

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

TAÍS CAROLINA FRANQUEIRA DE TOLEDO SARTORI

Efeitos da radiação gama nas qualidades nutricionais, sensoriais e na resistência a *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) em grãos de soja *Glycine max* (L.)

**Piracicaba
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

TAÍS CAROLINA FRANQUEIRA DE TOLEDO SARTORI

Efeitos da radiação gama nas qualidades nutricionais, sensoriais e na resistência a *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) em grãos de soja *Glycine max* (L.)

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente

Orientador: Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca

Piracicaba
2010

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Toledo-Sartori, Taís Carolina Franqueira de

Efeitos da radiação gama nas qualidades nutricionais, sensoriais e na resistência a *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) em grãos de soja *Glycine max* (L.) / Taís Carolina Franqueira de Toledo-Sartori; orientador Solange Guidolin Canniatti Brazaca. - - Piracicaba, 2010.

138 p.: fig.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Bioquímica de alimentos 2. Irradiação de alimentos 3. Pós-colheita
4. Qualidade dos alimentos 5. Variedades vegetais I. Título

CDU 664.8.039.5:633.34

À minha mãe, **Vera Lucia**, pela sólida formação dada até minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até a chegada a este doutorado; que compartilhou dos meus ideais e os alimentou, incentivando-me a prosseguir e transpor os obstáculos; a você que sempre esteve ao meu lado, lutando comigo.

Ao meu pai **Ozias**, minha irmã **Anne** e meu sobrinho **Matheus**, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos. É muito bom sentir que existem pessoas que nos compreendem e querem nos ver em constante harmonia, crescimento e felicidade...

DEDICO esta conquista, pois ela também pertence a vocês.

À minha amada filha que acaba de nascer **Laura**,
e meu querido marido **Raul**,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Considero que a elaboração de uma tese de doutorado é um produto coletivo embora sua redação, responsabilidade e *stress* seja predominantemente individual. Várias pessoas contribuíram para que este trabalho se concluísse. A todas elas registro minha gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço a **Deus**, por ter me dado a oportunidade de estudar e crescer como profissional e ser humano, aprendendo com os erros, angústias e possibilitando a conquista de vitórias, tanto no aspecto profissional como no pessoal.

À minha orientadora, mas mais que tudo, Boa Amiga e Comadre, **Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca**, por quem eu tenho muito carinho e respeito, agradeço pelas orientações, paciência e os “puxões de orelha” dados de uma maneira que só ela sabe. Nesses 10 anos de convívio, sua ponderação, entusiasmo, excelente orientação, disponibilidade irrestrita, sua forma exigente, crítica e criativa deram norte a este trabalho, facilitando o alcance de seus objetivos.

Não poderia esquecer a pessoa que esteve ao meu lado em praticamente todos os momentos, muito bem vividos, dos últimos anos. Agradeço a você **Raul Henrique Sartori** por fazer parte da minha vida e por me permitir fazer parte da sua. Quero agradecer todo o tempo que me deu. Obrigada por ter compreendido e permitido as muitas vezes em que dediquei grande parte do tempo que era seu nessa pesquisa! Eu te amo muito, ainda mais agora que somos somente um em nossa filha **Laura Carolina Franqueira Sartori** que acaba de chegar!

À minha mãe de coração, **Maria Cândida Soares Delmasso**, um grande obrigado, por ter sempre me motivado a estudar e enfrentar com otimismo o futuro. Os conselhos de quem sabe são sempre importantes para tomar boas decisões.

À amiga **Márcia Nalesso Costa Harder**, quero agradecer o apoio amigo que me deu em todo o processo, bem como as opiniões da especialista em diferentes matérias. Você é muito especial e sem você esse trabalho não teria acontecido! Obrigada por tudo!

Ao Prof. Dr. **Valter Arthur**, patrimônio da Irradiação Brasileira, que contribuiu de forma intensa na minha formação, pelo seu exemplo profissional, que indica o que deve ser um pesquisador num país como o Brasil. Pela sua produção científica e pelo seu exemplo de vida, meu eterno agradecimento.

Às técnicas do laboratório de Radioentomologia (CENA/USP): **Lucia Cristina Aparecida Santos Silva** e do laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP): **Débora Niero Mansi**, o meu obrigado pela disponibilidade, pela dedicação demonstrada e pela valiosa ajuda nas análises (principalmente com as cobaias do ensaio biológico).

Às estagiárias: **Fernanda Rodella, Bianca Navarro Tozette, Lais Ferreira, Débora Mariah Modolo**, por sua ajuda na realização das análises em laboratório.

Aos provadores da Análise Sensorial: **Carla, Adna, Paula, Luciana, Manoel, Luis Fernando, Andréa, Luciana Blanco, Lucélia e Márcia**, uma palavra especial pelo excelente espírito de grupo e ajuda, sem a colaboração de vocês este estudo não teria sido possível.

À Bibliotecária **Marilia Ribeiro Garcia Henyei** pela paciência e valiosa ajuda nas correções e formatação dessa tese.

À EMBRAPA - Londrina (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) pela doação das amostras utilizadas no presente trabalho.

Ao IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) pela irradiação das amostras.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado durante este período e que de uma forma ou de outra contribuíram para a finalização de uma etapa de extrema importância em minha vida.

“A maior recompensa do nosso trabalho
não é o que nos pagam por ele, mas
aquilo em que ele nos transforma.”

(John Ruskin)

RESUMO

TOLEDO-SARTORI, T. C. F. de. **Efeitos da radiação gama nas qualidades nutricionais, sensoriais e na resistência a *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) em grãos de soja *Glycine max* (L.)**. 2010. 138 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Com o aumento da população mundial, são necessárias estratégias criativas para aumentar a produção de alimentos. Para superar esse imenso desafio, novos cultivares vem sendo desenvolvidos, através de diferentes técnicas, e com diferentes características, para alcançar uma maior produção de alimentos. Para conservação dessa produção vários métodos podem ser empregados, e a irradiação com cobalto constitui um método seguro e eficaz para o aumento no tempo de vida útil dos alimentos. Devido à importância comercial e nutricional da soja, possíveis alterações promovidas devem ser estudadas. O presente trabalho visa determinação dessas possíveis alterações causadas pela irradiação (com doses de 2, 4 e 8 kGy) em dois diferentes cultivares de soja (BRS 213 e Embrapa48) realizando análises químicas de perfil lipídico, isoflavonas, polifenóis totais, livres e ligados a proteínas, análise sensorial descritiva quantitativa, ensaio biológico para determinação da qualidade proteica e ensaio com insetos para determinação de quebra de resistência dos grãos e desinfestação. Os dois cultivares apresentaram perfil lipídico semelhante, e a irradiação promoveu pequena redução nas quantidades de ácidos linolênico e linoléico. Com relação as isoflavonas, o tratamento de radiação promoveu aumento nas quantidades das glicosiladas com dose de 2 kGy e diminuição com doses de 4 e 8 kGy enquanto aumentou a capacidade antioxidante e reduziu as proteínas ligadas à polifenóis. As alterações nas qualidades sensoriais dos grãos foram com relação a aparência e textura. Foi comprovada a eficiência da irradiação na desinfestação dos grãos e perda da resistência natural. As amostras irradiadas com 4 e 8 kGy se aproximaram dos índices de qualidade proteica aparente do padrão caseína. Os resultados obtidos indicam que o tratamento de radiação se oferece como um processo efetivo de desinfestação, sem prejudicar a qualidade da valiosa proteína de soja e com mínima alteração sensorial.

Palavras-chave: Soja. Irradiação gama. Análise sensorial. Perfil lipídico. Isoflavonas. Resistência a insetos.

ABSTRACT

TOLEDO-SARTORI, T. C. F. DE. Effects of the gamma radiation in nutritional, sensory qualities and resistance of *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) in soybean grains *Glycine max* (L.). 2010. 138 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

With the increase of the world population, creative strategies will be necessary to increase food production. To achieve this challenge, new cultivars have been developed, through different techniques and with characteristics to improve the production. To maintain food conservation, several methods can be used. The use of Cobalt-60 radiation is a secure and useful method to increase the life time of foods. Due to the commercial and nutritional importance of soybean, some alterations must be studied. This study has the objective to determine these alterations caused by irradiation (with doses of 2, 4 and 8 kGy) in grain of two different cultivars of soybean (BRS 213 e Embrapa 48), this study includes chemical analysis of lipid profile, isoflavones, total, free and protein-bound polyphenols, analysis sensory descriptive quantitative, biological assay for the determination of protein quality and insect's assay for determination of break of resistance in the grains and desinfestation. Two cultivars presented similar lipid profile, and the irradiation promoted small reduction in the amounts of linoleic and linolenic acids. Regarding the isoflavones, the radiation treatment promoted increase in the amounts of the glycosides with dose of 2 kGy and decrease with doses of 4 and 8 kGy promoted increase in the antioxidant capacity and reduced protein-bound polyphenols. The alterations in the sensory qualities of the grains were regarding appearance and texture. It was proven the efficiency of the irradiation in the desinfestation of the grains and loss of the natural resistance. Samples irradiated with 4 and 8 kGy approached of the indices for apparent protein quality to the pattern casein. The results of this study indicating that radiation treatment of soybean offers considerable promise as an effective desinfestation process, without impairing the quality of the valuable soybean protein and with low sensory alteration.

Keywords: Soybean. Gamma radiation. Sensorial evaluation. Lipid profile. Isoflavones. Pest resistance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Isoflavonas presentes nos grãos de soja.....	28
Figura 2 - Modelo de ficha de avaliação usada na 1ª fase da seleção de provadores.....	56
Figura 3 - Modelo da ficha de avaliação usada na 2ª fase para Seleção de provadores.....	57
Figura 4 - Ficha para levantamento de termos descritivos.....	58
Figura 5 - Lista de definições dos termos descritivos para os atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos feijões irradiados com doses de 0 e 8 kGy.....	59
Figura 6 - Ficha da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) utilizada pelos provadores nos testes sensoriais dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	60
Figura 7 - Fotografia das gaiolas do ensaio biológico.....	63
Figura 8 – Fotografia com detalhe das gaiolas individuais do ensaio biológico, com a cobaia, o comedouro e bebedouro.....	63
Figura 9 - Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ.....	82
Figura 10 – Fotografia dos grãos do cultivar Embrapa 48 controle e irradiado com dose de 2 kGy.....	108
Figura 11 – Fotografia dos grãos do cultivar Embrapa 48 irradiados com dose de 4 e 8 kGy.....	108
Figura 12 – Fotografia dos grãos do cultivar BRS 213 controle e irradiado com dose de 2 kGy.....	108
Figura 13 – Fotografia dos grãos do cultivar BRS 213 irradiados com dose de 4 e 8 kGy.....	109

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Porcentagem de ácidos graxos (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....68
- Tabela 2 – Porcentagem de ácidos graxos (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....68
- Tabela 3 – Teores de isoflavonas ($\mu\text{g}/100\text{g}$ amostra seca) encontradas nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....72
- Tabela 4 – Teores de isoflavonas ($\mu\text{g}/100\text{g}$ amostra seca) encontradas nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....73
- Tabela 5 - Atividade antioxidante das duas cultivares, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra).....73
- Tabela 6 - Atividade antioxidante para as doses de radiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra).....75
- Tabela 7 – Atividade antioxidante nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra).....76
- Tabela 8 – Atividade antioxidante nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra).....76
- Tabela 9 – Resultado encontrado para os polifenóis totais, livres e ligados à proteínas nas amostras do cultivar Embrapa 48 (em mg/g de amostra).....80
- Tabela 10 – Resultado encontrado para os polifenóis totais, livres e ligados à proteínas nas amostras do cultivar BRS 213 (em mg/g de amostra).....81
- Tabela 11 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação a **aparência**, nos grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....85

Tabela 12 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à aparência , nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	86
Tabela 13 – Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao odor , nos grãos de soja dos cultivares Embrapa 48 e BRS 213.....	87
Tabela 14 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao odor , para as diferentes doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).....	87
Tabela 15 - Resultado da ADQ dos 10 provadores com relação ao odor , para grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	89
Tabela 16 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao odor , para grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	89
Tabela 17 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao sabor , nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para do cultivar Embrapa 48.....	91
Tabela 18 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao sabor , nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	91
Tabela 19 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à textura , nos grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	93
Tabela 20 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à textura , nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	94
Tabela 21 – Composição centesimal das dietas utilizadas para experimento de qualidade protéica (g/100g de dieta fresca).....	95
Tabela 22 – Tabela com os resultados de consumo de ração e ganho de peso total das cobaias, para os cultivares Embrapa 48 e BRS 213, nas doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).....	99
Tabela 23 – Índices biológicos para avaliação protéica das dietas de farinha de soja do cultivar Embrapa 48 irradiado com 0, 2, 4 e 8 kGy.....	101
Tabela 24 – Índices biológicos para avaliação protéica das dietas de farinha de soja do cultivar BRS 213 irradiado com 0, 2, 4 e 8kGy.....	102
Tabela 25 - Resultados da contagem para teste de desinfestação dos insetos <i>Lasioderma serricorne</i> (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias) nos grãos de soja infestados e irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48.....	104

- Tabela 26 - Resultados da contagem para teste de desinfestação dos insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213.....105
- Tabela 27 - Resultados da contagem para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48, para os insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias).....105
- Tabela 28 - Resultados da contagem para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213, para os insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias).....106
- Tabela 29 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de desinfestação de *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48.....109
- Tabela 30 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de desinfestação de *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213.....110
- Tabela 31 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48, para *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias).....110
- Tabela 32 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213, para *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias).....110

