação gama ^{60}Co no ciclo evolutivo de *P. interpunctella* e recomendam doses entre 200 a 500 Gy para controlar o crescimento da população da traça nos produtos armazenados.

3.10 Legislação da irradiação de alimentos

“Wholesomeness” é um termo em inglês usado para indicar se o alimento é aceito, se apresenta qualidade nutricional e é toxicologicamente e microbiologicamente seguro para o consumo humano. Devem ser consideradas na análise todas as circunstâncias: alguns riscos, pequenos riscos, possível existência de riscos. O risco é balanceado pelos benefícios obtidos, a junção de risco-benefício determina a situação do alimento aceito ou não (IAEA, 1982).

Segundo IAEA (1982) em Dezembro de 1979 a FAO/WHO e a Comissão Codex Alimentarium adotaram uma Recomendação Internacional de Padrões Gerais aos Alimentos Irradiados através do Código da Prática da operação de indústrias que usam o processo no tratamento de alimentos por radiação incluindo doses limites e máximas que pode ser absorvida individualmente em cada alimento. O desenvolvimento legal de códigos serve como base para harmonização das Legislações Nacionais e Internacionais e procedimentos regulatórios que irão oferecer aos países maior credibilidade e aceitação. Conseqüentemente, a Agência Internacional de Energia Atômica publicou em 1979 um documento – *Aceitação Internacional da Irradiação de Alimento - Aspectos Legais*, que contém modelo de controle para regulação e comércio de alimentos irradiados. O principal propósito do Modelo de Regulação é estabelecer e organizar medidas apropriadas para os três estágios sucessivos no controle da irradiação de alimentos:

1) *Aprovação de plantas de irradiação*: o tratamento da radiação em alimentos tem que ser realizado por plantas devidamente licenciadas e registradas por autoridade competente.

2) *Controle no Processo da Irradiação de Alimento*: este processo deve ser conduzido por pessoas qualificadas de acordo com os Padrões Codex e Código de Prática. Administradores e operadores se apresentarem com dosímetro quantitativo. A Planta deve ser aberta para inspeção por autoridades adequadas.

3) *Controle no Comércio de Alimentos Irrradiados*: este controle é designado para prevenir o ingresso nacional e internacional do comércio de alimentos irradiados que não tenham sido tratados em conformidade como previstos no Padrão Codex e Código de Prática. Fatores essenciais como Rótulo nos alimentos irradiados, a apresentação e embalagem adequada, asseguram uma maior facilidade na livre movimentação dos alimentos irradiados no comércio internacional e maior credibilidade pelos consumidores.

O JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (2002) mostra que está no artigo 6º da Directiva 1999/2/CE, que qualquer alimento irradiado ou qualquer ingrediente alimentar irradiado de um alimento composto têm que ser rotulados (Figura 03), com o termo “irradiado” ou com a expressão “tratado com radiação ionizante”.

FIGURA 03 – Símbolo internacional para alimentos irradiados (IAEA, 1982).

Segundo WELT (1985) dentre as organizações que apóiam a irradiação de alimentos estão:

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) – tem o objetivo de implementar ações para melhorar a saúde geral da população mundialmente.

ORGANIZAÇÃO PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO) – tem o objetivo de promover a melhoria das condições da agricultura ao redor do mundo, apoiando a produção de alimentos nas populações mundiais.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (IAEA) – tem o objetivo de promover o uso pacífico da radiação no mundo.

COMISSÃO DO “CODEX ALIMENTARIUS” - tem o objetivo de desenvolver normas internacionais relativos aos alimentos.

Alimentos irradiados já foram aprovados por diversos países ao redor do mundo. Nos Estados Unidos a aprovação para irradiar um alimento deve ser feita em bases individuais e é concedida pelo FDA (Food and Drug Administration), depois do exame de uma petição específica para aquele alimento (SPOLAORE *et al.*, 2003).

QUADRO 01 – Legislação para Irradiação de Alimentos.

CÓDIGO/NOME	EMENTA	OBSERVAÇÕES
Decreto – Lei nº 986 de 21 de outubro de 1969	Estabelece normas gerais sobre alimentos.	Início da movimentação sobre legislação brasileira sobre irradiação de alimentos.
Decreto – Lei nº 72.718, de 29 de agosto de 1973	Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.	Somente será autorizada a irradiação de alimentos ou grupos de alimentos sobre os quais se disponha de trabalhos técnicos e científicos, desenvolvidos por instituições de pesquisa, nacionais ou internacionais, devidamente aprovados pelo CNEN. Normas gerais para processamento, estocagem, transporte, importação e exportação, venda e consumo de alimentos irradiados. Estabelece o logo da Radura no Rótulo do produto irradiado.
Portaria DINAL nº 9, de 8 de março de 1985 MS (revogada) Portaria DINAL nº 30 de 25 de setembro de 1989 (revogada)	Em conjunto com o CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e o INCQS (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde) da FIOCRUZ	Resolvem: Aprovar 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. Limitam dose a 10 kGy; Proíbem a reirradiação. Ampliando autorização a outros tipos de alimentos que não constavam da portaria anterior.
Resolução ANVISA – RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001	Regulamento técnico para irradiação de alimentos	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.

Fonte: BOARATTI, 2004.

Muitos países da Europa utilizam plantas medicinais de forma ampla, como a Alemanha e a França, que detém 39 a 29% do total de vendas de toda a União Européia, respectivamente. A legislação européia tem sido ampliada por normas, como a que determina que o marketing de produtos relacionados a ervas medicinais só possa ser veiculado mediante autorização a ser fornecida, baseada nos resultados de testes que comprovam eficácia, qualidade e segurança. Com as regras mais restritivas, crescem as reclamações das empresas que comercializam ervas e plantas medicinais, para as quais os custos de estudos em animais e testes clínicos em humanos são quase proibidos. Regras de ajustamento também vêm sendo emitidas para os novos países que entram na União Européia (JUNIOR *et al.*, 2005).

O Comitê da União Européia para produtos à base de Ervas Medicinais tem uma agenda de regulamentações mais restritiva, abrangendo a inclusão, em julho de 2007, do controle de todas as substâncias adicionais a alimentos ou comercializadas como suplementos alimentares, incluindo ervas, aminoácidos e ácidos graxos. No Brasil, resoluções recentes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de 16 de março de 2004 visam a normatização do registro de medicamentos fitoterápicos. A resolução – RDC Nº 48 determina que todos os testes referentes ao controle de qualidade de fitoterápicos deverão ser realizados em rede credenciada no sistema REBLAS (Rede Brasileira de Laboratórios em Saúde) ou por empresas que possuam certificados de BPFC (Boas Práticas de Fabricação e Controle). Os fitoterápicos registrados antes de 31 de janeiro de 1995, com exceção daqueles já enquadrados como fitoterápicos tradicionais, deverão apresentar, no primeiro protocolo de renovação, uma série de relatórios que atestem a segurança, eficácia e as normas de produção e controle de qualidade (JUNIOR *et al.*, 2005).

