



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

Avaliação dos efeitos da radiação por feixe de elétrons na resistência de embalagens a *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Sitophilus zeamais*

JULIANA NAZARÉ ALVES

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

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

São Paulo
2011

Dedicatória

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

Aos meus irmãos Rita de Cássia Alves pela valiosa ajuda na elaboração da tese e João Eduardo Alves pelo incentivo demonstrado e por tudo que representam na minha vida. Meu cunhado José Luiz, e todos que me acompanharam nos momentos difíceis.

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.

A Pesquisadora Dra. Esperidiana Augusta Barreto de Moura, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR.

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

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

Que dispôs a me co-orientar, obrigado pela confiança, e sobretudo paciência e amizade.

AGRADECIMENTOS

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 realização deste trabalho.

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 coleta dos insetos (*Plodia interpunctella*) utilizados nos ensaios.

À Empresa produtora de Polímeros, pelo apoio, fornecimento dos materiais de embalagens e suporte técnico, durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A Renata pela revisão do Trabalho, por sua valiosa colaboração, sobretudo pelo apoio, amizade e incentivo.

A Simone Aquino, Ariane, Juarez, Izilda, Vera, Fábio, Andrea e todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito Obrigado!

"A grandiosa Revolução Humana de uma única pessoa irá um dia impulsionar a mudança total do destino de um país e, além disso, será capaz de transformar o destino de toda a humanidade".

Daisaku Ikeda

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS NA RESISTÊNCIA DE EMBALAGENS A *LASIODERMA SERRICORNE*, *PLODIA INTERPUNCTELLA* E *SITOPHILUS ZEAMAI*S

JULIANA NAZARÉ ALVES

RESUMO

As pragas de produtos armazenados constituem um problema para o homem, depreciando produtos e causando prejuízos econômicos. Dentre estas pragas temos o *Lasioderma serricorne* (F. 1792), *Sitophilus zeamais* (M. 1855) e *Plodia interpunctella* (H. 1813) conhecidos por infestar produtos armazenados como: grãos, farelos, farinhas, café, fumo, frutas secas e especiarias. Essas pragas perfuram e adentram as embalagens, ovipositando sobre o substrato. Neste contexto a embalagem desempenha um papel fundamental, impedindo o contato e proliferação de pragas no produto acondicionado. Assim, para proteger o produto acondicionado e prolongar a sua vida útil a embalagem deve apresentar boa resistência mecânica à tração e à perfuração, boa selabilidade, boas propriedades de barreira e não transferir odores nem sabores estranhos ao produto acondicionado. A radiação ionizante pode causar mudanças estruturais nos materiais poliméricos de embalagens, essas mudanças são causadas pelos processos de cisão e reticulação das cadeias poliméricas. Estes são processos concorrentes e a predominância de um sobre o outro depende da estrutura química do polímero, das condições da irradiação e de fatores específicos do material que irá absorver a energia. Este trabalho teve o objetivo de avaliar as mudanças nas propriedades mecânicas de estruturas de embalagem utilizadas para armazenar granola, barra de cereais e macarrão, bem como suas resistências a perfuração por *L. serricorne*, *P. interpunctella* e *S. zeamais*, quando submetidas a radiação por feixe de elétrons. Na metodologia foram utilizadas cinco estruturas de embalagem comercialmente utilizadas para armazenar granola, barra de cereais e macarrão compostas por (Polipropileno bi-orientado metalizado/Polipropileno bi-orientado coextrusado - BOPPmet/BOPP 50 μm), (Polipropileno bi-orientado/Polipropileno - BOPP/PP 50 μm), Poli(tereftalato de etileno) metalizado/Polipropileno bi-orientado coextrusado - PETmet/BOPP 32 μm), Poli(tereftalato de etileno)/Polipropileno - PET/PP1 72 μm) e Poli(tereftalato de etileno)/Polipropileno - PET/PP2 32 μm). As estruturas de embalagens foram submetidas à doses de radiação entre 0, 10, 20 e 60 kGy, em um acelerador de elétrons de 1,5 MeV, 25 mA e 37,5 kW, à taxa de dose de 11,22 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. Oito dias, 2 meses e 6 meses após as irradiações foram realizados ensaios mecânicos de resistência a tração e alongação na ruptura, resistência da selagem e resistência à perfuração, todos com base nas suas respectivas normas ASTM [3]. Os ensaios de perfuração por insetos foram realizados em sala climatizada, onde amostras irradiadas nas doses de 0, 10, 20 e 60 kGy foram seladas contendo 40 g de granola, 40 g de macarrão e barra de cereais em número de nove por ensaio, e divididas igualmente em três caixas plásticas teladas por dose estudada. Em cada caixa foram adicionados 20 adultos de cada inseto em por 60 dias, quando as embalagens foram avaliadas para verificação de possíveis perfurações. As diferenças entre os resultados das amostras foram estatisticamente avaliados pelo método ANOVA ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que quanto à resistência a perfuração por *L. serricorne*, *P. interpunctella* e *S. zeamais* as estruturas poliméricas avaliadas apresentaram baixa resistência à perfuração por insetos antes e após o tratamento. BOPPmet/BOPP (50 μm), PETmet/BOPP (32 μm), PET/PP1 (72 μm) e PET/PP2 (32 μm) apresentaram perdas significativas nas estruturas nas propriedades mecânicas estudadas. O BOPP/PP (50 μm) apresentou o melhor conjunto de respostas nas propriedades mecânicas ao tratamento por radiação com feixe de elétrons em doses de até 10 kGy. Dentre as propriedades mecânicas avaliadas a selagem foi a mais afetada pela radiação ionizante, tendo apresentado, em geral, perdas crescentes com a dose de radiação.