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Porcentagem de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico) encontrados nos dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213).....65
- Gráfico 2 – Porcentagem de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico) encontrados nas doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).....67
- Gráfico 3 – Quantidade de isoflavonas (daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína) em $\mu\text{g/g}$ de amostra nos dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213).....69
- Gráfico 4 – Quantidade de isoflavonas (daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína) em $\mu\text{g/g}$ de amostra para as doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).....71
- Gráfico 5 – Quantidade de polifenóis totais, livres e ligados para os dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213).....78
- Gráfico 6 – Quantidade de polifenóis totais, livres e ligados para as quatro doses de radiação utilizadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).....79
- Gráfico 7 – Resultados da ADQ para a Aparência dos grãos de soja dos cultivares Embrapa 48 e BRS 213.....84
- Gráfico 8 - Resultados de ADQ para o sabor dos grãos dos cultivares Embrapa 48 e BRS213.....90
- Gráfico 9 - Resultados de ADQ para a textura dos grãos dos cultivares Embrapa 48 e BRS213.....93
- Gráfico 10 – Ganho de peso dos animais (em g) por semana de experimento para os cultivares Embrapa 48 e BRS 213 nas três doses estudadas de radiação e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína.....96
- Gráfico 11 – Média de ganho de peso (g) e consumo de ração (g) para o cultivar Embrapa 48 para as três doses de radiação estudadas e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína.....97
- Gráfico 12 – Média de ganho de peso (g) e consumo de ração (g) para o cultivar BRS 213 para as três doses de radiação e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína.....98

- Gráfico 13 – Soma das gerações de *Lasioderma serricorne* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar Embrapa 48, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy).....106
- Gráfico 14 – Soma das gerações de *Lasioderma serricorne* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar BRS 213, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy).....107
- Gráfico 15 – Soma das gerações de *Plodia interpunctella* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar Embrapa 48, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy).....111
- Gráfico 16 – Soma das gerações de *Plodia interpunctella* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar BRS 213, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy).....112

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 A soja e seu armazenamento.....	20
2.2 Componentes da soja.....	21
2.2.1 Proteínas.....	22
2.2.2 Lipídios.....	23
2.2.3 Isoflavonas.....	27
2.3 Antioxidantes.....	31
2.4 Compostos fenólicos.....	35
2.4.1 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante.....	35
2.4.2 Compostos fenólicos e resistência a pragas.....	36
2.5 Pragas dos grãos armazenados.....	37
2.6 Irradiação de alimentos.....	39
2.6.1 Efeitos da irradiação sobre os grãos de soja.....	42
2.7 Análise sensorial em alimentos.....	46
3 OBJETIVOS.....	50
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
4.1 Matéria-prima.....	51
4.2 Preparo das amostras.....	52
4.3 Perfil de ácidos graxos.....	52
4.4 Isoflavonas.....	53
4.4.1 Extração das isoflavonas.....	53
4.4.2 Determinação das isoflavonas.....	54
4.5 Atividade antioxidante.....	54
4.5.1 DPPH.....	54
4.5.2 ABTS.....	55
4.6 Quantificação de polifenóis totais, livres e ligados a proteínas.....	55
4.6.1 Separação dos polifenóis ligados a proteínas.....	55
4.7 Análise sensorial.....	56
4.7.1 Teste de reconhecimento de gostos básicos.....	56
4.7.2 Teste de sensibilidade para gosto salgado.....	57
4.7.3 Treinamento dos provadores.....	57

4.7.4 Desenvolvimento de terminologia descritiva.....	57
4.8 Ensaio com insetos.....	61
4.9 Ensaio biológico.....	61
4.9.1 Animais.....	62
4.9.2 Índices biológicos para avaliação protéica.....	62
4.10 Delineamento estatístico.....	64
4.10.1 Delineamento estatístico para as análises químicas, ensaio biológico e ensaio com insetos.....	64
4.10.2 Delineamento estatístico para análise sensorial descritiva quantitativa.....	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1 Perfil de ácidos graxos.....	65
5.2 Isoflavonas.....	69
5.3 Capacidade antioxidante.....	73
5.4 Complexação polifenóis-proteínas.....	77
5.5 Análise sensorial.....	81
5.5.1 Terminologia descritiva da análise sensorial.....	81
5.5.2 Resultados da análise descritiva quantitativa.....	83
5.6 Ensaio biológico.....	95
5.6.1 Composição das dietas utilizadas.....	95
5.6.2 Consumo de ração e ganho de peso.....	96
5.6.3 Índices biológicos.....	101
5.7 Ensaio com insetos.....	104
5.7.1 Ensaio com a espécie <i>Lasioderma serricorne</i>	104
5.7.2 Ensaio com a espécie <i>Plodia interpunctella</i>	109
6 CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS.....	114

1 INTRODUÇÃO

As leguminosas são fontes importantes de proteínas e amido e são utilizadas em várias partes do mundo na alimentação, possuindo papel importante como fonte barata e acessível de proteínas para a população mais carente. São consumidas como grãos inteiros ou farinhas (KAUR; SINGH, 2007).

Dentro das leguminosas de destaque na alimentação humana e animal, encontra-se a soja, cuja produção brasileira é uma das maiores do mundo. A safra 2008/2009 foi ao redor de 57 milhões de toneladas, o que correspondente a 30% da produção mundial, em uma área de 21 milhões de hectares (CONAB, 2009). Tal realidade levou ao desenvolvimento no país, de um vasto complexo agro-industrial destinado ao processamento e à comercialização de grãos e derivados (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2009).

O país é o segundo maior produtor mundial de soja em grão, farelo e óleo de soja. De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (2010), o Complexo Soja é um dos principais itens da Balança Comercial Brasileira e exportou cerca de US\$ 11 bilhões em 2009, colocando o país na liderança mundial nas exportações do setor em valor.

Devido à sua variada utilidade, a demanda mundial para o consumo de soja tem aumentado a cada ano, sendo atualmente superior a 180 milhões de toneladas, fazendo deste grão uma das principais “*commodities*” do mundo (EMBRAPA, 2009).

No Brasil, a possibilidade da expansão nas áreas de cultivo e o aumento da produtividade da soja, estão diretamente associados aos programas de melhoramento genético, desenvolvidos em instituições públicas e privadas.

Os objetivos principais do melhoramento da soja no Brasil focam características de interesse econômico, como produtividade de grãos, maturação, adaptação à mecanização, qualidade de sementes, resistência a doenças, melhoria do sabor e do valor nutritivo, adaptação aos diferentes níveis de fertilidade do solo e período juvenil longo para indução floral (SEDIYAMA, 1999).

Nesse sentido, o Programa Brasileiro de Melhoramento da Soja tem empregado estratégias de cruzamento para o desenvolvimento de cultivares adaptados às baixas latitudes para fornecer a novas regiões a possibilidade de cultivo e, conseqüentemente, aumento na produção. A produtividade da soja no

Brasil cresceu significativamente nos últimos dez anos e grande parte desse aumento deve-se ao melhoramento genético dos cultivares que contribuiu para a diminuição das perdas na área de plantio (LORINI, 2009).

Trabalhos que visam o desenvolvimento de cultivares de melhor qualidade nutricional têm se concentrado no aumento do conteúdo de proteínas, na alteração da composição da fração lipídica e na diminuição de fatores antinutricionais das sementes (CARDOSO et al., 2007; DORNBOS; MULLEN, 1992; MENDES et al., 2007; MONTEIRO et al., 2004). Para tanto, informações sobre as características físico-químicas e sensoriais dos grãos são de suma importância em programas de melhoramento.

Embora tenha uma grande produção de soja, ocorrem muitas perdas desses grãos, devido, entre outros fatores, ao ataque de insetos e roedores, além da ocorrência de alterações nas características físico-químicas, por transformações estruturais de seus componentes, resultando um produto que apresenta elevada resistência à cocção, com modificações das propriedades organolépticas e nutricionais. A Companhia Nacional de Abastecimento (2009) reporta perdas que chegam a 10% durante o armazenamento, pelo fato do grão de soja ser um produto facilmente atingido por insetos e fungos no campo durante a maturação, nos processos de secagem e armazenamento.

A manutenção da qualidade dos grãos de soja após a colheita depende das condições ambientais como: local, umidade, temperatura e do tempo de estocagem. No armazenamento ocorrem alterações físico-químicas e bioquímicas tais como: escurecimento de superfície do grão, aumento do tempo de hidratação, redução do teor de sólidos e solubilidade protéica, decréscimo no conteúdo de fitatos, conversão estrutural das isoflavonas e oxidação de lipídeos (CAI; CHANG, 1999; HOU; CHANG, 2003; 2004).

Para combater essas perdas, o processo de irradiação dos grãos é uma alternativa atrativa e saudável, quando comparada aos tratamentos químicos. A aplicação de radiação ionizante, com o propósito de preservar e desinfestar os grãos, surge como pratica promissora, utilizada para estender a vida útil e diminuir as perdas durante o armazenamento (NOVELLI et al., 2008). Os custos estimados e benefícios da irradiação comercial mostram-se competitivos com outros métodos de fumigação e outros tratamentos físicos e térmicos.

O Brasil, com grande capacidade produtiva, possui um mercado a ser explorado, e para tal são necessários estudos adicionais tanto na parte agrícola quanto na parte tecnológica da pós-colheita dos grãos, bem como na divulgação destes ao consumidor.

Desta forma, o presente trabalho estudou o efeito do tratamento de irradiação em grãos de soja de cultivares brasileiros do Programa de Melhoramento da EMBRAPA.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A soja e seu armazenamento

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma leguminosa pertencente à família *Fabaceae*, à sub-família das *Papilionoidea* e do grupo das *Faseoleas*, originária do atual território do Vietnã, no leste da Ásia. Seu cultivo é conhecido na China à cerca de 5000 anos (CARVALHO, 2007). A semente de *Glycine max* desenvolveu-se como uma fonte de proteínas de alta qualidade e é usada em muitos alimentos para humanos e como proteína predominante na alimentação animal (GUNSTONE, 2005).

Foi introduzida no Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul, por volta de 1900 (RUEDELL, 2002). Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, ultrapassado apenas pelos EUA, participando com aproximadamente 19,6% da produção mundial (CONAB, 2010). Dessa forma, é inegável a importância dos estudos de todo o sistema produtivo, desde a produção agrícola até a comercialização final dos subprodutos referentes a essa leguminosa.

Apesar de ser consumida em grão, a soja é mais utilizada na produção de derivados caseiros ou industrializados (PHILIPPI, 2003). Bowles (2005) reporta que a soja dá origem a diversos produtos e subprodutos como o tofu (“queijo de soja”), farinhas e farelos de soja, extrato aquoso de soja e o subproduto do extrato aquoso da soja, denominado *okara*.

O armazenamento de grãos é considerado mais viável do que produtos animais, principalmente graças à sua baixa perecibilidade, devido a presença de casca, e menor teor de umidade. Grãos podem ser armazenados sob condições controladas por períodos longos sem que sofram alterações muito prejudiciais. Ao ser colhido, o grão já apresenta um teor de desidratação que inibe a atividade enzimática e qualquer outra forma de atividade biológica. Porém, a ocorrência de pequena hidrólise do óleo e aparecimento de ácidos graxos é inevitável, mesmo enquanto na planta (EMBRAPA, 2009).

Armazenados, os grãos ainda apresentam atividade biológica latente, isto significa que, sem o controle de temperatura interna e com empilhamento excessivo, pode ocorrer auto – aquecimento dos grãos, decorrente dos processos respiratórios.

O auto – aquecimento provoca o escurecimento do óleo e do farelo, depreciados dessa forma, e de processamento mais difícil (BORGES; FENGLER; CERVI, 2009).

Em países tropicais, a estocagem de grãos em altas temperaturas, altas umidades relativas do meio (acima de 25%) e tempo de armazenamento prolongado os expõe ao fenômeno de endurecimento, à infestação de insetos e a mudanças indesejáveis na textura e no sabor desses grãos (MARTIN-CABREJAS; ESTEBAN; PEREZ, 1997).

Rios, Abreu e Corrêa (2003), relatam que as leguminosas sofrem perdas de sua qualidade durante o armazenamento, sendo algumas delas: desenvolvimento de casca dura (*hard shell*) que impede a hidratação dos grãos, fenômeno favorecido por baixa umidade relativa na atmosfera de armazenagem e alto conteúdo de umidade nas sementes; e endurecimento ou perda das propriedades de cocção dos cotilédones (*hard-to-cook*), fenômeno reversível e com velocidade dependente principalmente da temperatura ambiental e da umidade relativa atmosférica de armazenamento.

Segundo Costa (2002), é uma leguminosa de alto valor nutritivo, com grandes proporções em princípios ativos e elementos dietéticos valiosos. Sabe-se que a soja representa uma das melhores fontes vegetais calórico-protéicas, contendo cerca de 40% de proteína de boa qualidade e 20% de óleo (VIEIRA; CABRAL; PAULA, 1997).

Vários estudos têm demonstrado que o consumo dos grãos ou produtos derivados de soja está freqüentemente associado com a redução do risco de inúmeras doenças, tais como câncer de esôfago, pulmão, próstata, mama e cólon/reto, doenças cardiovasculares, osteoporose, diabetes e sintomas da menopausa, e isso fez com que o consumo da soja quadruplicasse nos últimos cinco anos – atingindo hoje 4% do total produzido no Brasil (CHUNG et al., 1996; CLARK et al., 1996).

2.2 Componentes da soja

A soja constitui excelente fonte de proteína para a alimentação humana e animal. Os grãos se caracterizam por conter cerca de 20% de óleo e 40% de proteína, que são de elevado valor nutritivo (SANT'ANA et al., 2000). Constitui importante fonte de minerais (sódio, potássio fósforo, ferro, magnésio, zinco e cálcio) e vitaminas (tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) ácido nicotínico e ácido

ascórbico). Além disso, produtos da soja desempenham função importante para saúde, além de serem utilizados por pessoas alérgicas ao leite e também por suas boas características tecnológicas (CASTRO et al., 2005).