Entre as exigências da Resolução RDC Nº 48 estão à necessidade de controle de qualidade do produto finalizado com métodos analíticos que incluem perfis cromatográficos e resultados de prospecção fitoquímica, além de comprovação de segurança de uso incluindo estudos de toxicidade pré-clínica. Outras resoluções da mesma data incluem a RDC Nº 88 que fornecem as referências bibliográficas para avaliação de segurança e eficácia de

fitoterápicos, a RDC Nº 90 que tratam dos detalhes para realização dos estudos de toxicidade, RDC Nº 91 fornece os requisitos necessários para o processo de registro além da lista de Registro Simplificado RDC Nº 89 (JUNIOR *et al.*, 2005).

No Brasil a elaboração, armazenamento, transporte, distribuição, importação, exportação e exposição ao consumo de alimentos irradiados em geral, são regulados, em todo o território nacional, pelas disposições do Decreto-lei Nº 72.718 de 2 de agosto de 1973. As portarias Nº 09 e Nº 30, aprovadas posteriormente pela Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos foram revogadas pela Resolução RDC Nº 21, de 26 de janeiro de 2001 (ANVISA). Portanto, não há mais restrições em relação às doses a serem aplicadas, não mais vigorando a lista restrita de alimentos autorizados para serem irradiados que constavam na legislação anterior (RAFFI *et al.*, 2000; BOARATTI, 2004).

“Para a irradiação de qualquer alimento, a dose mínima absorvida deveria ser suficiente para alcançar o objetivo tecnológico e a dose máxima absorvida deveria ser menor que aquela na qual adversamente afetaria propriedades funcionais ou atributos sensoriais ¹”.

---

¹Foods irradiated in accordance with good manufacturing practice are wholesome in that they are safe to consume and nutritionally adequate (*High Dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10kGy, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group, Technical Report Series 890 WHO, Geneva, 1999; Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Foods, WHO, Geneva, 1994; and Wholesomeness of Irradiated Food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series 659, WHO, Geneva, 1981*).

3.11 Irradiadores comerciais

Dentre os equipamentos que se destinam a irradiar alimentos a radiação gama de ^{60}Co é a mais comum por apresentar grande poder de penetração podendo ser usada em produtos relativamente espessos (maior que 7 cm) (IAEA, 1982; DIEHL, 1990).

Um irradiador típico possui uma blindagem, cuja função é proteger os trabalhadores e o público dos efeitos da radiação ionizante, um sistema de transporte, que leva o material para passar pela fonte sem a intervenção humana e uma fonte radioativa, que pode ser de elétrons, de raios gama ou de raios-X (DIEHL, 1990).

As Figuras 04, 05, 06, 07 e 08 mostram exemplos de irradiadores gama de ^{60}Co com diversas aplicações dentre elas evitar o brotamento, estender o tempo de prateleira, reduzir a carga microbiana, esterilizar e etc.

FIGURA 04 – Irradiador gama ^{60}Co , que opera por gravidade, para inibir o brotamento de cebolas entre outros alimentos (McLAUGHLIN *et al.*, 1989).

FIGURA 05 - Gammacell 220 (Foto: Simone Aquino).

FIGURA 06 - Irradiador de ^{60}Co , localizado no Japão, para inibir o brotamento de batatas (IAEA, 1982).

FIGURA 07 - Irradiador de ^{60}Co de grande porte de uso múltiplo: evitar brotamento, estender o tempo de prateleira, reduzir a carga microbiana e esterilizar (McLAUGHLIN *et al.*, 1989).

No Brasil, há empresas que irradiam alimentos em escala comercial, utilizando irradiadores de grande porte de radiação gama de ^{60}Co . O nome das empresas e algumas informações adicionais fornecidas por seus representantes são mostradas a seguir:

EMBRARAD- Empresa Brasileira de Radiações, localiza-se na cidade de Cotia (Grande São Paulo). Iniciou suas operações em 1980, com um irradiador JS 7500, em 1999. O principal tipo de alimento irradiado é a especiaria (pimenta, cominho, páprica, entre outros). Processa materiais de diversos segmentos, o maior volume de material irradiado pertence a área médica e farmacêutica.

CBE- Companhia Brasileira Esterilização, localiza-se na cidade de Jarinú (Próxima a Campinas). Iniciou suas operações em 1999, com um irradiador de fabricação Nacional. Como na EMBRARAD, o principal tipo de alimento irradiado é a especiaria (pimenta, cominho, páprica, entre outros.). Processa materiais de diversos segmentos, o maior volume de material irradiado também pertence a área médica e farmacêutica.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/SP possui um Irradiador Multipropósito de ^{60}Co tipo Compacto no Centro de

Tecnologia das Radiações (CTR). É inteiramente nacional e inédito em muitas de suas características técnicas. O porte desse irradiador permitirá o desenvolvimento de lotes adequados para estudos de otimização da produção em escala industrial, validar sistemas dosimétricos e códigos computacionais de mapeamento de doses e transferir tecnologia para implantação de irradiadores de grande porte no País.

No Irradiador Multipropósito os produtos serão processados em sua embalagem, acondicionados em caixas de transporte ou *carreiras*, que foram projetados em conjunto com o sistema de transporte, visando a movimentação do material com segurança e de modo otimizar a homogeneização das doses. Assim, utilizará a radiação gama para processar continuamente os produtos e/ou matérias primas nas áreas de: esterilização de produtos médicos e farmacêuticos; desinfestação e preservação de produtos alimentícios (especiarias, ervas aromáticas liofilizadas, proteínas de origem animal e vegetal), plantas ornamentais e frutas; produtos de aplicação na agricultura (turfa e sementes); esterilização de tecidos biológicos para implantes cirúrgicos; beneficiamento de gemas (turmalinas, topázio, citrilos e ametista) e quartzo; tratamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, lodos e lixo hospitalar; desenvolvimento de novos irradiadores e dispositivos de irradiação; desenvolvimento de detectores e sensores de radiação e novos materiais poliméricos por meio de modificações induzidas pela radiação.

Suas características técnicas são: Capacidade total de 37PBq (1 milhão de Curies) e Atividade inicial de operação de 3,7PBq (100kCi).

FIGURA 08 - Irradiador Multipropósito de ^{60}Co Compacto – IPEN-CNEN/SP (BOARATTI, 2004).

3.12 Custos da irradiação de alimentos

Como qualquer tipo de processamento ou tratamento de alimentos, a irradiação de um alimento irá adicionar custo. Em sua grande maioria os preços dos alimentos ou produtos não aumentam necessariamente apenas porque o produto foi tratado. Existem diversas variáveis que afetam o custo. Entre os tratamentos existentes estão enlatamento, congelamento, pasteurização, refrigeração, fumigação e a irradiação. Todos trarão benefícios aos consumidores em termos de disponibilidade e quantidade, tempo de armazenamento, conveniência e a melhoria na higiene.