RADIATION EFFECTS EVALUATION FOR ELECTRONS SHEAF IN PACKAGES RESISTANCE IN A *LASIODERMA SERRICORNE*, *PLODIA INTERPUNCTELLA* AND *SITOPHILUS ZEAMAI*S

JULIANA NAZARÉ ALVES

ABSTRACT

The plagues of stored products consist of a man problem, depreciating products and causing economical damages. Among these curses we have *Lasioderma serricorne* (F. 1792), *Sitophilus zeamais* (M. 1855) and *Plodia interpunctella* (H. 1813) known by infesting stored products as: grains, brans, flours, coffee, tobacco, dried fruits and spices. These curses perforate and penetrate the packages, ovipositing over the substratum. In this context the package plays a fundamental part, preventing the contact and curses' proliferation in the packed product. So, to protect the packed product and to prolong its shelf life, the package should have good mechanical resistance to tension and perforation, good sealing, good barrier properties and should not transfer odors nor strange flavors to the packed product. The ionizing radiation can cause structural changes in polymer packages, these changes are caused by the scission processes and reticulation of the polymers chains. These are concurrent processes and the predominance of one over the other depends on the chemical structure of the polymer, the irradiation conditions and specific factors of the material that will absorb the energy. This work had the objective to evaluate the changes in mechanical properties of package structures used to store granola, cereal bar and pasta, as well as its resistance to perforation by *L. serricorne*, *P. interpunctella* and *S. zeamais*, when submitted to electrons sheaf radiation. In this methodology were used five structures of commercially utilized packages to store granola, cereal bar and pasta composed by (Polypropylene bi-oriented metallic/Polypropylene bi-oriented coextruded - BOPPmet/BOPP 50 μm), (Polypropylene bi-oriented/Polypropylene - BOPP/PP 50 μm), Poli (ethylene terephthalate) metallic/Polypropylene bi-oriented coextruded - PETmet/BOPP 32 μm), Poli (ethylene terephthalate) /Polypropylene - PET/PP1 72 μm), Poli (ethylene terephthalate)/Polypropylene - PET/PP2 32 μm). The structures of packaging were submitted to radiation doses between 0, 10, 20 and 60 kGy, in one electron accelerator of 1,5 M and V, 25 mA and 37,5 kW, dose tax of 11,22 kGy / s, room temperature and air presence . Eight days, Two and Six months after irradiations, mechanical resistance experiment were accomplished to tension and elongating in rupture, sealing resistance and perforation resistance, all based in respective ASTM norms. The perforation experiment by insects were realized in an acclimatized room, where irradiated samples in doses of 0, 10, 20 and 60 kGy were sealed containing 40 g of granola, 40 g of pasta and cereal bar in number of nine by experiment, and equally divided in three plastic screened boxes by studied dose. In each box 20 adults of each insect were added in for 60 days, when the packages were evaluated to verify possible perforations. The differences between the sample results were statistically evaluated by ANOVA ($p < 0.05$). The results showed that concerning the perforation resistance by *L. serricorne*, *P. interpunctella* and *S. zeamais* the polymeric structures evaluated showed low resistance by insects perforation before and after the treatment. BOPPmet/BOPP (50 μm), PETmet/BOPP (32 μm), PET/PP1 (72 μm) and PET/PP2 (32 μm) structures showed significant losses in mechanical properties studied. The BOPP/PP (50 μm) showed the best set of answers in mechanical properties to the radiation treatment with electrons sheaf up to 10 kGy doses. Among the mechanical properties evaluated, sealing was the most affected by ionizing radiation, has shown, in general, increasing losses with radiation dose.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS E ASPECTOS RELEVANTES.....	02
2.1 Objetivo do trabalho	02
2.2 Aspectos relevantes	02
3. CONTRIBUIÇÃO E ORIGINALIDADE DO TRABALHO	02
3.1 Contribuição do trabalho	02
3.2 Originalidade do trabalho	03
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
4.1 Principais pragas em alimentos	04
4.2 Ordem Coleoptera.....	06
4.2.1 Família Anobiidae.....	07
4.2.1.1 <i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius, 19792).....	08
4.2.2 Família Curculionidae.....	12
4.2.2.1 <i>Sitophilus zeamais</i>	14
4.3 Ordem Lepidoptera	16
4.3.1 Família Pyralidae.....	19
4.3.2 Subfamília Phycitinae.....	20
4.3.3 <i>Plodia interpunctella</i>	21
5. Embalagem	25
5.1 Polímeros e embalagens plásticas flexíveis	27
5.2 Conceito de polímeros e outros conceitos.....	28