As sementes de soja contêm mais proteínas que qualquer outra cultura comercial. Aproximadamente 41% (em termos de massa seca) da semente de soja consiste em proteínas de armazenamento e 21% em óleo. Os produtos primários resultantes do processamento da semente de soja são o óleo bruto e a farinha protéica (YAKLICH, 2001). A partir do óleo bruto, são produzidos o óleo refinado e a lecitina de soja, que são usados principalmente para o consumo humano, e a farinha protéica é empregada na alimentação animal (EMBRAPA, 2009).

Além da deficiência em aminoácidos sulfurados, a soja crua apresenta substâncias que, atuando de maneira inter-relacionada, é responsável por diferentes respostas biológicas e fisiológicas em animais, entre elas diminuição de digestibilidade ou biodisponibilidade de nutrientes. Nessas substâncias encontram-se os inibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas, substâncias bocígenas, lipoxigenases, urease e outros fatores tais como oligossacarídeos causadores de flatulência, provocada pela fermentação microbiana da rafinose e estaquiose as quais não sofrem digestão nos seres humanos, carentes de α -galactosidase (BASENHOP; WILKENS, 1969; SANDBERG, 2002; THANANUNKUL et al., 1976).

No caso dos grãos de soja o principal fator antinutricional presente são os inibidores de proteases, os quais são parcialmente inativados durante extração com solvente e processo de tostagem. Após esses processos, os grãos se tornam excelentes fontes protéicas (CARVALHO et al., 2002).

Vários métodos de processamento de alimentos à base de soja têm sido utilizados com o intuito de reduzir os inibidores de proteases. Entre eles temos o processamento térmico, principalmente tratamento por calor úmido; fracionamento de proteínas, por meio da precipitação de proteínas isoladas, ultrafiltração e cromatografia de afinidade; e melhoramento genético; porém o tratamento térmico não tem inativado-os completamente (BURNS, 1987). Além disso, de acordo com Van der Poel, Verstegen e Tamminga (1995), o excesso de calor pode destruir importantes aminoácidos e reduzir a biodisponibilidade de outros nutrientes.

Para Bressani (1993), a reduzida digestibilidade das proteínas das leguminosas é devida a várias causas, dentre elas a ação de fatores ligados a casca

(taninos), aos cotilédones (inibidores de proteases, fitatos) e ao processamento e armazenamento.

A soja fornece carboidratos, proteínas e minerais, ácidos graxos (83% de ácidos graxos insaturados), 4% de saponinas, 5% de lecitinas, β -sitosteróis, α -tocoferóis e inibidores de protease, embora as isoflavonas despertem maior interesse devido às suas propriedades biológicas (AGUIAR, 2002). Estudos dos últimos 25 anos têm comprovado as propriedades fitoterapêuticas da soja como anticancerígena, além de reduzir a taxa de colesterol, amenizar problemas da menopausa e prevenir doenças coronárias, entre outras (PENHA et al., 2007).

Segundo Potter et al. (1993), o consumo de proteína e fibra de soja, utilizadas em pães, bolo tipo “*muffin*”, biscoitos e bolos, associado a outros produtos de baixas calorias foi efetivo na redução do colesterol total e da “*low density lipoprotein*” (LDL), conhecida como “mau colesterol”, enquanto que o nível de “*highdensity lipoprotein*” (HDL) foi mantido no sangue.

O interesse na soja e em seus derivados cresceu significativamente na última década, devido aos seus benefícios nutricionais e à saúde. Pesquisadores encontraram fitoquímicos nas sementes de soja, tais como as isoflavonas, que desempenham um importante papel na prevenção da osteoporose (GARCIA et al., 1997) e sintomas de menopausa (POTTER et al., 1998), cânceres influenciados por hormônios, bem como na atuação como fitoestrogênios em humanos. Sua capacidade de agir como antioxidante pode ser útil também na prevenção de danos oxidativos em tecidos vivos (ACHOURI; BOYE; BELANGER, 2005). Os efeitos funcionais da soja são atribuídos às suas proteínas, oligossacarídeos, fibras e principalmente aos isoflavonóides (GINSBURG; PREVELIC, 2000).

Dentre os fitoquímicos da soja, os fitoestrógenos são os mais estudados. Componentes não esteroidais derivados de plantas possuidoras de atividade estrogênica, estes constituem um grupo de compostos diversos (flavóides, coumesterol e lignanas), semelhantes em estrutura química, tanto quanto para suas atividades biológicas. Entre os fitoestrógenos destacam-se as lignanas e as isoflavonas. As lignanas podem ser encontradas em farelos de cereais, cereais integrais, legumes e frutas, enquanto as concentrações de isoflavonas são maiores em leguminosas, em particular nos grãos de soja (SALGADO, 2000). Colocar mais informações sobre o aspecto funcional da soja, com outras substâncias que ela contém. Há muita literatura atual sobre isso.

A utilização da soja na alimentação humana, no Brasil, é limitada. O fato pode ser justificado pela falta de hábito de consumo, problemas ligados ao sabor de feijão cru (*beany flavor*), causado pela atividade da lipoxigenase durante o rompimento e hidratação do grão de soja, propriedades antinutricionais e efeitos fisiológicos a eles atribuídos (MONTEIRO et al., 2004).

Além destas aplicações, a soja é também apontada como uma fonte alternativa de combustível. O biodiesel de soja já está sendo testado por instituições de pesquisa, como a Embrapa, e utilizado em diferentes cidades brasileiras (EMBRAPA, 2009).

2.2.1 Proteínas

Há três tipos de proteínas na soja: as envolvidas no metabolismo, as estruturais e as de reserva, que não possuem atividade biológica (ZARKADAS et al., 1994). Aproximadamente 80 a 90% do total das proteínas são de reserva e podem ser divididas em albuminas solúveis em água (10%) e globulinas solúveis em soluções salinas (90%) (FUKUSHIMA, 1991).

As proteínas de soja constituem uma mistura de macromoléculas de tamanhos, densidades de carga e estruturas diferentes. Os pesos moleculares das proteínas de soja variam de 8.000 a 600.000 Da, com maior concentração na faixa de 110.000 a 350.000 Da (LIU, 1999).

A fração 2S, que representa cerca de 20% das proteínas, é composta por proteínas biologicamente ativas, inibidores de tripsina e globulinas 2S. As frações 7S e 11S representam juntas cerca de 70% das proteínas contidas no grão de soja. A fração 7S é composta pelas enzimas β -amilase e lipoxigenase, hemaglutinina e citocromo C e pela globulina conhecida como β -conglucina (glicoproteína de reserva). A globulina 11S, também conhecida como glicina, é proteína de reserva, constituindo cerca de 37% da proteína da soja. A fração 15S (globulina 15S) perfaz cerca de 10% do total de proteínas (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989).

Na literatura são encontrados diversos estudos a respeito das frações glicina e β -conglucina da soja (ADACHI; KANAMORI; MASUDA, 2003; FEHR et al., 2003; NATARAJAN; CAPERNA; GARRET, 2005; MARUYAMA et al., 2003). Estas são suas proteínas mais abundantes, correspondendo a cerca de 70 a 80% do

total das proteínas, e são responsáveis pelas propriedades nutricionais, físico-químicas e fisiológicas das proteínas de soja (MUJOO; TRINH; NUG, 2003).

As proteínas advindas de sementes de leguminosas correspondem a vinte por cento das proteínas vegetais consumidas pelo homem. No entanto, certas leguminosas, em particular a soja, contém quantidades significativas de compostos bioativos ou antinutricionais que podem alterar o metabolismo do corpo se consumido. A principal proteína responsável pelo baixo valor nutricional dos grãos de soja crus são os inibidores de tripsina e lectinas, mas existem ainda outros componentes naturais que podem contribuir para os efeitos deletérios observados (CARDOSO et al., 2007).

2.2.2 Lipídios

Os lipídios constituem um grupo de diversos compostos biológicos não solúveis em água (hidrofóbicos) e solúveis em solventes orgânicos (como clorofórmio, éter e benzeno) (FENNEMA; DOMODARAN; PARKIN, 2007; NOVAIS, 2000). Esse grupo de substâncias inclui os óleos, as gorduras, algumas vitaminas e hormônios, além de muitos componentes não protéicos das membranas celulares. Nas células vivas os lipídios fazem parte da estrutura da membrana funcionando de modo a manter energia disponível para a célula, além de iniciarem a síntese de prostaglandinas, vitaminas e hormônios (NOVAIS, 2000) e de contribuírem para o sabor no cozimento e no processamento dos alimentos (FAO, 2000).

Os óleos vegetais e as gorduras são constituídos predominantemente por triglicerídios (mais de 98%), que são ésteres de três ácidos graxos com glicerol. A molécula de glicerol possui três grupos hidroxila nos quais as moléculas de ácidos graxos podem formar ligações éster, resultando na molécula de triglicerídio (GUNSTONE, 2005).

As propriedades físicas e químicas de um óleo estão relacionadas principalmente com a sua composição em ácidos graxos, com o grau de insaturação e posição destes na molécula de glicerol e com o comprimento da cadeia carbônica dos mesmos. A diferença entre uma gordura e um óleo está no estado físico em temperatura ambiente, isto é, uma gordura é um sólido e um óleo é um líquido (O'BRIEN, 2000; WHITE, 2000). Geralmente, as gorduras sólidas são indicadas por

dominância em ácidos graxos saturados, e os líquidos por alto nível de ácidos graxos insaturados (O'BRIEN, 2000).

Quanto menor a cadeia carbônica, menor seu ponto de fusão, e quanto maior o número de insaturações dos ácidos graxos, menor será seu ponto de fusão e sua estabilidade para oxidação (LIN, 1991).

Entre os fatores que afetam a composição dos ácidos graxos dos óleos vegetais está o clima, o tipo de solo, estação de desenvolvimento, maturidade e saúde da planta, fatores microbiológicos, posição da semente dentro da flor e variação genética da planta. A composição em ácidos graxos das gorduras animais varia de acordo com a espécie animal, dieta, saúde, localização da gordura na carcaça e maturidade (GUNSTONE, 2005). O teor de lipídios no grão de soja varia entre 18 e 22% (BOCKISCH, 1998). Sua composição pode ser afetada pelas diferenças de variedade e pelos vários fatores geográficos e do meio ambiente (HAMMOND et al., 2005), principalmente condições climáticas.

Estão também presentes nos óleos, em menor quantidade, outros constituintes de grande interesse, os componentes minoritários, tais como tocoferóis, diglicerídeos, ácidos graxos livres, esteróis, fosfolipídios e pigmentos (FERRARI, 2001; O'BRIEN et al., 2000).

Com relação à composição, o óleo de soja é rico em ácidos graxos insaturados (aproximadamente 85% do total), apresentando alto teor de ácido linoléico (49,8-59,0%), de 20 a 27% de ácido oléico e, entre 5 e 11% de ácido linolênico (BRASIL, 2006). O teor elevado de ácidos graxos insaturados e, o teor relativamente elevado de ácido linolênico, torna o óleo de soja muito suscetível às reações de oxidação (GUNSTONE, 2005; PEREIRA et al., 1991).

Os ácidos graxos essenciais linoléico e α -linolênico (KINSELLA et al., 1981), são responsáveis pela biossíntese dos ácidos araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico, importantes na formação das prostaglandinas, tromboxanos e prostaciclina, compostos que participam da regulação da pressão arterial, frequência cardíaca, resposta imunológica, dos processos da coagulação sanguínea e do funcionamento do sistema nervoso central (MANTZIORIS et al., 1994).

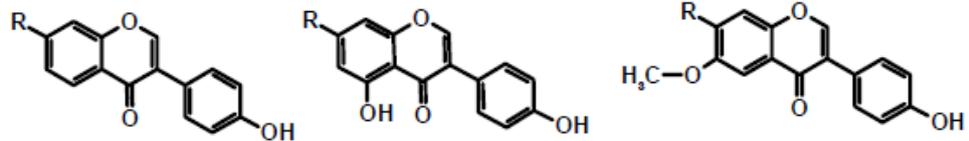
2.2.3 Isoflavonas

Os principais compostos fenólicos da soja são as isoflavonas (GENOVESE; HASSIMOTTO; LAJOLO, 2005).

As isoflavonas são compostos originários do metabolismo secundário, com estrutura básica fenólica. Sua origem química está no ciclo dos ácidos orgânicos (WILDMAN, 2001), sendo formadas durante todo o período de enchimento do grão (desde 35 dias após o florescimento). As formas genistina e malonil genistina aumentam suas concentrações no final do período de enchimento do grão, enquanto as formas daizina e malonil daizina aumentam durante todo o período de enchimento do grão (CARRÃO-PANIZZI et al., 1999).

Na Figura 1 estão representadas as 12 formas químicas das isoflavonas presentes na soja, que se diferenciam pelo radical R. As formas agliconas (daidzeína, genisteína, gliciteína) aumentam sua complexidade após se ligarem a uma molécula de glicose (daidzina, genistina, glicitina), depois a um radical acetil (acetil-daidzina, acetil-genistina, acetil-glicitina) e, por fim, a um radical malonil (malonil-daidzina, malonil-genistina, malonil-glicitina) (CARRÃO-PANNIZZI et al., 1999).

Formas agliconas (R = H)

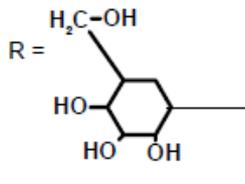


R = H

Daizeína

Genisteína

Gliciteína



Daidzina

Genistina

Gliciteína

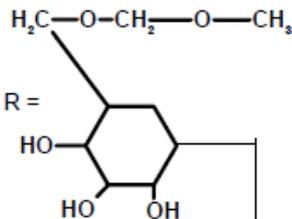
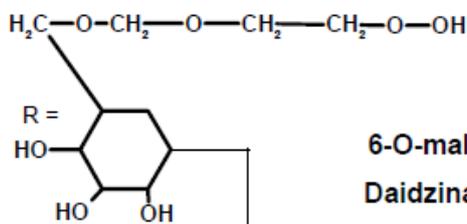
6-O-acetil
Daidzina6-O-acetil
Genistina6-O-acetil
Gliciteína6-O-malonil
Daidzina6-O-malonil
Genistina6-O-malonil
Gliciteína

Figura 1 – Isoflavonas presentes nos grãos de soja

Fonte: FRIEDMAN, BRANDON (2001).