Na irradiação de alimentos os principais fatores que influenciam a economia incluem: parâmetros de projeto de irradiação tais como dose aplicada, densidade de acondicionamento dos produtos, condições de manuseio como produtos secos, deterioráveis, que necessitam de temperatura de conservação controlada, uniformidade da dose e produtividade operacional. Os custos de irradiação variam de US\$10 a \$15 por tonelada para uma aplicação de baixa dose (como por exemplo, para inibir o crescimento de brotos em batatas e cebolas) e de US\$100 a \$250 por tonelada para aplicação de altas doses (por exemplo, para assegurar a qualidade higiênica de especiarias) (ICGFI, 1999).

3.13 Análise de Alimentos Irrradiados (Cromatografia)

Entre os métodos modernos de análise em alimentos, a cromatografia ocupa um lugar de destaque devido a sua facilidade em efetuar a separação, identificação e quantificação das espécies químicas, por si mesma ou em conjunto com outras técnicas instrumentais de análise, como, por exemplo, a espectrofometria ou a espectrometria de massas (COLLINS, 1995).

A cromatografia é um método de separação em que os componentes são separados e distribuídos em duas fases, uma que é estacionária enquanto a outra se movimenta em uma direção definida através de um meio poroso, arrastadas por um dissolvente em movimento (BRAITHWAITE & SMITH, 1996).

A técnica da cromatografia tem sido usada durante séculos para separar materiais principalmente extratos de plantas desidratadas, o químico Russo e Botânico Michael Tswett (1872-1919) foi o primeiro em 1906 a usar o termo *chromatography*, o nome deriva das palavras gregas “*chrom*” (cor) e “*graphe*” (escrever) (BRAITHWAITE & SMITH, 1996). Embora o processo não dependa da cor, exceto para facilitar a identificação dos componentes separados.

A análise química de misturas complexas é um dos ramos mais difundidos e relevantes da Química Analítica. Uma amostra representativa do material a ser analisado é coletada segundo procedimento definidos do ponto de vista químico, estatístico e do setor interessado na análise. Essa definição é importante para garantir a representatividade da amostra coletada em relação ao material de origem e a utilização dos resultados que serão obtidos (AQUINO NETO & SOUZA NUNES, 2003).

Segundo AQUINO NETO & SOUZA NUNES (2003) uma amostra pode ser sólida, líquida, gasosa ou uma combinação desses estados físicos, para fins de abordagem analítica deve ser subdividida em três ou quatro conjuntos discretos de moléculas constituintes: os analitos de interesse, interferentes, matriz e solvente ou diluente, sendo definidos como:

Analitos- Substâncias ou espécies que se deseja caracterizar ou determinar quantitativamente;

Interferentes- Substâncias que afetam diretamente o resultado da análise dos analitos;

Matriz- Substâncias que constituem a amostra com exceção dos analitos. É comum que contenha substâncias polares e de alto peso molecular. Em termos conceituais, deveria conter também os interferentes. Considera-se, no entanto, de modo geral, apenas aqueles constituintes que prejudicam de modo não específico o resultado da análise;

Solventes- Fluido adicionado ao sistema com o intuito de dissolver os analitos auxiliando na sua separação do restante da amostra, ou mobilização em certas etapas dos procedimentos necessários a sua caracterização.

Uma operação corriqueira, como etapa inicial no processo de análise é o isolamento dos analitos de seus interferentes e da matriz, acompanhado da concentração desses analitos. Isso permite maior confiabilidade na análise e caracterização dos analitos em quantidades diminutas. Em geral, isso é feito com maior ou menor sucesso, por extração dos analitos do meio em que estão contidos, por intermédio de um solvente apropriado. Quando a amostra for diluída (gás, líquido ou fluido supercrítico) ou já estiver em meio fluido (se os analitos de interesse tiverem sido extraídos do material original por um solvente), tem sido dada maior ênfase ao uso de “solventes” no estado sólido, através da técnica de Extração por Fase Sólida. Ela apresenta muitas vantagens em relação às extrações com solventes líquidos ou fluidos supercríticos (AQUINO NETO & SOUZA NUNES, 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção das Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares

As amostras desidratadas (Quadro 02) foram coletadas em distribuidoras de produtos fitoterápicos, depois de recolhidas foram submetidas à infestação no Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico em São Paulo.

ESPÉCIE BOTÂNICA	FAMÍLIA	NOME POPULAR
<i>Chamomilla recutita</i> L.	Compositae	Camomila
<i>Pimpinella anisum</i> L.	Apiaceae	Erva-doce
<i>Cymbopogon citratus</i> S.	Poaceae	Capim cidrão
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Manjerição
<i>Origanum vulgare</i> L.	Lamiaceae	Orégano
<i>Thymus vulgares</i> L.	Lamiaceae	Tomilho

QUADRO 02 - Plantas utilizadas na pesquisa.

FIGURA 09 - Camomila (*Camomilla recutita* L.).

FIGURA 10 - Erva-doce (*Pimpinella anisum* L.).

FIGURA 11 - Capim-cidrão (*Cymbopogon citratus* S.).

FIGURA 12 - Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.).

FIGURA 13 – Orégano (*Origanum vulgare* L.).

FIGURA 14 - Tomilho (*Thymus vulgaris* L.).

4.2 Criação de *Lasioderma serricorne* e *Plodia interpunctella*

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico em São Paulo – SP.

No período de agosto a dezembro de 2005, determinou o intervalo de dose para o controle das formas jovens de *Lasioderma serricorne* e no período de janeiro a maio de 2006 avaliou-se o número de adultos emergidos nos materiais utilizados após irradiação.

No período de dezembro de 2006 a março de 2007, determinou o intervalo de dose para o controle das formas jovens de *Plodia interpunctella* nos materiais utilizados. No período de abril a junho de 2007 avaliou-se o número de adultos emergidos nos materiais utilizados após irradiação.

E no período de outubro de 2006 a fevereiro de 2007 foi realizada a análise cromatográfica em camada delgada dos substratos em estudo irradiados.

4.2.1 Ensaio (*Lasioderma serricorne*)

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico em São Paulo - SP no período de janeiro a maio de 2006.

A fonte de radiação gama utilizada foi um irradiador experimental de ^{60}Co , modelo Gamacell 220 com taxa de dose de 3,32 kGy/h no mês de março, 3,29 kGy/h no mês de abril e 3,25 kGy/h no mês de maio de 2006, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/SP.

Os insetos da espécie *Lasioderma serricorne* (F.) utilizados neste trabalho foram provenientes das criações do Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico, onde foram criados em pão seco em sala climatizada de $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$.

Os substratos utilizados no trabalho foram: *Chamomilla recutita* L. (Camomila); *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce); *Origanum vulgare* L. (Orégano); *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão); *Ocimum basilicum* L. (Manjerição) e *Thymus vulgaris* L. (Tomilho) na forma desidratada, obtidas de distribuidor de produtos fitoterápicos, aromáticos e condimentares.