5.3 Embalagens plásticas flexíveis.....	31
5.4 Polímeros usados como materiais de embalagens	32
5.4.1 Polietileno PE	32
5.4.1.2 Polipropileno PP	35
5.4.1.3 Polipropileno bi-orientado - BOPP.....	36
5.4.1.4 Poliamida - PA.....	36
5.4.1.5 Copolímero de etileno e acetato de vinila - EVA	37
5.4.1.6 Copolímero de etileno e álcool vinílico - EVOH.....	38
6. Radiação ionizante.....	40
6.1 Efeito fotoelétrico.....	41
6.1.2 Efeito compton	43
6.1.3 Produção de pares	44
6.2 Radiação ionizante de interesse para a química de polímeros	45
6.2.1 Raios gama	45
6.2.2 Feixe de elétrons.....	45
6.2.2.1 Aceleradores de elétrons.....	46
7. Efeitos da radiação ionizante sobre os materiais poliméricos	50
8. MATERIAIS E MÉTODOS.....	58
8.1 Materiais.....	58
8.1.1 Materiais – filmes flexíveis.....	58
8.1.2 Outros materiais	59

8.2 Métodos.....	62
8.2.1 Ensaios de irradiação com feixe de elétrons	62
8.2.2 Ensaio de resistência à perfuração por Lasioderma serricorne, Plodia interpunctella e Sitophilus zeamais	63
8.3 Ensaios mecânicos.....	63
8.3.1 Ensaios mecânicos de resistência a tração e porcentagem de elongação	64
8.3.2 Ensaios mecânicos de resistência à perfuração	64
8.3.3 Ensaios mecânicos de resistência da selagem	64
9. Infraestrutura	65
10. RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
10.1 Resultados de perfuração a embalagens por insetos	66
10.2 Resultados dos ensaios mecânicos	67
10.2.1 Estrutura BOPPmet/BOPP (50 µm).....	67
10.2.2 Estrutura BOPP/PP (50 µm)	70
10.2.3 Estrutura PETmet/BOPP (32 µm)	72
10.2.4 Estrutura PET/PP1 (72 µm)	75
10.2.5 Estrutura PET/PP2 (32 µm)	77
11. CONCLUSÕES	82
12. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