As atividades dos componentes presentes nos produtos de soja que são responsáveis por esses efeitos ainda têm que ser melhores estudados, mas acredita-se que as isoflavonas, um fitoestrógeno, são uma das responsáveis por esses benefícios observados (LEE et al., 2005).

Os efeitos relacionados à ação estrogênica foram confirmados por diversos estudos. Em presença de estrogênio humano, as isoflavonas funcionam como antiestrógenos, competindo com os hormônios por seus receptores nas células-alvo, e evitando que estes exerçam seus efeitos negativos. Na ausência ou insuficiência do hormônio, o que ocorre na menopausa, apresentam efeito estrogênico, substituindo-o e aliviando os sintomas indesejáveis da menopausa, como o

desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes, aterosclerose e osteoporose. Assim, as isoflavonas vêm despertando atenção de mulheres climatéricas para as quais a terapia de reposição hormonal é desaconselhável (KASS-ANNESE, 2000).

Outros estudos relacionam os efeitos da soja com a prevenção de câncer. Segundo Messina et al. (1994), as isoflavonas apresentaram efeito comprovado de proteção contra a carcinogênese em testes com animais (65% de resultados positivos). A ação protetora das isoflavonas em câncer de próstata, mama e outras formas de câncer hormônio dependentes em humanos já foi constatada (BENNINK, 2001; BRADLOW; SEPKOVIC, 2002; KENNEDY, 1995; MESSINA et al., 1994). Esse efeito protetor ocorre por meio da regulação dos esteróides sexuais específicos e de fatores de crescimento dos tumores, conforme identificaram Lamartiniere et al. (2002), estudando a ingestão de genisteína.

Embora haja grande variabilidade de composição de isoflavonas entre grãos de soja e produtos alimentícios derivados de soja, a maioria das fontes contém uma mistura baseada em três isoflavonas agliconas principais, que são a genisteína, a daidzeína e a gliciteína (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

A absorção e retenção das isoflavonas pelo organismo humano aumentam conforme a solubilidade em água. Desta forma, a genisteína é mais absorvida que a daidzeína que é mais absorvida que a gliciteína. O mecanismo de absorção da genisteína já é conhecido, sendo que deve ocorrer hidrólise inicial do açúcar para que elas sejam convertidas em daidzeína e genisteína, que são as formas biologicamente ativas (SETCHELL et al., 2001). Cerca de 70% das isoflavonas vão para a bile quatro horas após sua ingestão e 25% da excreção ocorre pela urina (HENDRICH; MURPHY, 2001).

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) tem sido reconhecida como o método mais eficaz para a determinação das isoflavonas (HUI et al., 2001).

Os grãos de soja e seus derivados apresentam teores variáveis de isoflavonas (daidzeína, genisteína e gliciteína), compostos bioativos com diversas atividades biológicas, as quais parecem estar relacionadas com as suas formas (LIU; CHANG; WIESENBORN, 2005).

A concentração de isoflavonas na soja e de seus derivados pode variar muito, pois depende da variedade do grão, solo, clima, local onde foi cultivada e, principalmente, do tipo de processamento utilizado no preparo dos produtos

protéicos (LEE, 2003). As condições de processamento da soja podem provocar alterações, tanto no teor total como nas formas das isoflavonas presentes.

As isoflavonas podem sofrer transformações durante o processo de fabricação de ingredientes e alimentos à base de soja, havendo conversão parcial das formas esterificadas para as formas glicosiladas e agliconas (COWARD et al., 1998; WANG; MURPHY, 1996). O aquecimento promove a conversão das formas malonil glicosídeos a acetil glicosídeos, e enzimas do tipo β -glicosidases, presentes naturalmente na soja ou produzidas por microrganismos inoculados em produtos fermentados podem hidrolisar os β -glicosídeos, liberando glicose e agliconas (PANDJAITAN; HETTIARACHCHY; JU, 2000; WANG; MURPHY, 1996).

Lui et al. (2003), estudando isoflavonas em isolados e concentrados protéicos de soja, concluíram que o tipo de processamento pode afetar grandemente a quantidade total e o perfil da distribuição das isoflavonas em suas formas conjugadas e agliconas. Tratamentos com etanol 60% não alteraram o perfil de distribuição do concentrado protéico, já tratamentos com ácido promoveram a hidrólise, aumentando o teor de isoflavonas agliconas.

Segundo Carrão-Panizzi, Simão e Kikuchi (2003), a escolha de cultivares, que geneticamente apresentam teores elevados de isoflavonas, de locais de cultivo, onde a temperatura média é mais baixa durante o período de enchimento de grãos, e de tratamentos hidrotérmicos dos grãos, com temperatura e período de tempo adequado, proporciona maior desenvolvimento de isoflavonas agliconas, que são os compostos biodisponíveis responsáveis por efeitos benéficos à saúde humana, garantindo a obtenção de matéria-prima mais adequada para processamento de alimentos funcionais à base de soja.

A capacidade antioxidante das isoflavonas foi relacionada ao número de grupos hidroxila presente na sua estrutura química. Naim et al. (1976) verificaram que a capacidade antioxidante das isoflavonas decresce com a glicosilação ou a substituição do grupo hidroxila pelo grupo metoxila. As isoflavonas podem inibir a peroxidação lipídica *in vitro* por ação de seqüestro de radicais livres ou por atuar como agentes quelantes de metais. A atividade antioxidante da genisteína ou de outras isoflavonas agliconas é superior às de glicosil isoflavonas (ONOZAWA et al., 1998).

Lee et al. (2005), observaram que as isoflavonas glicosídeas da soja possuem menor atividade antioxidante quando comparadas com a genisteína e a daidzeína,

que são isoflavonas agliconas.

Ruiz-Larrea et al. (1997) relataram, que a capacidade antioxidante das isoflavonas segue, em ordem decrescente a seguinte ordem: genisteína, daidzeína, genistina e daidzina. Os autores explicam que esse resultado está relacionado com o número de hidroxilas livres do anel. Portanto, os derivados β -glicosídeos apresentam menor capacidade antioxidante, já que possuem 0-glicosilação na posição 7 do anel.

Porém, Barbosa; Lajolo e Genovese (2006) demonstraram que um suplemento à base de germen de soja apresentou maior capacidade antioxidante quando comparado a outros produtos derivados do grão, mesmo tendo como forma principal os β -glicosídeos. Isso foi explicado devido ao conteúdo total de isoflavonas desse produto ser muito superior aos outros. Além disso, o isolado protéico de soja, que apresentou maior teor de agliconas dentre as amostras analisadas, também apresentou a menor capacidade antioxidante, condizente com seu menor teor de fenólicos totais.

Desta forma, a capacidade antioxidante dos derivados de soja resulta não só dos teores de isoflavonas, como também da sua combinação com outros de seus componentes, como proteínas, peptídeos ou outros compostos polifenólicos.

Muitos efeitos benéficos da soja para a saúde humana são atribuídos, tanto às proteínas quanto às isoflavonas. Há evidências de forte efeito sinérgico entre proteínas e isoflavonas, ou outros compostos desconhecidos (BARNES; KIM; XU, 2002). Seu efeito notório sobre a população oriental ocorre a partir do consumo regular de pequenas quantidades, mais como complemento alimentar do que como base da alimentação.

2.3 Antioxidantes

Os antioxidantes podem ser definidos como qualquer substância que, presente em baixas concentrações, quando comparada a um substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira eficaz (AUST et al., 2001; HANDELMAN, 2001; SIES; STAHL, 1995).

São substâncias capazes de seqüestrar ou impedir a formação de radicais livres. O mecanismo de ação dos antioxidantes está bem elucidado, isto é, para que um composto seja eficiente na redução das reações da autoxidação é necessário

que ele iniba a formação de radicais livres na iniciação da cadeia de oxidação ou interrompa a sua propagação (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007).

A oxidação em sistemas biológicos ocorre devido à ação de radicais livres no organismo. Estas moléculas têm um elétron isolado, não pareado, livre para se ligar a qualquer outro elétron, e, por isso, são extremamente reativas. Podem ser geradas a partir de fontes endógenas, que se originam dos processos biológicos do próprio organismo, como: redução de flavinas e tióis; resultados da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; presença de metais de transição no interior da célula e de sistemas de transporte de elétrons. A geração endógena de radicais livres envolve mitocôndrias, lisossomos, peroxissomos, núcleo, retículo endoplasmático e membranas (MACHLIN; BENDICH, 1987). Radicais livres também podem ser gerados a partir de fontes exógenas, como tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações (SOARES, 2002).

O termo radical livre é usado para designar qualquer átomo ou molécula com existência independente, que contém um ou mais elétrons não pareados nos orbitais externos, gerando uma atração para o campo magnético, o que pode torná-lo altamente reativo, capaz de reagir com qualquer composto situado próximo à sua órbita externa, passando a ter função oxidante ou redutora de elétrons (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999a).

A geração de radicais livres pode ocorrer no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana celular. O seu alvo, que podem ser proteínas, lipídeos, carboidratos e o DNA, está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 2000).

Dentre os radicais livres estão incluídos o superóxido ($O_2\bullet$), a hidroxila ($OH\bullet$), o hidroperóxido ($HO_2\bullet$), o óxido nítrico ($NO\bullet$) e o dióxido de nitrogênio ($NO_2\bullet$). Destes, a hidroxila é a mais reativa na indução de lesões nas moléculas celulares e o peróxido de hidrogênio, apesar de não ser considerado um radical livre potente, pode atravessar a membrana celular e induzir danos no DNA (ANDERSON, 2000).

Os danos oxidativos induzidos por radicais livres estão relacionados com muitas doenças cardiovasculares, doenças neurológicas, como mal de Alzheimer e mal de Parkinson, diabetes e câncer (CAI et al., 2004).

A prevenção ou redução de lesões causadas pelos radicais livres acontece por meio da atividade de antioxidantes, encontradas em muitos alimentos. Estas substâncias podem agir diretamente na neutralização da ação dos radicais livres ou

participar indiretamente de sistemas enzimáticos que exercem esta atividade (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes, sendo a primeira formada por aqueles com atividade enzimática, onde estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe estão os antioxidantes que não apresentam atividade enzimática, ou seja, são moléculas que interagem com as espécies na forma de radicais e são consumidas durante a reação. Nesta classificação incluem-se os antioxidantes naturais e sintéticos, como os compostos fenólicos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

As enzimas superóxido-dismutase, glutathiona-peroxidase e catalases fazem parte do sistema enzimático. Várias enzimas antioxidantes são metalenzimas, ou seja, contêm traços de minerais em sua estrutura. A glutathiona-peroxidase é dependente de selênio, e a enzima superóxido-dismutase contém manganês, zinco ou cobre, dependendo da sua localização na célula (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999b).

Dos componentes não enzimáticos que participam como antioxidante, destacam-se alguns minerais (cobre, manganês, zinco, selênio e ferro), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E e A), carotenóides (beta-caroteno, luteína e licopeno), além de bioflavonóides (genisteína e quercetina) e taninos (catequinas) (PAPAS, 1999).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo diário de substâncias antioxidantes pode produzir ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Uma série de doenças como câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS, doenças cardíacas, além do envelhecimento do organismo, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas (BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; YILDRIM; MAVI; KARA, 2001).

Tendo em vista os indícios de efeitos tóxicos que podem ocorrer com o consumo de antioxidantes sintéticos é importante pesquisar produtos naturais com atividades antioxidantes, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com o intuito de diminuir a quantidade dos mesmos nos alimentos. Os compostos fenólicos de origem vegetal podem ser uma boa alternativa, pois eles agem como aceptores de radicais livres interrompendo a

reação em cadeia provocada por estes, além de atuarem nos processos oxidativos catalisados por metais, tanto *in vitro*, como *in vivo* (WILLIAMSON; FAULKNER; PLUMB, 1998).

As funções dos antioxidantes naturais e artificiais são similares, porém a salubridade de alguns dos artificiais vem sendo questionada, visto que estudos têm demonstrado que os mesmos podem favorecer efeitos mutagênicos e carcinogênicos (BIRCH et al., 2001).

As leguminosas, que são muito consumidas, apresentam atividades antioxidantes significativas e compostos fenólicos (HEIMLER et al., 2005; TAKAHASHI et al., 2005).

Está amplamente aceita a idéia de que a atividade antioxidante em alimentos está relacionada com alto teor de compostos fenólicos totais. Os flavonóides compõem uma das classes predominantes de compostos fenólicos, e quando extraídos de leguminosas, possuem atividade antioxidante. Taninos condensados e hidrolisados também mostraram grande atividade antioxidante (BENINGER; HOSFIELD, 2003).

O potencial antioxidante de um composto é determinado pela sua reatividade com um doador de elétrons ou hidrogênio, capacidade de deslocar ou estabilizar um elétron desemparelhado, reatividade com outro antioxidante e reatividade com oxigênio molecular (MORAES; COLLA, 2006).

Muitos métodos foram desenvolvidos e aplicados para medir a atividade antioxidante em amostras de legumes, incluindo o FRAP (ferric reducing antioxidant power) (NILSSON; STEGMARK; AKESSON, 2004), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (LEE et al., 2004) e ORAC (oxygen radical absorption capacity) (WU et al., 2004).