Cada parcela constou de 10g do material, infestados com 20 larvas de último instar de *Lasioderma serricorne*, acondicionados em recipientes plásticos de dimensões de 10x10cm com tampa contendo pequenos furos, permitindo a aeração interna. Cada tratamento constou de 05 repetições.

Após um período de 20 dias, as parcelas previamente infestadas foram submetidas a doses crescentes de radiação gama de 0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50 e 2,75 kGy.

As amostras irradiadas foram mantidas em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ no Instituto Biológico/SP. No período de 30 dias após a irradiação das amostras avaliou-se o número de adultos emergidos, os dados de mortalidade foram utilizados para a análise de Probit.

FIGURA 15 - Criações de *Lasioderma serricorne* em pão seco em sala climatizada de $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ no Instituto Biológico/SP.

FIGURA 16 - Ensaio de *Lasioderma serricorne* nos substratos irradiados.

4.2.2 Ensaio (*Plodia interpunctella*)

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico em São Paulo - SP no período de abril de 2007 a junho de 2007.

A fonte de radiação gama utilizada foi um irradiador experimental de ^{60}Co , modelo Gamacell 220 com taxa de dose de 2,82 kGy/h no mês de junho de 2007, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/SP.

Os insetos da espécie *Plodia interpunctella* utilizados neste trabalho foram provenientes das criações do Laboratório de Inseticidas do Instituto Biológico, onde foram criados em fubá em sala climatizada de $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$.

Os substratos utilizados no trabalho foram: *Chamomilla recutita* L. (Camomila); *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce); *Origanum vulgare* L. (Orégano); *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrao); *Ocimum basilicum* L. (Manjericao) e *Thymus vulgaris* L. (Tomilho) na forma desidratada, obtidas de distribuidor de produtos fitoterápicos, aromáticos e condimentares.

Cada parcela constou de 10g do material, infestados com 10 lagartas de último instar de *Plodia interpunctella*, acondicionados em recipientes plásticos de dimensões de 10x10cm com tampa contendo pequenos furos, permitindo a aeração interna. Cada tratamento constou de 05 repetições.

Após um período de 20 dias, as parcelas previamente infestadas foram submetidas a doses crescentes de radiação gama de 0; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 2,75; 3,00; 3,25 e 3,50 kGy.

As amostras irradiadas foram mantidas em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ no Instituto Biológico/SP. No período de 30 dias após a irradiação das amostras avaliou-se o número de adultos emergidos, os dados de mortalidade foram utilizados para a análise de Probit.

FIGURA 17 - Criações de *Plodia interpunctella* em fubá em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ no Instituto Biológico/SP.

FIGURA 18 – Armazenamento dos substratos infestados com *Plodia interpunctella* utilizados na pesquisa.

FIGURA 19 – Local de coleta de *Plodia interpunctella*, Silo CEAGESP Tatuí/SP.

4.2.3 Ensaio da análise dos substratos irradiados (Cromatografia)

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Farmacologia do Instituto Biológico em São Paulo no período de outubro de 2006 a fevereiro de 2007.

A fonte de radiação gama utilizada foi um irradiador experimental de ^{60}Co , modelo Gamacell 220 com taxa de dose de 3,08 kGy/h no mês de outubro de 2006, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/SP.

Os substratos utilizados no trabalho foram: *Chamomilla recutita* L. (Camomila); *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce); *Origanum vulgare* L. (Orégano); *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão); *Ocimum basilicum* L. (Manjerição) e *Thymus vulgaris* L. (Tomilho) na forma desidratada, obtidos de distribuidor de produtos fitoterápicos, aromáticos e condimentares.

O procedimento foi realizado com os substratos em estudo irradiados com doses de 0, 5 e 10 KGy, cada parcela constou de 50 g de material que foram submetidas à maceração com hexano e etanol frio por três dias e por três vezes consecutivas. O solvente foi filtrado e evaporado sob pressão reduzida em um evaporador rotativo obtendo-se um resíduo, chamado extrato hexânico bruto (HEX) e extrato etanólico bruto (EtOH).

Os HEX e EtOH das plantas irradiadas e não irradiadas foram aplicados em cromatofolhas de alumínio Merck silicagel 60 F₂₅₄ submetidos à cromatografia em camada delgada comparativa, eluindo-se com misturas hexano: acetato de etila (Hex : AcOEt) e clorofórmio: metanol (CHCl_3 : MeOH). Os melhores sistemas foram HEX: ACOEt (8:2) para os extratos

hexânicos e HEX: ACOEt (3:7) para os extratos etanólicos. As placas foram analisadas utilizando-se luz ultravioleta (254 nm) e vapores de iodo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ensaio de *Lasioderma serricorne*

A dose de radiação gama para a não emergência de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne* irradiadas em *C. recutita* (Tabela 01), *P. anisum* (Tabela 02), *C. citratus* (Tabela 03), *O. basilicum* (Tabela 04), *O. vulgare* (Tabela 05) e *T. vulgaris* (Tabela 06) foi de 2,00 kGy.

TABELA 01 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Chamomilla recutita* desidratada. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100,0
0,50	5	20	9,8	49,0
0,75	5	20	9,2	46,0
1,00	5	20	7,0	35,0
1,25	5	20	4,6	23,0
1,50	5	20	1,2	6,0
1,75	5	20	0	0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

TABELA 02 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Pimpinella anisum* desidratada. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100
0,50	5	20	9,2	46,0
0,75	5	20	7,0	35,0
1,00	5	20	7,8	39,0
1,25	5	20	4,6	23,0
1,50	5	20	1,8	9,0
1,75	5	20	0	0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

TABELA 03 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Cymbopogon citratus* desidratado. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100
0,50	5	20	8,4	42,0
0,75	5	20	6,2	31,0
1,00	5	20	8,0	40,0
1,25	5	20	5,4	27,0
1,50	5	20	2,6	13,0
1,75	5	20	0	0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

TABELA 04 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Ocimum basilicum* desidratado. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100
0,50	5	20	9,6	48,0
0,75	5	20	11,6	58,0
1,00	5	20	8,4	42,0
1,25	5	20	6,4	32,0
1,50	5	20	7,8	39,0
1,75	5	20	0	0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

TABELA 05 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Origanum vulgare* desidratado. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100
0,50	5	20	8,0	40,0
0,75	5	20	8,8	44,0
1,00	5	20	7,6	38,0
1,25	5	20	7,2	36,0
1,50	5	20	7,0	35,0
1,75	5	20	1,2	6,0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

TABELA 06 - Emergência média de adultos oriundos de larvas de último ínstar de *Lasioderma serricorne*, irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Thymus vulgaris* desidratado. Fevereiro a junho de 2006.

Dose (kGy)	Repetições	Nº larvas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	20	20	100
0,50	5	20	8,6	43,0
0,75	5	20	6,4	32,0
1,00	5	20	6,2	31,0
1,25	5	20	6,8	34,0
1,50	5	20	4,0	20,0
1,75	5	20	1,6	8,0
2,00	5	20	0	0
2,25	5	20	0	0
2,50	5	20	0	0
2,75	5	20	0	0

As doses letais DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos de *L. serricorne* em *C. recutita*, *P. anisum*, *C. citratus*, *O. basilicum*, *O. vulgare* e *T. vulgaris* foram de 1,16; 1,16; 1,19; 1,21; 1,20 e 1,20 kGy, respectivamente (Tabela 07).

TABELA 07 - Doses letais DL 50, DL 90 e DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos em larvas de último ínstar de *L. serricorne*, em plantas aromáticas, condimentares e medicinais. Fevereiro a junho de 2006.

Espécie	DL 50 (kGy)	DL 90 (kGy)	DL 99 (kGy)
<i>Chamomilla recutita</i>	0,93	1,05	1,16
<i>Pimpinella anisum</i>	0,93	1,05	1,16
<i>Cymbopogon citratus</i>	0,96	1,08	1,19
<i>Ocimum basilicum</i>	0,99	1,10	1,21
<i>Origanum vulgare</i>	0,98	1,09	1,20
<i>Thymus vulgaris</i>	0,87	1,09	1,20

Os dados obtidos foram submetidos à análise Probit. Obteve-se 100% de não emergência de adultos de *L. serricorne* com a dose de 2,00 kGy.

Com estes resultados verificamos uma uniformidade da dose de radiação gama necessária para controlar larvas de último instar de *L. serricorne*, nos diferentes substratos desidratados. A dose necessária para o controle está bem abaixo dos 5 kGy comercialmente utilizados em plantas desidratadas aromáticas, condimentares e medicinais, ou seja, na possibilidade de alguns estarem infestados a dose empregada seria suficiente para a desinfestação, tendo-se o cuidado com o armazenamento destes produtos a fim de evitar uma reinfestação pós-tratamento, visto que a radiação gama não deixa resíduos.

Adota-se o critério de se utilizar à dose mínima necessária em um processo de desinfestação, independentemente do material. Em irradiadores comerciais doses muito baixas são difíceis de serem obtidas devido à potência da fonte. Neste caso deve-se avaliar o efeito da dose mínima que o irradiador possa oferecer e seus efeitos sobre o material a ser irradiado, no caso de alimentos: sabor, cor, teor de açúcar, vitaminas e proteínas, vida de prateleira, dentre outros.

5.2 Ensaio de *Plodia interpunctella*

A dose de radiação gama para a não emergência de adultos de *Plodia interpunctella* irradiados em *C. recutita* (Tabela 08), *P. anisum* (Tabela 09), *C. citratus* (Tabela 10), *O. basilicum* (Tabela 11), *O. vulgare* (Tabela 12) e *T. vulgaris* (Tabela 13).

TABELA 08 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último instar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Chamomilla recutita* desidratada. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	5,0	50,0
2,00	5	10	2,0	20,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

TABELA 09 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Pimpinella anisum* desidratada. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	6,0	60,0
2,00	5	10	2,0	20,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

TABELA 10 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Cymbopogon citratus* desidratado. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	4,0	40,0
2,00	5	10	1,0	10,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

TABELA 11 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Ocimum basilicum* desidratado. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	2,0	20,0
2,00	5	10	2,0	20,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

TABELA 12 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Origanum vulgare* desidratado. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	2,0	20,0
2,00	5	10	2,0	20,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

TABELA 13 - Emergência média de adultos oriundos de lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* irradiadas com doses crescentes de radiação gama, em *Thymus vulgaris* desidratado. Maio a julho de 2007.

Dose (kGy)	Repetições	Nº lagartas irradiadas	Nº adultos emergidos	% Emergência de adultos
0	5	10	10	100,0
1,75	5	10	3,0	30,0
2,00	5	10	1,0	10,0
2,25	5	10	0	0
2,50	5	10	0	0
2,75	5	10	0	0
3,00	5	10	0	0
3,25	5	10	0	0
3,50	5	10	0	0

As doses letais DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos de *P. interpunctella* em *C. recutita*, *P. anisum*, *C. citratus*, *O. basilicum*, *O. vulgare* e *T. vulgaris* foram de 2,15; 2,19; 1,96; 2,23; 2,13; 1,89 kGy, respectivamente (Tabela 14).

TABELA 14 - Doses letais DL 50, DL 90 e DL 99 de radiação gama para a não emergência de adultos em lagartas de último ínstar de *P. interpunctella*, em plantas aromáticas, condimentares e medicinais. Maio a julho de 2007.

Espécie	DL 50 (kGy)	DL 90 (kGy)	DL 99 (kGy)
<i>Chamomilla recutita</i>	0,59	1,20	2,15
<i>Pimpinella anisum</i>	0,69	1,30	2,19
<i>Cymbopogon citratus</i>	0,61	1,16	1,96
<i>Ocimum basilicum</i>	0,32	0,94	2,23
<i>Origanum vulgare</i>	0,29	0,87	2,13
<i>Thymus vulgaris</i>	0,49	1,03	1,89

Os dados obtidos foram submetidos à análise Probit. Obteve-se 100% de não emergência de adultos de *P. interpunctella* com a dose de 2,25 kGy.

Com estes resultados verificamos uma uniformidade da dose de radiação gama necessária para controlar adultos de *P. interpunctella*, nos diferentes substratos desidratados. A dose necessária para o controle está bem abaixo dos 5 kGy comercialmente utilizados em plantas desidratadas aromáticas, condimentares e medicinais, ou seja, na possibilidade de alguns estarem infestados a dose empregada seria suficiente para a desinfestação, tendo-se o cuidado com o armazenamento destes produtos a fim de evitar uma reinfestação pós-tratamento, visto que a radiação gama não deixa resíduos.

Adota-se o critério de se utilizar à dose mínima necessária em um processo de desinfestação, independentemente do material. Em irradiadores comerciais doses muito baixas são difíceis de serem obtidas devido à potência da fonte. Neste caso deve-se avaliar o efeito da dose mínima que o irradiador possa oferecer e seus efeitos sobre o material a ser irradiado, no caso de alimentos: sabor, cor, teor de açúcar, vitaminas e proteínas, vida de prateleira, dentre outros.

5.3 Ensaio da análise dos substratos irradiados (Cromatografia)

A Análise Cromatográfica efetuada não revelou diferença na composição química da *Chamomilla recutita* L. (Camomila), *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce), *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão), *Ocimum basilicum* L. (Manjerição), *Origanum vulgare* L. (Orégano) e *Thymus vulgares* L. (Tomilho).

Assim como afirmou FARKAS (1985) a radiação ionizante não causa ascensão significativa na temperatura, alterações no sabor, textura ou outras propriedades sensoriais importantes ao alimento com doses de até 10 kGy.

FIGURA 20 - *Chamomilla recutita* L. irradiada nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.

FIGURA 21 - *Chamomilla recutita* L. irradiada nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt.