A atividade antioxidante de um material é influenciada por muitos fatores, durante a análise, como o substrato lipídico utilizado no ensaio, o solvente e a técnica de extração utilizados, entre outros fatores. Entre os solventes orgânicos, o metanol tem sido apontado como o mais efetivo, por conseguir extrair elevada quantidade de compostos bioativos (ECONOMOU; OREOPOULOU; THOMOPOULOS, 1991).

Embora a atividade antioxidante de muitos vegetais venha sendo apresentada, é difícil comparar resultados, devido aos diferentes métodos de análise utilizados. A determinação da atividade antioxidante tem um mecanismo de reação

dependente (HUANG; OU; PRIOR, 2005; PRIOR; WU; SCHAICH, 2005). A especificidade e a sensibilidade de um único método não mostram um completo exame dos compostos fenólicos do extrato. Entretanto, uma combinação de vários testes pode fornecer uma avaliação mais confiável do perfil antioxidante dos alimentos (XU; YUAN; CHANG, 2007).

2.4 Compostos fenólicos

Os compostos polifenólicos constituem uma classe de metabólitos secundários biosintetizados pelo reino vegetal e encontrados em alimentos derivados de fontes vegetais (WOOD; SENTHILMOHAN; PESKIN, 2001).

Os polifenóis compreendem uma ampla variedade de substâncias que possuem um ou mais anéis aromáticos com pelo menos um grupo hidroxila. Entre eles, podemos mencionar os flavonóides, isoflavonóides, antoquinonas, antocianidinas e xantonas, os ácidos fenólicos e os ácidos fenólicos simples, os ácidos hidroxicinâmicos, e as ligninas. Estes atuam geralmente como capturadores e estabilizadores de radicais livres, podendo produzir quelação de metais que possuam em sua estrutura grupos carboxílicos (ROMERO et al., 2008).

Também existem trabalhos que atribuem sua ação antioxidante à inibição de enzimas pro-oxidantes como a lipoxigenase (DECKER, 1995).

2.4.1 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

O mecanismo de proteção dos polifenóis ocorre no estado inicial e mais eficientemente durante o estado de propagação da oxidação, por captura dos radicais livres, inibindo dessa maneira a reação em cadeia.

A transferência de elétrons do radical livre determina que o antioxidante se transforme em uma molécula radical ativa e este radical formado deve ser suficientemente estável para que a função antioxidante seja efetiva.

Alimentos tradicionais no oriente, tais como extratos de soja fermentados, foram reportados como antioxidantes por Yen, Chang e Su. (2003) e Yang et al. (2000). Os autores atribuíram o poder antioxidante ao conteúdo de polifenóis e a presença de redutonas que só se formam durante o processo de fermentação.

2.4.2 Compostos fenólicos e resistência a pragas

Os compostos fenólicos presentes nas plantas possuem diferentes efeitos sobre os herbívoros, sendo que a ativação desses compostos ocorre por oxidação (APPEL, 2003). O autor cita que esses compostos, através do consumo foliar, são inibidores da digestão.

Esse efeito está relacionado à sensação adstringente, provocados por alguns polifenóis, decorrente da capacidade dos compostos fenólicos em precipitar proteínas. A inibição da digestão pode ocorrer devido à formação de pontes de hidrogênio, ou ainda pela formação de ligações covalentes, com proteínas e enzimas digestivas. Entretanto, as condições alcalinas do trato digestivo ($\text{pH} > 9$), também podem inibir a formação das pontes de hidrogênio, tornando esse efeito menos provável de ocorrer em insetos (APPEL, 2003).

Appel (2003) discute que os radicais de hidroxila formados durante a oxidação dos compostos fenólicos possuem ação tóxica, pois são responsáveis pela ruptura da integridade da membrana e por distúrbios de metabolismo no epitélio intestinal. Em lagartas, as ligações covalentes do ácido clorogênico com proteínas monoméricas inibe a absorção de aminoácidos (FELTON et al., 1999; FELTON; DUFFEY, 2002).

Os compostos fenólicos flavonóides são metabólitos secundários, amplamente encontrados em materiais vegetais (HARBORNE, 2001). Nenhuma função universal referente aos flavonóides e seus glicosídeos foi ainda estabelecida em relação a todas as plantas. Contudo, muitas funções em plantas específicas tem sido demonstradas, incluindo proteção contra raios ultra-violeta, insetos, fungos, vírus e bactérias (MARKHAM, 2000).

Chiang et al. (1997), testando a resistência da soja a *E. varivestis*, concluíram que o aumento do efeito anti-herbivoria estava correlacionado com um elevado nível total de compostos fenólicos e, temporariamente e quantitativamente, com os padrões alterados da atividade das enzimas denominadas PAL (L-fenilalanina amônia-liase) e TAL (L-tirosina amônia-liase) nos tecidos. Para Sharma e Norris (2001), analisando nove compostos extraídos do genótipo de soja PI 227687 utilizando metanol a 60%, concluíram que os flavonóides encontrados exibiram efeito antibiótico contra as larvas de *Trichoplusia ni* Hübner. De acordo com Burden e Norris (1999), concentrações intermediárias de coumestrol (um composto derivado

da cumarina) sobre folhas de soja conduziram ao comportamento de não-preferência de *E. varivestis*.

2.5 Pragas dos grãos armazenados

O crescente aumento da população mundial vem exigindo um progressivo incremento da produção e estocagem de alimentos. Nos armazéns, silos, depósitos e indústrias, os produtos alimentícios são geralmente atacados por pragas diversas que anualmente causam prejuízos enormes anulando, assim, os esforços que os técnicos e autoridades responsáveis vêm fazendo em todo mundo, no sentido de oferecer uma maior disponibilidade de alimentos às populações cada vez mais carentes (BARROS; ARTHUR, 2005).

São muitas as espécies de pragas que se encontram em produtos armazenados e seus subprodutos. Dentre elas, destacam-se os insetos como um dos mais importantes agentes responsáveis pelas perdas no período pós-colheita. A maioria das espécies são cosmopolitas, embora tenham sido disseminadas em todo o mundo, em razão, principalmente, dos intercâmbios comerciais (DELL'ORTO; VELÁZQUEZ, 2000).

Os insetos que desenvolvem em produtos armazenados apresentam características de acordo com o ambiente que se encontram os grãos e subprodutos. São pequenos, adaptados a viver em ambientes muito secos e escuros, onde outros organismos não sobreviveriam. Quanto aos seus hábitos alimentares, os insetos podem ser classificados em primários, secundários e associados. Os primários são capazes de romper o grão para atingir o endosperma; os secundários não são capazes de romper o grão e, geralmente, vivem associados aos insetos primários, pois, uma vez rompida a parte externa do grão, são capazes de se desenvolver; enquanto os insetos associados são freqüentemente encontrados nos grãos, porém, sem danificá-los; alimentam-se de detritos e fungos, podendo, no entanto, alterar a qualidade do produto final (TECNIGRAN, 2009).

Os insetos se classificam em grupos com características gerais chamadas ordens; por sua vez, as ordens se dividem em famílias e estas em gêneros, que agrupam a várias espécies. A espécie engloba os indivíduos com morfologia similar, hábitos alimentares comuns e os que são capazes de reproduzir-se entre si,

constituindo a base de referência para sua identificação e denominação (GUEDES, 2007).

Os principais insetos de grãos e subprodutos armazenados pertencem à ordem *Coleoptera*, pequenos gorgulhos, e à ordem *Lepidoptera*, mariposas ou traças. Os gorgulhos, também conhecidos como carunchos, são muito resistentes, o que lhes permitem o movimento pelos reduzidos espaços entre os grãos, inclusive nas grandes profundidades dos silos e graneleiros, onde os espaços são muito comprimidos. As mariposas são frágeis e, em geral, permanecem na superfície da massa de grãos, causando assim menos prejuízos que os gorgulhos. Os grãos e subprodutos podem, ocasionalmente, ser infestados por insetos muito pequenos, conhecidos como Psocoptera. São amplamente distribuídos nas Américas e na Europa. Alimentam-se de uma grande variedade de matéria orgânica e são considerados pragas pela sua presença e não pelos danos que causam (STOREY, 2006).

Os grãos armazenados em armazéns e silos, seja a granel ou ensacados, se apresentam como uma massa porosa, com um espaço inter-granular que corresponde a 40 ou 45% do volume ocupado pelos próprios grãos. O oxigênio existente neste espaço permite a sobrevivência da grande maioria dos insetos que atacam os grãos armazenados. Além disso, o pequeno tamanho e a constituição externa dos mesmos lhes permite a livre movimentação no interior da massa de grãos, mesmo em grandes profundidades, como nos silos, alguns dos quais possuindo 35 ou mais metros de altura (LORINI, 2009). Os armazéns e silos oferecem condições propícias ao desenvolvimento das pragas, pois, além de alimento farto, abrigo contra os inimigos naturais e um ambiente escuro e/ou com pouca luminosidade, os insetos são também favorecidos pelas condições de temperatura e umidade dos grãos (NOVELLI et al., 2008).

O *Lasioderma serricorne*, também conhecido como gorgulho do fumo, pertence à família dos coleópteros, é um pequeno caruncho, que mede de 2 a 2,5 mm de comprimento. A cabeça se apresenta parcialmente coberta pelo protórax, com antenas serrilhadas a partir do quarto segmento. Os élitros cobrem totalmente o abdome e não são estriados. O corpo, de coloração amarelo castanho, apresenta uma espécie de penugem no período de vida de 6 a 20 dias a fêmea ovoposita cerca de 100 ovos, que são colocados em pequenas fendas. A larva, bastante ágil, de coloração clara, com um corpo grosso de forma curvada e coberta com

pilosidades, cava galerias cilíndricas nos fardos, roendo, na seqüência, extensas áreas. Seu ciclo biológico varia de 42 a 56 dias, de acordo com a temperatura e a disponibilidade de alimento. É uma praga primária para o fumo, podendo também, atacar outros produtos estocados, como cacau, tortas oleaginosas, biscoitos, farinhas, banana seca. O inseto adulto vive de 12 a 25 dias (TECNIGRAN, 2009).

O inseto adulto da *Plodia interpunctella*, é uma mariposa de hábitos noturnos, com cerca de 18 a 20 mm de envergadura. Considerada uma praga secundária para grãos inteiros e secos e primária para produtos farináceos, se distingue facilmente das outras traças por apresentar coloração branco-acinzentada no primeiro terço das asas anteriores, sendo os dois terços restantes de cor cinza escuro (ARTHUR; GROPPPO, 2007).

As asas posteriores são largas e de coloração esbranquiçada. Na cabeça, exibe um tufo de escamas em forma de chifre. A fêmea deposita 100 a 500 ovos isolados ou em grupos, sobre os produtos que ataca. A larva quando completamente desenvolvida mede cerca de 13 mm de comprimento e possui 3 pares de patas verdadeiras e 4 pares de falsas patas nos segmentos abdominais 3, 4, 5 e 6. É muito ativa e à medida que se alimenta, vai deixando uma fiação sedosa, na qual vão se acumulando dejetos e partículas de grãos, acabando por formar uma manta característica, que pode chegar a cobrir toda a superfície da massa de grãos nos armazéns graneleiros. Quando completamente desenvolvida, a lagarta tece um casulo sobre a superfície dos produtos atacados, fendas dos pisos e paredes e, ainda, dobras da sacaria, onde completa o seu desenvolvimento.

Seu ciclo biológico é de cerca de 26 dias, com uma temperatura de 30° C e U.R. de 70%. Essa traça ataca milho, trigo, arroz em casca, soja, amendoim e uma grande variedade de produtos farináceos, frutas secas, nozes, chocolates e rações para animais. Nos armazéns graneleiros, atua apenas na superfície, atacando os grãos com preferência pelo germe (TECNIGRAN, 2009).

2.6 Irradiação de alimentos

Alimentos irradiados são alimentos que foram tratados por um determinado tipo de radiação, em condições de segurança controladas, para obtenção de algumas propriedades convenientes, tais como inibir brotamento ou destruir bactérias, entre outras, além de manter a boa qualidade do alimento por mais tempo

(CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA, 2010).

A irradiação aplica-se com frequência na conservação de alimentos, embora ainda pouco divulgado no Brasil, esse processo, tem sido recomendado pela FAO (2000). Nele, os alimentos são submetidos à ionização, não ocorrendo aumento de temperatura considerável (HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003), facilmente incorporado na prática moderna de manuseio de grãos e apresenta vantagens como eficiência de controle de perdas naturais causadas por processos fisiológicos além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo às sementes irradiadas, tornando-as também mais seguras ao consumidor, não deixa resíduos tóxicos e, portanto, não é poluente (ARTHUR, 1997). Os custos estimados dos benefícios da irradiação comercial mostram ser competitivos com outros métodos de fumigação e tratamentos físicos e térmicos (DOGBEVI; VACHON; LACROIX, 2000).

A palavra “radiação” é utilizada para designar a energia radiante que se move através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas. A irradiação de alimentos emprega uma faixa de energia eletromagnética conhecida como radiação ionizante.

Radiações ionizantes são partículas ou fótons com energia suficiente para produzirem partículas eletricamente carregadas (íons) nos materiais com os quais entram em contato (CENA, 2010).

Existem três tipos de energia radiante utilizada para a irradiação de alimentos: feixe de elétrons, raios X e raios gama. Os dois primeiros utilizam eletricidade como fonte de energia, enquanto para a radiação gama são utilizadas fontes radioativas como o cobalto 60 e o célio 137 (SAPTECHENCO, 2003).

No processo de irradiação, o alimento (a granel ou empacotado) é exposto a uma dose controlada de radiação em uma sala ou câmara especial de processamento por tempo determinado (ALFEREZ CONSULTORIA E ASSESSORIA RADIOLÓGICA, 2008; RUIZ, 2000).

Entre os fatores que influenciam os efeitos da radiação destaca-se a dose de radiação, que é a quantidade de energia absorvida por uma determinada massa de alimento. A unidade internacional é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 joule por Kg de alimento (DIEHL, 2002).