FIGURA 22 – *Cymbopogon citratus* S irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.

FIGURA 23 - *Cymbopogon citratus* S. irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt.

FIGURA 24 – *Origanum vulgare* L irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato hexânico bruto (HEX) na proporção de HEX 8:2 AcOEt.

FIGURA 25 - *Origanum vulgare* L. irradiado nas doses de 0, 2, 5 kGy. Análise Cromatográfica (CCD) extrato etanólico bruto (EtOH) na proporção de HEX 3:7 AcOEt.

SOEMARTAPUTRA *et al.* (1991) analisaram os efeitos da radiação gama de ^{60}Co com doses de 0.30 – 0.60 kGy no controle dos fardos de fumo infestados artificialmente com *L. serricorne*, avaliaram também as propriedades sensoriais do produto pós-irradiado e concluíram que a dose de

0.5 kGy controlou os insetos durante os dois primeiros meses de armazenamento, e que as doses de 0.5 kGy não teve efeito no conteúdo da nicotina, óleos voláteis ou ph.

AL-KAHTANI *et al.* (1998) utilizaram a radiação ionizante do ^{60}Co com doses de 0.3 - 0.9 kGy para desinfestação de *Oryzaephilus surinamensis* e *Tribolium castaneum* em grãos armazenados e concluíram que 0.9 kGy foi suficiente para eliminar pragas como *O. surinamensis* e 0.3 kGy para eliminar infestação de *T. castaneum* em grãos armazenados, mostrando que além das propriedades sensoriais avaliadas nos grãos armazenados não mostrarem afetadas, a técnica contribuiu na desinfestação permanecendo até 6 meses no período de armazenamento.

OWCZARCZYK *et al.* (2000) analisaram possíveis mudanças no princípio ativo de *Ocimum basilicum* irradiados com doses de 10 kGy e concluíram que não houve mudanças significativas após a irradiação.

KOSEKI *et al.* (2002) avaliaram os efeitos da radiação gama ^{60}Co *Rosmarinus officinalis* Linné, *Nasturtium officinale* R, *Cynara scolymus* Linné e *Ocimum basilicum* Linné, irradiadas com doses de 0, 10, 20 e 30 kGy, verificando alterações no princípio ativo das ervas através da cromatografia, concluíram que não houve mudanças significativas no princípio ativos das ervas após exposição da radiação ionizante.

CETINKAYA *et al.* (2006) avaliaram figos e damascos desidratados irradiados com dose de 0.5 - 1.0 kGy para desinfestação e 0.5 - 5.0 kGy para análise sensorial, os resultados indicaram que doses de até 1.0 kGy são efetivas no tratamento pós-colheita e controle de *T. castaneum* e não apresentaram alterações sensoriais com as doses de até 5,0 kGy.

8. CONCLUSÕES

✓ Doses de não emergência de adultos de *Lasioderma serricorne*

Obteve-se 100% de não emergência de adultos de *Lasioderma serricorne* com a dose de 2,00 kGy na desinfestação de *Chamomilla recutita* L. (Camomila), *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce), *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão), *Ocimum basilicum* L. (Manjericão), *Origanum vulgare* L. (Orégano) e *Thymus vulgares* L. (Tomilho).

✓ Doses de não emergência de adultos de *Plodia interpunctella*

Obteve-se 100% de não emergência de adultos de *Plodia interpunctella* com a dose de 2,25 kGy na desinfestação de *Chamomilla recutita* L. (Camomila), *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce), *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão), *Ocimum basilicum* L. (Manjericão), *Origanum vulgare* L. (Orégano) e *Thymus vulgares* L. (Tomilho).

✓ Análise cromatográfica em Camada Delgada

A Análise Cromatográfica efetuada não revelou diferença na composição química da *Chamomilla recutita* L. (Camomila), *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce), *Cymbopogon citratus* S. (Capim-cidrão), *Ocimum basilicum* L. (Manjericão), *Origanum vulgare* L. (Orégano) e *Thymus vulgares* L. (Tomilho).

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; AL-DRYHIM, Y. N.; AHMED, M. A.; BAJABER, A. S.; ADAM, E. E.; EL-MOJADDIDI, M. A. Irradiation of dates: insect disinfection, microbial and chemical assessments, and use of thermoluminescence technique. ***Radiation Physics and Chemistry***, v. 53, p. 181-187, 1998.
- 2.ALAM, M. K.; CHOUDHURY, N.; CHOWDHURY, N. A.; YOUSSEF, Q. M. Descontamination of spices by gamma radiation. ***Letters in Applied microbiology***, v. 14, n.5, p.199-202, 1992.
- 3.ALASBIMNJOURNAL: Revista de Medicina Nuclear. Disponível em:<<http://www.alasbimnjournal.cl/revistas/14/posters/06/03alimentos.html>>. Acesso em: 05 de julho de 2004.
- 4.ARTHUR, V. Influência da Radiação Gama na longevidade de lagarta de *Plodia interpunctella* (Hubner.,1813) (Lepdoptera-Pyralidae) em dieta artificial. ***Energia Nuclear na Agricultura***, v. 9, 28-35, 1988,
- 5.ARTHUR, V.; CONSOLMAGNO, C.; WIENDL, F. M. Indução de esterilidade por radiação gama de Cobalto-60, em imagos da traça *Plodia interpunctella* (Hbn, 1813) (Lep. Pyralidae) proveniente de arroz. ***Ciência e Cultura***, v. 36, n. 7, p. 802, 1984.
- 6.AQUINO NETO, F. R de. SOUZA NUNES, D. S. ***Cromatografia***. Interciência. São Paulo, p.03-43, 2003.
- 7.AZELMAT, K.; SAYAH, F.; MOUHIB, M.; GHAILANI, N.; ELGARROUJ, D. Effects of gamma irradiation on fourth-instar *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). ***Journal of Stored Products Research***, v.41, p. 423-431, 2005.
- 8.BARBIERI, M. L.; ARTHUR, V.; WIENDL, F.M.; WIENDL, F.W. Controle de larvas de *Plodia interpunctella* – (Hubner, 1913) (Lepdoptera: Pyralidae) através da radiação gama do Cobalto-60. ***Lavoura-Arrozeira***, v.413, n.47, p.12-14, 1994.
- 9.BOTSARIS, S. ***Fitoterapia Chinesa e Plantas Brasileiras***. Ícone, 1995.
- 10.BOARATTI, M. D. F. G. **Análise de Perigos Pontos Críticos de Controle Para Alimentos Irrradiados no Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

11. BRAITHWAITE, A.; SMITH, F. J. **Chromatographic Methods**. New York, N. Y.: Blackie Academic & Professional, 1996.
12. BURDITT, A. K. J.; HUNGATE, F. P.; TOBA, H. H. Gamma irradiation: Effect of dose and dose rate on development of mature codling moth larvae and adult eclosion. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 34, p. 979-984, 1989.
13. BUZZI, Z. J.; MIYAZAKI, R. D. **Entomologia didática**. Paraná, 3. ed. Editora da UFPR, 1999.
14. CAMPOS, T. B.; ZORZENON, F. J. **Pragas dos Grãos e Produtos Armazenados**. Boletim Técnico: Instituto Biológico, São Paulo, julho 2006. (ISSN 1413-2400).
15. CARRERA, M. **Entomologia para você**. 3ª edição, Edart, São Paulo, 157p., 1967.
16. CASAECIA. Disponível em: <<http://www.casaecia.arq.br/plantas>>. Acesso em: 10 de setembro de 2006.
17. CETINKAYA, N.; OZYARDIMEI.; DENLI, E.; IC, E. Radiation processing as a post-harvest quarantine control for raising dried figs and dried apricots. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 75, p. 424-431, 2006.
18. CHMIELEWSKI, A. G. HAJI-SAEID, M. IAEA programme in the field of radiation technology. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. 236, p. 38-43, 2005. Supplement B
19. COLLINS, C. H. Aspectos Históricos da Cromatografia. In: COLLINS, C. H., BRAGA, G. L., BONATO, P. S. **Introdução a Métodos Cromatográficos**. 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, 1995. cap.1, Aspectos Históricos da Cromatografia. p.13-19.
20. DALL-AGNOL, L. Avaliação dos efeitos da radiação gama Cobalto-60 sobre princípios ativos e carga microbiana de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paraná, v.3, n.2, p.45-51, 2001.
21. DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Dekker, 475p, 1995.
22. DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. 1.ed. New York, N. Y.: Marcel deckker, 1990.
23. DOBIE, P., HAINES, C. P., HODGES, R. J., PREVETT, P. F. **Insects and arachnids of tropical stored products, their biology and identification: a training manual**. UK, Tropical Development and Research Institute, 273 p, 1984.
24. EL-WAZIRI, S. M.; AHMED, E. S.; RIZK, W. M. Decreasing post harvest losses in cereal grains by gamma irradiation in relation to aflatoxin producing potencial. **Egyptian Journal of Agricultural.**, Egypt, v. 70, n.3, p.919-931, 1992.
25. FARKAS, J. Princípios de la irradiación de alimentos. In: LA IRRADIACION DE ALIMENTOS EN LATINOAMERICA, octubre 24-28, 1983, Lima, Peru. **Proceedings...**Vienna:AIEA, p. 11-23, 1985.

- 26.FARKAS, J. Radiation processing of dry food ingredients – a review. ***Radiation Physics and Chemistry***, v. 25, nos. 1-3, p. 271-280, 1985.
- 27.GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMI, J.D. ***Manual de Entomologia Agrícola***. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988.
- 28.GALLO, D.; NAKANO, O.; WIENDL, F. M.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO R. P. L. ***Manual de Entomologia Agrícola***. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970.
- 29.GAO- Accountability Integrity Reliability - FOOD IRRADIATION: AVAILABLE RESEARCH INDICATES THET BENEFITS OUTWEIGH RISKS, (RCED)-Report to Congressional Requesters, (United Stades General Accounting Office), RCED-00-217, p. 1-31, agosto 2000.
- 30.GIACOMETTI, D. C. ***Ervas condimentares e especiarias***. São Paulo, SP.: Nobel, 1989.
- 31.GYULAI, P.; KOVACS, E.; SZALMA, A. A Radappertization of agricultural and food products. ***Noevenyvedelmi es Agrokemiai Allomas***, v. 23, n. 2, p. 81-84, 1987.
- 32.HARWALKAR, M. R.; DONGRE, T. K.; PADWAL-DESAI, S. R. Radiation disinfestation of spices and spice products I. Radiation sensitivy of developmental stages of *Lasioderma serricorne* and *Stegobium paniceum*. ***Journal of Food Science and Technology Mysore***, Índia, v.32, n.3, p.249-251, 1995.
- 33.HOUSSAIN, M. M.; BROWER, J. H.; TILTON, E. W. Sensitivity to an acute gamma radiation exposure of successively irradiated generations of the cowpea weevil. ***Jounal Economic Entomology***, v. 65, n. 6, p.1566-1568, 1972.
- 34.HUNTER, C. Changing attitudes to irradiation throughout the food chain. ***Radiation Physics e Chemistry***, v. 57, p. 239-243, 2000.
- 35.HU-TSAN.; CHEN-CHIA-CHE.; PENG-WU-KANG. [The letal effect of gamma radiation on *Lasioderma serricorne* (Fabricius).] Formosan Entomologist. *Taiwan*, v.22, n.2, p.157-162, 2002, apud CAB Abstr. 2003/01-2003/06.
- 36.IGLESIAS-ENRIQUE, I.; FRAGA, R. Suitable packaging and stored methods for post harvest preservation of garlic irradiated and unirradiated. Cuba. ***Alimentaria***, v.35, n.295, p.92-96, 1998.
- 37.INTERNATIONAL CONSULTIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION (ICGFI), Vienna. ***Facts about food irradiation***, 1999.

38. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Acceptance, control of and trade in irradiated food. In: PROCEEDINGS OF NA INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE ACCEPTANCE, CONTROL OF AND TRADE IN IRRADIATED FOOD JOINTLY ORGANIZED BY THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL TRADE CENTRE-UNCTAD/GATT AND HELD IN GENEVA. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1989. p.35-39.
39. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Training manual on food irradiation technology and techniques**, Vienna 2 edição, aug. 1982. (Technical Reports, nº 114).
40. JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. In: RELATÓRIO DA COMISSÃO SOBRE IRRADIAÇÃO DOS ALIMENTOS RELATIVO AO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2000 A DEZEMBRO DE 2001, v. 66 de 13/03/1999, p. 16, 2002.
41. JUDY, A. J.; PATRICK, V. V. Adult emerge and sterility of Indianmeal moths (Lepidoptera: Pyralidae) irradiates as pupae in dried fruits and nuts. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, p. 497-501, 1987.
42. JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: Cura segura?. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, 2005.
43. KALINOVIC, I.; ROZMAN, V. Infestation of stored medicinal plants and herbal tea by insects and mites. **Plant Protection Science.**, Croatia, v.36, n.1, p.21-22, 2000.
44. KAREL, M. O futuro de aplicações da irradiação na terra e no espaço. **Alimento Technology**, v. 43, n. 7, p. 95-97, 1989.
45. KOSEKI, P. M.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; BRITO, M. S.; NAHME, L. C.; SEBASTIÃO, K. I.; RELA, P. R.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; MANCINI-FILHO, J.; FREITAS, P. C. D. Effects of irradiation in medicinal and eatable herbs. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, p. 681-684, 2002.
46. LIMA, J. O. G.; VILELA, E. F.; ZANUNCIO, J. C. **Controle de Pragas**. Viçosa, MG, 1979. 62 p.
47. LORENZI, H.; MATOS, F.J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas**. São Paulo, Instituto Plantarum, 2002.
48. LORENZO, P. Application of ⁶⁰Co gamma radiation to control insects in stored rice. Part IV. *Lasioderma serricorne* (Anobiidae: Coleoptera), *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrionido sp* (Tenebrionidae: Coleoptera). **Ciência-y-tecnica-en-la-Agricultura-Arroz.**, Cuba, v.13, n.1-2, p.67-72, 1990.
49. LUCKMAN, G. J. Food irradiation: Australian quarantine regulatory attitude toward food exports. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 57, p. 235-237, 2000.

50. MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; JUNIOR, V. F. V. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.
51. MARCOTTE, M. Effect of Irradiation on Spices, Herbs and Seasonings: Comparasion with Ethylene Oxide Fumigation. Disponível em: <<http://www.food-irradiation.com/Spices.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2003.
52. MASON, L. J. **Indianmeal moth: *Plodia interpunctella* (Hubner)**. In: Purdue University, Cooperative Extension Service, Rev. 4, 2003.
53. McLAUGHLIN, W. L.; BOYD, A. W.; CHADWICK, K. H.; McDONALD, J. C.; MILLER, A. **Dosimetry for radiation processing**. London: Taylor & Francis Ltd., 1989.
54. MEWIS, I.; ULRICH, C. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. **Journal of Stored Products Research**, v. 37, n. 2, p. 153-164, 2001.
55. MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 6, de janeiro de 1995.
56. MOREIRA, M. A. B.; ZARBIN, P. H. G.; CORACINI, M. D. A. Feromônios Associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 472-477, 2005.
57. MORRIS, R. F. Food Irradiation's Impact on the U.S Agency for International Development's Postharvest Food Conservation Program. In: INTERNATIONAL CONFERENCE HONOLULU ON RADIATION DISINFESTATION OF FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS, November 14-18, 1983, Hawaii. **Proceedings...** Hawaii: Institute of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii at Manoa Honolulu, 1985. p. 39-44.
58. MOSELEY, B. Irradiation of food. **Food Control**, p. 205-206, october, 1990.
59. MOUND, L. **Common insect pest of stored food products: a guide to their identification**. British Museum (Natural History), 1989.
60. MUNRO, J. W. **Pests of Stored Products**. London. The Rentokil Library, 1966. 234p.
61. MURANO, P. S. Quality of irradiated food. In: Food Irradiation. **A Sourcebook**. Ed. E. A. MURANO. Iowa State University, Ames, IOWA, p. 63-87, 1995.

- 62.OWCZARCZYK, H. B.; MIGDAL, W.; KEDZIA, B. The pharmacological activity of medical herbs after microbiological decontamination by irradiation. ***Radiation Physics and Chemistry***. Poland, v. 57, p.331-335, 2000.
- 63.OWCZARCZYK, H. B. Book of extended synopses- FAO/IAEA/WHO. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENSURING THE SAFETY AND QUALITY OF FOOD THROUGH RADIATION PROCESSING; Antalya, Turquia, Outubro, 1999.
- 64.PACHECO, I. A.; PAULA, D. C de. ***Insetos de grãos armazenados: identificação e biologia***. São Paulo, Fundação Cargil, 1995.
- 65.PAULA, N. ***Guia A-Z de Plantas: condimentos***. São Paulo: Bei Comunicações, 2003.
- 66.POTENZA, M. R. **Emprego da Radiação Gama Como Tratamento Quarentenário, visando o controle da Traça *Oponga sacchari* (Bojer, 1856) (Lepidoptera: Tineidae) em Banana (*Musa sp*) e *Dracaena fragans***. 1999. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- 67.RAFFI. J.;YORDANOV, N. D.; CHABANE. S.; DOUIFI. L.; GANCHEVA. V.; IVANOVA. S. Identification of irradiation treatment of aromatic herbs, spices and fruits by electron paramagnetic resonance and thermoluminescence. ***Spectrochimica Acta***, v. 56, p. 409-416, 2000. Supplement A
- 68.RIOS, J. L.; RECIO, M. C. Medicinal plants and antimicrobial activity. ***Journal of Ethnopharmacology***, v. 100, p. 80-84, 2005.
- 69.RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. ***Botânica econômica brasileira***. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995.
- 70.SANTOS, J. P dos. Perdas Causadas por Insetos em Grãos Armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS. 29 nov. – 01 dez, 1993, Passo Fundo. *Anais*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNTF, 1993. p. 9 -22.
- 71.SATIN, M. ***Food Irradiation***. A Guidebook. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster.USA, 146 p.,1993.
- 72.SOEMARTAPUTRA, M.H.; PURWANTO, Z. I.; CHOSDU, R.; HARYADI, R. S.; RAHAYU, A. Radiation Disinfestation of dry leaf tobacco and coffe beans. In: PROCEEDINGS OF THE RESEARCH CO-ORDINATION MEETING ON INSECT DISINFESTATION OF FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS BY IRRADIATION ORGANIZED BY NUCLEAR TECHNIQUES IN FOOD AND AGRICULTURE AND HELD IN BEIJING, 25 to 29 may, 1987, China. ***Proceedings...*** Vienna: IAEA, 1991. p.153-167.

- 73.SPOLAORE, A. J. G. Irradiação de Alimentos. In: GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos**. 2 ed. São Paulo, Varela, 1, 445-463, 2003.
- 74.TAMBORLIN, M. J. **Efeitos da Radiação Gama nas fases do ciclo evolutivo da *Plodia interpunctella* (HUBNER., 1813) (LEPIDOPTERA-PYRALIDAE) em dieta artificial**. 1988. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 75.TILTON, E. W.; BROWER, J. H. Ionizing radiation for insect control in grain and grain products. **Cereal Foods World**, v. 32, p. 330-335, 1987.
- 76.URBAIN, W. M. Irradiação de Alimento: Os cinquenta anos passados como o prologue o amanhã. **Alimento Technology**, v. 43, n. 7, p. 76-92, 1989.
- 77.VIZEU, D. M. Solução para contaminação ou Infestação de Ervas e Especiarias. In: SEMINÁRIO ERVAS E ESPECIARIAS, 2004, São Paulo. *Resumos*. [CD ROM], v.01 supl., 2004.
- 78.WELT, M. A. Comercial implementation of food irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 25, n. 1-3, p. 215-225, 1985.
- 79.WIENDL, F. M.; PACHECO, J. M.; WALDER, J. M. M. SGRILLO, R. B.; DOMARCO, R. E. A method of determining the gamma radiation doses for sterilization. **Sterility for Control**. IAEA, p. 289-315, 1974.
- 80.WIENDL, F. M. Irradiação de alimentos. **Biológico**, v. 59, n. 1, p. 75-76, 1997.
- 81.WHO. “High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy”, TECHNICAL REPORTS SERIES 890, Geneva, 1999.
- 82.YING-KAI FU, MING-SHIA CHANG, TSAN HU. The studies and legislation on radiation disinfestations. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 26, n.3, p. 347-352, 1985.