No Brasil, existe regulamentação sobre a irradiação de alimentos desde 1973 e portarias complementares foram editadas em 1985 e 1989 (OLIVEIRA, 2000). A Portaria n.º30 de 02/08/89, da Divisão de Alimentos do Ministério da Saúde,

determinava limite superior de irradiação de 10 kGy e apresentava lista de produtos aprovados para irradiação, suas respectivas doses e proibia a re-irradiação. Em 26/01/2001, a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou a Resolução (RDC) n.º21, que não restringe quais alimentos podem ser irradiados e nem a dose máxima absorvida para se obter o fim desejado, desde que não haja prejuízo nas suas qualidades funcionais e sensoriais (ANVISA, 2008).

A radiação ionizante penetra no alimento e age diretamente nos componentes essenciais da célula ou, indiretamente, proporcionando a formação de produtos radiolíticos, particularmente os radicais livres formados a partir da água. O DNA (ácido desossirribonucleico) cromossômico é o alvo principal do processo de irradiação, embora os efeitos sobre a membrana citoplasmática também apresentem papel adicional importante no dano celular causado pela irradiação (WORCMAN-BARNINKA; LANGRAF, 2003).

A reatividade dos radicais livres depende da sua capacidade de se difundir no meio. Em alimentos sólidos secos ou congelados, a difusão é bem restrita. Quando o material absorve umidade ou ocorre descongelamento, esses radicais começam a se movimentar reagindo entre si ou com os constituintes do alimento, resultando na formação de produtos finais estáveis. Embora este processo de formação de produtos estáveis seja realizado em fração de segundos, algumas reações continuam durante a estocagem do alimento (LAGUNAS-SOLAR, 1995).

Os alimentos irradiados são seguros para consumo, porém a percepção dos consumidores a respeito do alimento irradiado ainda não está completa, há resistência por parte da população ao consumo desses alimentos que foram submetidos ao processo de irradiação, impedindo que os alimentos irradiados sejam comercializados de forma ampla (ORNELLAS et al., 2006).

Além disso, parte dos consumidores acredita que alimentos processados por irradiação possuem menor conteúdo de nutrientes bioativos, devido a degradação radiolítica, o que resultaria em baixo valor nutritivo. Porém o tratamento com radiação causa aumento na disponibilidade de isoflavonas livres, resultando em maior biodisponibilidade desses compostos fenólicos antioxidantes. Portanto, além de reduzir a flora microbiana e prevenir a infestação por insetos (TAIPINA et al., 2003), o processo de radiação em soja também aumenta a qualidade nutricional dessa leguminosa aumentando os níveis de antioxidantes (VARIYAR; LIMAYE;

SHARMA, 2004).

Em Cuba, o controle de insetos com uso da irradiação, mostrou-se satisfatório durante armazenamento de farinha de trigo, milho, arroz, cacau e feijão de soja (ALVAREZ; FRAGA; ANDÚJAR, 1996). Em Taiwan, alguns produtos como batata, batata doce, cebolinha, cebola, alho, gengibre, manga, mamão, arroz, feijão, soja, trigo, farinha e alguns condimentos são irradiados e testes de mercado realizados entre os consumidores confirmaram a aprovação do uso de alimentos irradiados (YANG, 1998). Em países como Argentina, Dinamarca, Estados Unidos, Finlândia, França, Hungria, Israel, Noruega e Iugoslávia se irradiam principalmente especiarias (TOSS; CORRÊA, 2009).

A Empresa Brasileira de Radiações Ltda. (EMBRARAD) localizada em Cotia, no estado de São Paulo, opera com um irradiador Nordion JS-7500, a Tech Ion Industrial Brasil S.A. localizada em Manaus, e a Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) localizada em Jarinú, irradiam vários produtos, entre eles alimentos e embalagens. Alguns institutos como o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), o Centro de Energia Nuclear para a Agricultura da USP (CENA), o Instituto de Biociências e Escola de Farmácia da Universidade de São Paulo, o Instituto Biológico, a Universidade Estadual de Campinas, a Universidade Estadual Paulista em Botucatu, todos no estado de São Paulo, a Universidade do Rio de Janeiro, a Universidade Federal de Minas Gerais e a Universidade de Pernambuco desenvolvem estudos na área de irradiação de alimentos (VIEITES, 2003; CDTN, 2010).

2.6.1 Efeitos da irradiação sobre os grãos de soja

Algumas mudanças químicas são induzidas nos alimentos como resultado da irradiação. De fato, qualquer tratamento pelo qual um alimento seja submetido, ou aquecimento ou radiação ionizante, altera algumas propriedades químicas dos alimentos e o próprio objetivo do tratamento é decorrente destas alterações. Consideráveis esforços têm sido realizados para determinar os efeitos da irradiação sobre os vários componentes do alimento (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007).

A radiação ionizante pode agir de modo direto ou indireto. A ação direta ocorre quando a radiação atinge diretamente uma ligação química de um

constituente do alimento, como moléculas de proteínas (incluindo DNA), lipídeos, carboidratos, gerando radicais livres. A ação indireta ocorre pela ionização de outras moléculas que podem interagir com outros compostos presentes no alimento, tal como a água, que podem formar radicais livres. Estes radicais atacam outras moléculas incluindo o material genético. A água está presente em grande quantidade na maioria dos alimentos e é freqüentemente a molécula mais atingida pela irradiação. Os principais radicais livres formados na radiólise são os radicais OH^- (hidroxilas) e o H^+ (Hidrogênio), que são espécies muito reativas e instáveis, podendo combinar entre si em locais de altas concentrações de radicais ou se difundir e reagir com outras moléculas dando prosseguimento à cadeia de oxidação (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007).

O processo de irradiação de alimentos tendo o propósito de preservar através de eliminação de microrganismos e desinfestação dos grãos, pode ser utilizado para estender a vida útil e reduzir as perdas das safras durante a armazenagem do produto. Os custos estimados dos benefícios da irradiação comercial, como tratamento, mostram serem competitivos com outros métodos de fumigação e outros tratamentos físicos e térmicos (DOGBEVI; VACHON; LACROIX, 2002; VILLAVICENCIO, 1998).

Diversos trabalhos abordam o efeito da radiação nas propriedades funcionais e estruturais das proteínas de soja (ABU-TARBOUSH, 1998; ALVAREZ; FRAGA; ANDÚJAR, 1996; LACROIX et al., 2002). Outro estudo mostra que a irradiação pode aumentar a atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes na soja (VARIYAR; LIMAYE, SHARMA, 2004). Por outro lado, a radiação ionizante pode induzir à formação de radicais livres e desencadear uma série de reações químicas que podem afetar a fração lipídica da soja que é susceptível à oxidação (ZEB; TAUFIQ, 2005).

De acordo com Toledo et al. (2007a, 2007b e 2007c) estudando diferentes cultivares de soja, a irradiação promove diminuição do tempo de cocção e de hidratação de grãos de soja, não influencia na composição centesimal, aumenta a porcentagem de desaminação e promove melhora nutricional em todos os cultivares estudados, através da redução de fatores antinutricionais, conforme o aumento da dose.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), constataram que a irradiação promove aumento na quantidade de riboflavina, não altera a concentração de piridoxina

(VILLAVICENCIO et al., 2000a) e não provoca alteração da utilização das proteínas, bem como sua digestibilidade e seu valor biológico (DELINCÉE; VILLAVINCENCIO; MANCINI-FILHO, 1998).

Farag (1998) reporta que grãos de soja tratados com doses de irradiação de até 10 kGy não promovem desnaturação das proteínas, e não afetam o conteúdo de nitrogênio das amostras. Foi relatado por Diehl e Scherz (1975) que o complexo proteína-gordura nos alimentos é mais resistente às alterações promovidas pela irradiação que esses nutrientes em estado puro.

Em geral, a perda de aminoácidos essenciais como resultado do tratamento de irradiação é equivalente às perdas de aminoácidos não essenciais, e os aminoácidos limitantes da soja não são afetados pela radiação gama (FARAG, 1999).

Não foram encontradas alterações nas quantidades de proteína total, total de aminoácidos, aminoácidos livres, gordura e perfil lipídico de lentilhas submetidas à irradiação gama com doses de 0,5, 1 e 3 kGy (HOSSAIN et al., 1988). Nesse estudo, somente ocorreu aumento insignificante na glicose livre, acompanhado por diminuição na quantidade de amido quando foram usadas doses de irradiação aumentadas.

Ismail e Osman (1976) encontraram alterações significativas no perfil de aminoácidos de grãos de feijão irradiados com 5 e 10 kGy. As perdas dos aminoácidos em grãos de soja irradiados mencionados anteriormente podem ser devidas a uma indução, pelo tratamento de radiação, da formação de radicais livres, quebra das ligações peptídicas e uma subsequente desaminação e descarboxilação de algumas ligações dos aminoácidos (SIDDHURAJU; MAKKAR; BECKER, 2002).

Dogbevi, Vachon e Lacroix (2000) estudaram as alterações promovidas em feijões (leguminosa de valor nutricional semelhante ao da soja) irradiados com doses de 2, 4 e 8 kGy, e encontraram aumento da porcentagem de desaminação protéica e diminuição das ligações sulfúricas com o aumento das doses utilizadas. A desaminação é importante na quantificação do valor nutritivo das proteínas, a hidrólise dos grupamentos finais e ligações peptídicas estão diretamente relacionadas com a digestibilidade (LACROIX; AMIOT; BRISSON, 1983). A consequência imediata da desaminação é o aumento da solubilidade da proteína devido a conversão de grupos de aminos em grupos hidrofílicos (DOGBEVI; VACHON; LACROIX, 2000). Shih e Kalmar (1987) mostraram que a desaminação

em óleo de grãos de soja resultaram no aumento das propriedades funcionais, como solubilidade e capacidade de emulsificação.

Villavicencio et al. (2000b), verificaram as alterações de alguns antinutricionais presentes em duas variedades de feijão (Carioca e Macaçar) quando submetidos a doses de irradiação de 0,5, 1, 2,5, 5 e 10 kGy. Depois de macerados e cozidos, os grãos apresentaram aumento nos teores de compostos fenólicos e diminuição no conteúdo de fitatos. Para taninos, a maceração e a cocção não afetaram os grãos da variedade carioca, mas promoveram aumento na variedade macaçar. O tratamento de irradiação reduziu taninos em ambas as variedades, tanto cruas quanto cozidas e diminuiu os compostos fenólicos em ambas as variedades, mas somente quando cozidas.

Em 1962, o trabalho histórico de Lee observou que grupos sulfidril (-SH) e dissulfeto (-S-S-) de proteínas são aparentemente susceptíveis à irradiação. Khattak e Klopfenstein (1989), também relatam que os aminoácidos sulfurosos podem sofrer danos com a irradiação, principalmente em leguminosas.

Variyar, Limaye e Sharma (2004), estudando o comportamento dos compostos fenólicos frente à irradiação gama, verificaram que doses entre 0,5 e 5 kGy promoveram diminuição dos glicosídeos conjugados e aumento das agliconas nos grãos de soja.

A radiação, por promover desdobramento das moléculas protéicas, as torna mais sensíveis aos outros fatores físico-químicos, tais como mudanças de pH, hidrofobicidade e outros fatores. Além disso, a radiação pode colaborar para a formação de ligações covalentes intermoleculares levando ao surgimento de dímeros, trímeros e outros. A irradiação de proteínas, em solução aquosa, tem sido estudada por causar mudanças químicas, alterações nas propriedades físico-químicas e nas estruturas primárias secundárias e terciárias das proteínas. Estas mudanças estão relacionadas com perda de atividade biológica além de poder interferir nas propriedades imunológicas após a irradiação (YANG et al., 2000).

Podem ocorrer conseqüências danosas quando as proteínas são submetidas à ação das espécies reativas do oxigênio (FLOYD; WEST; HENSLEY, 2001). Assim, quando proteínas são irradiadas, podem ocorrer alterações químicas como fragmentação, *cross-link*, agregação e oxidação por radicais oxigênicos gerados na radiólise da água. Estas mudanças dependem da natureza química e estado físico

das proteínas, além das condições de irradiação, como fonte, dose, temperatura e outros (MILLIGAN et al., 1993).

Vários fatores interferem na obtenção do efeito final da irradiação de proteínas, a saber: presença de oxigênio, tipo de fonte de radiação, dose e taxa de dose, temperatura de irradiação, tipo de solvente, presença de gases e radiomodificadores, estado físico, concentração e pH. Desta maneira, o efeito final da irradiação de proteínas pode ser diferente, qualitativa e quantitativamente, de acordo com as condições empregadas (PURANANANDA, 2002).

O aspecto sensorial dos grãos também pode ser afetado pelo tratamento de irradiação. A análise sensorial de feijão preto cultivar Diamante Negro (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando teste de ADQ (Análise Descritiva Quantitativa) mostrou que a irradiação altera o brilho dos grãos, deixando-os mais brilhantes que o controle, não altera o odor, mas sim o sabor, diminuindo o sabor atípico e amargo, pois diminui a quantidade de taninos presentes. Para a textura também foi constatada alteração, sendo os grãos irradiados os que foram considerados menos secos, já que ocorrem alterações nos carboidratos (MOURA et al., 2005).

A textura e retenção de água têm alteração com o emprego da irradiação, pois ocorre a degradação do amido diminuindo o grau de polimerização da amilose e da amilopectina (KÖBER et al., 2007). Dessa forma ocorre também a diminuição de viscosidade do amido (ROMBO; TAYLOR; MINNAAR, 2001).

2.7 Análise sensorial em alimentos

As características sensoriais dos alimentos têm sido muito valorizadas nas últimas décadas, pois determinam a aceitabilidade do produto no mercado consumidor, e, portanto sua viabilidade econômica.

Segundo o IFT (*Institute of Food Technology*) a análise sensorial pode ser definida como sendo “uma disciplina científica, usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidos pelos sentidos: olfato, gosto, tato e audição” (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 1981; ABNT, 1993)

Os instrumentos da análise sensorial são os sentidos do homem, a palavra *sensus* provém do latim e significa “sentido”. A análise sensorial é uma técnica de medição tão importante quanto os métodos físicos, químicos e microbiológicos.

Simpson, Piggott e Williams (1995) citaram que dentre as aplicações mais freqüentes da análise sensorial tem-se: melhoramento e desenvolvimento de produtos, avaliação de processos, controle de qualidade, avaliação da estabilidade no armazenamento, estudos de aceitabilidade ou preferência do consumidor e correlação com medidas instrumentais.

Todos os testes devem ser realizados em locais tranquilos, onde o provador fique livre de distúrbios e seja capaz de se concentrar. O provador precisa saber o que é percebido com o mínimo de interpretação subjetiva, de modo que os resultados possam ser relacionados significativamente com as medições mecânicas e instrumentais, e com as pesquisas de mercado. Necessita, portanto, de condições especiais para fazer com que o degustador não julgue o produto com interpretações pessoais, mas o avalie o mais subjetivamente possível (DUTCOSKY, 1996).

Segundo Gillette (1984), a análise descritiva é um eficiente método de avaliação sensorial de um produto, utilizado para descrever e quantificar atributos sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura.

As análises descritivas quantitativas são provas sensoriais de grande interesse, pois permitem analisar e quantificar os diferentes atributos que configuram a qualidade sensorial de um alimento. Sua utilidade e aplicabilidade para solucionar diversos problemas associados ao controle de qualidade, desenvolvimento de novos produtos ou análise das preferências do consumidor, faz com que seu uso seja cada vez mais freqüente (DAMÁSIO; COSTELL, 1991).

A descrição de um produto em escalas obtidas através do vocabulário espontâneo de um grupo de provadores é relevante para se qualificar e quantificar os atributos de um produto. O método de análise de perfil dos alimentos apresenta duas vantagens: permite o desenvolvimento de vocabulário próprio dos provadores que melhor descreve o produto e ainda avalia a intensidade de cada atributo (HARPER, 1984).

A técnica foi descrita por Willians e Langron (1984) utilizada como solução para o problema de confusão semântica. Essa técnica permite aos provadores desenvolverem seu próprio vocabulário sobre sua percepção sensorial e usar escala apropriada (fraco-forte), porém necessita de provadores objetivos, capazes de usar escalas de intensidade e de desenvolver lista de atributos com vocabulário consistente.

A metodologia descritiva é uma ferramenta avançada de introspecção para percepção de atributos pelos provadores, sendo relativamente barata e de fácil aplicação (JACK; PIGGOTT, 1991). O desenvolvimento da análise de perfil em alimentos tem superado muitas dificuldades encontradas na análise descritiva convencional, pois os provadores não diferem no seu modo de percepção das características sensoriais, mas no seu modo de descrevê-las (LANGRON; TATINI, 1983).

Para a definição dos termos descritivos das características de um produto, Damásio e Costell (1991), sugerem os seguintes métodos: discussão aberta com o líder, onde os provadores sugerem os termos mais adequados para descrição dos atributos; descrição entrecruzada em que se definem os termos através de comparações com amostras de referência; associação controlada onde os provadores confeccionam uma lista de termos associando as características ou atributos do produto e uma lista prévia com termos descritivos, selecionando apenas os mais expressivos.

A aparência refere-se às propriedades visíveis como o aspecto, cor, transparência, brilho, opacidade, forma, tamanho, consistência, espessura, grau de efervescência ou carbonatação e as características da superfície do produto. A cor pode ser modificada em função da luz do local de avaliação, portanto, este atributo deve ser medido com iluminação adequada, como nas cabines especiais com controle visual de cores (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

O odor é percebido pelo órgão do olfato quando substâncias voláteis são aspiradas. O aroma é percebido via retronasal durante a degustação. Para analisar o odor do produto, o provador deve aproximar a amostra da narina e dar cheiradas curtas, evitando o cansaço olfativo. Para amenizar o cansaço olfativo, pode-se a pele do próprio punho ou outro aroma que neutralize o anterior (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Outro atributo importante a ser avaliado é a textura. A textura pode ser definida como as propriedades reológicas e estruturais dos produtos, e, geralmente, é percebida por 3 ou 4 sentidos, como os receptores mecânicos, táteis, e os visuais e auditivos.

Essa avaliação relaciona-se com a sensibilidade térmica e cinestésica. Para avaliar a textura de uma amostra, o provador deve utilizar a pele da mão, face e/ou

boca. Quando avaliada pela boca, pode ser definida como sensação bucal (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

O sabor é percebido, principalmente, pelos sentidos do gosto e olfato, e é influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e/ou cinestésicos. Para avaliá-lo o provador deve ingerir certa quantidade da amostra, sem excessos, e degluti-la ou desprezá-la após percepção do sabor. Entre uma amostra e outra é aconselhável lavar a cavidade bucal com água filtrada, ou a neutralização do paladar com o produto adequado, como, por exemplo, maçã ou biscoito do tipo *cream craker*. O provador deve evitar a ingestão de produtos com gostos fortes por, pelo menos, 30 minutos antes do teste, e não deve apresentar nenhuma indisposição no organismo (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Mori (1992) cita que os métodos mais freqüentemente utilizados para selecionar e treinar degustadores são: testes de sensibilidade para determinar o reconhecimento dos gostos básicos (doce, ácido, salgado e amargo); testes de diferença para determinar habilidade em detectar variações específicas do produto-teste e fornecer resultados reprodutíveis; testes descritivos para determinar habilidade de medir diferentes atributos além de fornecer resultados reprodutíveis.

Para a formação da equipe de provadores, o requerimento básico é o treinamento, para que seja possível obter uma equipe com habilidade para descrever e perceber as características do produto, assim como, discutir e definir os termos que melhor o descrevem (LYON et al., 1992).

Considerando que o instrumento de medida é o ser humano, faz-se necessário o treinamento para que haja uma linguagem comum. Os termos definidos pela equipe de provadores devem ser agrupados com a supervisão de um coordenador. Podem se utilizar escalas de 0 a 5 ou 0 a 10 pontos, onde os provadores situam sua avaliação. (HARPER, 1984). Para se caracterizar um produto, não existe número mínimo e máximo de termos que serão utilizados na avaliação, porém, é importante que todos os termos propostos pela equipe durante o treinamento sejam considerados.

Testes descritivos necessitam de provadores treinados que sejam capazes de detectar, descrever e quantificar características sensoriais do alimento através de termos definidos pela própria equipe no treinamento (LYON et al., 1992). Essa técnica requer um painel de 5 – 10 provadores treinados, que estejam familiarizados com as características sensoriais do produto (GILLETTE, 1984).

3 OBJETIVOS

Devido a importância da soja e com o intuito de aumentar a sua conservação no período de armazenamento a pesquisa teve por objetivo irradiar 2 cultivares de grãos de soja (cultivar BRS 213 e cultivar Embrapa 48) desenvolvidos pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e analisar as possíveis alterações nutricionais e sensoriais promovidas por diferentes doses de irradiação (0, 2, 4 e 8 kGy) nos grãos de soja.

Foram realizadas análises do perfil de ácidos graxos, dos compostos fenólicos presentes em maior quantidade nos grãos de soja (isoflavonas) e da atividade antioxidante dos grãos.

Foi realizada análise de complexação protéica entre polifenóis-proteínas e através de um ensaio biológico com animais foi feita a verificação da utilização protéica. Um ensaio com insetos foi feito para determinação de possível quebra de resistência do grão.

Para avaliar as possíveis alterações sensoriais foi realizada uma Análise Quantitativa Descritiva.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, e no laboratório de Radioentomologia e Irradiação de Alimentos (LIARE) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, ambos em Piracicaba.

4.1 Matéria-prima

Os cultivares utilizados no presente trabalho são produtos da EMBRAPA Soja – Londrina, ambos recomendados para o consumo humano.

O cultivar de soja BRS 213 é considerado próprio para o consumo humano por apresentar ausência das enzimas lipoxigenases, conferindo sabor mais suave aos grãos. Tem maturação precoce e deve ser semeado preferencialmente no início de novembro a meados de dezembro, em solos corrigidos e de boa fertilidade. É indicado para os Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Apresenta resistência ao cancro da haste, à mancha “olho-de-rã”, à podridão parda da haste e ao *Meloidogyne incógnita* (nematóide de galha), moderada resistência ao *Meloidogyne javanica* (nematóide de galha) e ao oídio, e é susceptível ao mosaico comum da soja e ao vírus da necrose da haste. É um cultivar apropriado para produção no sistema orgânico, apresenta boa resistência ao acamamento e boas características para alimentação humana. Tem genealogia do cruzamento BR94-23354 x BR94-23321, peso médio de 100 sementes de 16,5 gramas, altura da planta de 85 cm, a cor da flor é branca e a cor do hilo é amarela com pubescência cinza. O teor de proteína é 39,7% e teor de óleo 19,2% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2003).

O cultivar de soja Embrapa 48 faz parte do grupo de maturação semi-precoce e deve ser semeado a partir de 25 de outubro e durante o mês de novembro, em solo de média e alta fertilidade. A área indicada para semeadura é nos Estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo e sul do Estado do Mato Grosso do Sul. Não deve ser plantado antes de 25 de outubro nos locais quentes dos Estados do Paraná e São Paulo e no sul do Mato Grosso do Sul e possui boas características para alimentação humana. É um cultivar resistente à mancha “olho de rã” e a podridão

parda da haste; moderadamente resistente ao cancro da haste e a *M. javanica*; susceptível ao oídio e ao mosaico comum da soja. Possui alto potencial de rendimento comparado com cultivares de ciclo precoce, boa ramificação lateral, boa tolerância à seca. Tem como genealogia o cruzamento entre (Davis x Paraná) X (IAS 4 x BR-5). O peso médio de 100 sementes é de 15 gramas com cor da flor branca e cor do hilo marrom clara com pubescência cinza. A altura de planta é de 80 cm. Os grãos apresentam teor de proteína de 39,1% e de óleo de 21,4% (EMBRAPA, 2003).

4.2 Preparo das amostras

Os grãos crus foram tratados com raios gama, nas dosagens de 0, 2, 4 e 8 kGy, originados de um irradiador de Cobalto⁶⁰ (Irradiador Comercial Multipropósito, tipo compacto, com taxa de dose de 12 kGy/hora), no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), na cidade de São Paulo. As doses efetivamente recebidas pelo material foram de 2,09 a 3,02 nas amostras irradiadas com 2 kGy, de 3,50 a 5,08 nas irradiadas com 4 kGy e de 7,04 a 9,12 para as irradiadas com 8 kGy, medidas com dosímetro Amber Batch: P., espectrofotômetro Genesis – 20, lidas em 603nm e temperatura de 35 °C.

Após a irradiação, uma parte dos grãos inteiros foi utilizada para os testes de análise sensorial e ensaio com insetos, e a outra parte dividida para análise química dos grãos.

As amostras destinadas à realização das análises químicas nos grãos cozidos foram maceradas por 10 horas em água destilada na proporção 1:3, a água foi desprezada e adicionada água destilada na proporção 1:2. As amostras foram cozidas em autoclave à 121°C por 10 minutos, conforme metodologia sugerida por Molina, Fuente e Bressani (1975). Após o cozimento as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e liofilizadas em liofilizador com capacidade de 5 kg de gelo marca Modulyo. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.3 Perfil de Ácidos Graxos

Para determinação dos diferentes ácidos graxos, a extração dos lipídeos foi feita pelo método Bligh e Dyer (1959), e as amostras foram inicialmente saponificadas com hidróxido de sódio com metanol 0,5 M, e metiladas com solução

de cloreto de amônia, metanol e ácido sulfúrico, segundo Hartman e Lago (1973). Após a metilação foi adicionado hexano e as amostras ficaram sob agitação. Do sobrenadante foi retirada uma alíquota, ressuspensa em hexano para injeção no cromatógrafo a gás.

Na identificação e quantificação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás, injetor split, com coluna capilar DB-23 de sílica fundida de 60m de comprimento e 0,25mm de diâmetro interno, com detector de ionização de chama tendo o hélio como gás de arraste e fluxo de 1,5mL/minuto.

As condições cromatográficas foram as seguintes: temperatura do detector de 280°C, temperatura do injetor de 270°C, temperatura inicial da coluna de 130°C durante 1 minuto, temperatura final da coluna de 230°C (por 3 minutos), velocidade de aquecimento 2,75°C/min até 215°C (permanecendo nesta temperatura por 12 minutos) e de 40°C/min até atingir a temperatura final.

O método para a identificação dos ácidos graxos foi baseado no trabalho de Ratnayake et al. (1990), e através da utilização de padrões Sigma.

A quantificação foi realizada por normalização e as porcentagens de área transformadas em concentrações de mg/100 g de extrato etéreo.

4.4 Isoflavonas

Padrões de isoflavonas (daidzina, daidzeína, genistina, genisteína, glicitina e gliciteína - SIGMA) foram usados para identificar através do espectro de absorção cada composto e para quantificar estes compostos na soja, sendo os resultados expressos em µg de isoflavona/g de soja.

4.4.1 Extração das isoflavonas

As isoflavonas de soja foram extraídas de acordo com método descrito por Fukutake et al. (1996). Os grãos de soja foram triturados, peneirados e desengordurados com hexano. A suspensão foi centrifugada e o resíduo seco à temperatura ambiente.

As amostras da farinha desengordurada de soja foram submetidas à extração com solução de metanol 80%. Em seguida, foram centrifugadas e o sobrenadante foi utilizado para análise de isoflavonas por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR).

4.4.2 Determinação das isoflavonas

As análises dos extratos metanólicos de soja por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR) foram feitas de acordo com procedimento descrito por Esaki et al. (1999), onde os extratos foram injetados em cromatógrafo líquido equipado com arranjo de fotodiodos (SPD-M10 AVP, Shimadzu CO.) e coluna C18 SHIMADZU-5 μ m, 4,6mm.

As condições cromatográficas foram as seguintes: temperatura da coluna de 30°C, fluxo de 0,5mL/min. A fase móvel (solvente A) se constituiu de uma mistura água:ácido acético (19:1), enquanto o solvente B foi o metanol. O gradiente foi iniciado com 20% de solvente B, passando para 40% em 15min, subindo a 50% entre 15 e 55min, atingindo 80% em 95 min, decrescendo para 20% entre 95 e 105 min. A coluna foi reequilibrada com 20% de B por 15 min entre as corridas. As isoflavonas eluídas foram detectadas por absorvância a 254nm.

As concentrações de daidzina, genistina, daidzeína e genisteína foram calculadas por suas curvas-padrão. Glicitina e seus conjugados foram calculados pela curva padrão daidzina (BARNES; KIRK; COWARD, 1994; COWARD et al., 1998).

4.5 Atividade antioxidante

4.5.1 DPPH

A capacidade antioxidante dos extratos das diferentes cultivares de soja foi medida segundo método proposto por Brand-Williams; Cuvier e Berset (1995), utilizando 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). A atividade antioxidante foi expressa como porcentagem de inibição: % atividade antioxidante = (Abs do controle - Abs da amostra)*100/Abs do controle.

A absorvância foi medida a 517nm (SINGH; MURTH; JAYAPRAKASHA, 2002).

O método do DPPH baseia-se na reação entre o antioxidante com o reagente DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) que se converte em sua forma reduzida (1,1-difenil-2-picrilhidrazina). Nesta reação, a solução metanólica de DPPH, inicialmente de coloração violeta, torna-se amarelada e o grau de descoloramento indica a habilidade do antioxidante em seqüestrar o radical livre (ABDILLE et al., 2005).

Ocorre a redução do radical pela abstração do hidrogênio pelo antioxidante, ou seja, avalia-se a habilidade do antioxidante em doar hidrogênio.

4.5.2 ABTS

Foi utilizado o procedimento TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*) descrito por Berg et al. (1999) e Re et al. (1999) que usa a determinação dos valores de TEAC com algumas modificações.

O princípio do método do ABTS é o monitoramento do decaimento do radical ABTS, produzido pela reação de oxidação do 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico – ABTS), causada pela adição de uma amostra contendo compostos antioxidantes (CAMPOS; LISSI, 1997).

Foram preparadas soluções de Trolox (Sigma-Aldrich 238813) e dos grãos de soja com etanol. Dez microlitros de cada solução foram adicionados a 990 µl de solução de ABTS* e a absorbância foi medida de 1 em 1 minuto até 6 minutos, sendo comparada com o branco que foi composto por 10µl de solvente (no caso, etanol adicionado a 990µl de solução ABTS*). A redução da absorbância após 5 minutos foi determinada.

A TEAC foi calculada em relação a solução de Trolox (ARTS et al., 2004). A solução estoque de Trolox foi diluída em 5 pontos (2,5 µM (1:799); 5 µM (1:399); 10 µM (1:199); 15 µM (1:132)) e a curva padrão foi preparada.

4.6 Quantificação de polifenóis totais, livres e ligados a proteínas

4.6.1 Separação dos polifenóis ligados a proteínas

O conteúdo de polifenóis totais foi determinado após extração com NaOH e centrifugação por 15 minutos com posterior leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 328nm. Para determinação dos polifenóis livres foi realizada a extração e posterior mistura de solução de albumina bovina e precipitação de proteínas com 5% de ácido tricloroacético, centrifugação e leitura. O polifenol ligado foi obtido por diferença (CARBONARO et al., 2000).

4.7 Análise sensorial

Os indivíduos que participaram da análise sensorial foram alunos e funcionários da ESALQ, de 18 a 50 anos, consumidores de soja. Foram utilizados métodos analíticos de diferenciação para seleção de provadores; a seleção foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, com a utilização de computadores e o programa especializado em análise sensorial COMPUSENSE FIVE (1998), em cabines individuais, com utilização de luz branca, longe de ruídos e odores. Foi pedido aos provadores que não engolissem as amostras e lavassem a boca com água entre as provas. A seleção se deu através de duas fases com 14 provadores:

4.7.1 Teste de reconhecimento de gostos básicos

Utilizou-se como materiais soluções quimicamente puras de gostos básicos: doce (2,0% sacarose), ácido (0,07% ácido cítrico), salgado (0,2% cloreto de sódio) e amargo (0,07% cafeína). Essas soluções foram oferecidas aos provadores em copos plásticos descartáveis arranjados aleatoriamente em bandejas. O reconhecimento dos gostos básicos foi conduzido em sala com temperatura controlada, estando cada um dos provadores individualmente isolados em cabines apropriadas. Cada cabine continha bandejas com as amostras, computadores para preenchimento das fichas de avaliação (Figura 2), copo com água para limpeza da boca entre as avaliações e cuspeira.

Por favor, prove as amostras e identifique os sabores básicos (ácido, doce, amargo e salgado).

- 1- Qual das amostras têm sabor amargo?
- 2- Qual das amostras têm sabor azedo?
- 3 – Qual das amostras têm sabor doce?
- 4 – Qual das amostras têm sabor salgado?

Figura 2 – modelo de ficha de avaliação usada na 1ª fase da seleção de provadores

4.7.2 Teste de sensibilidade para gosto salgado

Empregando-se o teste triangular (HELM; TROLLE, 1946; GARRUTI, 1976; ABNT, 1993) com soluções quimicamente puras em diferentes concentrações de cloreto de sódio (0,75g/L e 1,5g/L), foi realizada uma seção de teste, que foi conduzido nas mesmas condições descritas para o teste de reconhecimento de sabores.

A Figura 3 apresenta o modelo de Ficha para este teste.

Você está recebendo três amostras. Duas são iguais e uma é diferente, identifique qual delas é a amostra diferente.

Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita, lave a boca entre uma amostra e outra. Não engolir as amostras.

Figura 3 – Modelo da ficha de avaliação usada na 2ª fase para Seleção de Provedores

4.7.3 Treinamento dos provedores

A fase de treinamento da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi realizada desenvolvendo-se terminologia descritiva na identificação dos atributos sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura, e de familiarizar os provedores com a escala de categoria não estruturada, a ser utilizada para a medida da intensidade de cada atributo.

4.7.4 Desenvolvimento de terminologia descritiva

Foram oferecidas aos membros da equipe amostras de soja com dois tratamentos: sem irradiação e irradiada com 8 kGy com o objetivo de fornecer o maior número possível de atributos ao produto. As amostras foram cozidas em autoclave, conservadas à temperatura de 55°C em banho-maria, os recipientes cobertos com filme plástico e oferecidas aos provedores em pratos de porcelana branco, juntamente com talheres de inox. Os provedores receberam uma ficha na qual foram solicitados a descrever suas impressões em relação à: aparência, aroma, sabor e textura (Figura 4).

Provar uma amostra de cada vez, não engolir as amostras e beber água entre uma amostra e outra.
Prove a amostra e a descreva com relação à APARÊNCIA.
Prove a amostra e a descreva com relação ao AROMA.
Prove a amostra e a descreva com relação ao SABOR.
Prove a amostra e a descreva com relação à TEXTURA.

Figura 4 – Ficha para levantamento de termos descritivos

Deste teste foi coletada uma lista de atributos referentes às características das amostras. Nas sessões seguintes, sob a supervisão do coordenador, o grupo discutiu os termos que seriam utilizados na ficha de avaliação. Desta forma alguns termos foram eliminados, outros substituídos, tornando-se possível agrupá-los, formando um conjunto para as amostras, sendo: 9 atributos para aparência, 2 para aroma, 4 para sabor e 3 para textura.

Após a definição dos atributos foi apresentada à equipe de provadores uma lista de definições dos termos descritivos (Figura 5).

APARÊNCIA:

Característica: Refere-se em caracterizar a amostra quanto à aparência característica de soja variando de pouco a muito – característica de soja, tamanho de feijão, aparência de feijão branco, feijão bem novo, feijão, ovalado.

Cor: Refere-se às tonalidades e pigmentação dos grãos variando de bege a marrom - escura, mais escura, marrom, clara.

Tamanho uniforme: Refere-se em quantificar a dimensão dos grãos de soja variando de pouco a muito – grãos uniformes, grãos maiores, tamanhos semelhantes.

Íntegro: Refere-se em caracterizar a amostra quanto à presença de grãos não-íntegros, variando de pouco a muito – uniforme, íntegro, boa aparência, normal, inteira, desuniforme, homogênea, firme.

Cozido: Refere-se em caracterizar a amostra quanto ao aspecto cozimento, variando de pouco a muito – ainda cru, cozida, grãos frescos, úmidas, firme.

Presença de manchas: refere-se em quantificar os grãos quanto a presença de manchas, variando de pouco a muito - presença de manchas, pontos escuros no grão, manchinhas marrons, sem pontos escuros, sem manchas.

Brilhante: Grãos com aparência brilhante após o cozimento, variando de pouco a muito – brilhosos, opacos, brilhantes.

Cascas soltas: Refere-se em quantificar na amostra as cascas soltas do grãos após o cozimento, variando de pouca a muita – cascas mais soltas, grãos descascados, grãos com películas descoladas.

Superfície lisa: Refere-se em caracterizar os grãos com relação à superfície do grão, variando de pouco a muito lisa - casca lisa, alguns grãos com saliência, presença de verrugas.

ODOR:

Característico: Refere-se em caracterizar a amostra quanto ao aroma característico de soja cozida variando de pouco a muito característico – parecido com feijão, característico de soja, carne de soja.

Estranho: Grãos com odor diferente, descaracterizado após cozimento, variando de pouco a muito estranho – um pouco ácido, pão torrado, torrada tipo bauducco, pão assado, lembrando pinhão, amadeirado, semelhante à castanha cozida, terra, terra molhada, terra com fumaça, grãos torrados e temperados.

SABOR:

Característico: Refere-se em caracterizar a amostra quanto ao sabor característico de soja cozida variando de pouco a muito característico – característico de soja, parecido com feijão, sabor de feijão, semelhante ao de feijão, soja doce, sabor de cozido.

Amargo: Refere-se o quanto o sabor da amostra de soja cozida é amargo variando de pouco a muito amargo – levemente amargo, amargo.

Estranho: Refere-se aos sabores não definidos; diferentes de soja cozida, variando de pouco a muito estranho – amadeirado, semelhante à ração, lembra terra, pão de forma, pão torrado, ácido, torrado.

Gorduroso: Refere-se o quanto o sabor da amostra de soja cozida é gorduroso variando de pouco a muito gorduroso – gordura, rançado, não rançado, ranço.

TEXTURA:

Presença de cascas: Refere-se em caracterizar a amostra quanto ao sentir a presença de cascas durante cisalhamento do grão, variando de pouco a muito – presença de casca, não percebe a casca.

Firme: Refere-se em caracterizar a amostra quanto a sua consistência variando de pouca a muita firmeza – firme, mais consistente, grãos duros, resistência ao cisalhamento dos dentes, levemente duro, molinha, mole, suave, quebradiço, crocante.

Uniforme: Refere-se em caracterizar a amostra quanto à uniformidade dos grãos cozidos, variando de pouco a muito uniforme – homogêneo, uniforme, heterogêneo, desuniforme.

Figura 5 – Lista de definições dos termos descritivos para os atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos feijões irradiados com doses de 0 e 8 kGy

Para medir a intensidade de cada atributo da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), foi utilizada uma escala estruturada de 0 a 10 cm (STONE et al., 1974), ancorada nas extremidades com os termos “pouco e muito”, “bege e marrom” apresentada na Figura 6.

ANÁLISE SENSORIAL DE GRÃOS DE SOJA		
Nome:	data ___/___/___	
<p>Leia atentamente os atributos que serão classificados abaixo e marque na reta o ponto da escala que melhor quantifica a intensidade de cada um deles.</p>		
APARÊNCIA		
Cor	_____	_____
	Bege	Marrom
Característico	_____	_____
	Pouco	Muito
Presença de manchas	_____	_____
	Pouco	Muito
Superfície lisa	_____	_____
	Pouco	Muito
Brilhante	_____	_____
	Pouco	Muito
Cascas soltas	_____	_____
	Pouco	Muito
Tamanho uniforme	_____	_____
	Pouco	Muito
Cozido	_____	_____
	Pouco	Muito
Íntegro	_____	_____
	Pouco	Muito
ODOR		
Característico	_____	_____
	Pouco	Muito
Estranho	_____	_____
	Pouco	Muito
SABOR		
Característico	_____	_____
	Pouco	Muito
Estranho	_____	_____
	Pouco	Muito
Amargo	_____	_____
	Pouco	Muito
TEXTURA		
Presença de cascas	_____	_____
	Pouco	Muito
Firme	_____	_____
	Pouco	Muito
Uniforme	_____	_____
	Pouco	Muito

Figura 6 - Ficha da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) utilizada pelos provadores nos testes sensoriais dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

As amostras foram preparadas com 2% de cloreto de sódio, conservadas em banho-maria a 60°C cobertas com filme plástico durante a realização dos testes, oferecidas aos provadores em pratos de porcelana branco, juntamente com talheres de inox.

Dez provadores treinados, sendo 8 mulheres e 2 homens, participaram da ADQ. Cada provador recebeu 4 amostras de soja por teste (0, 2, 4 e 8 kGy) tendo sido realizado um total de 3 testes (3 repetições para cada amostra).

4.8 Ensaio com insetos

Foi realizado ensaio com as espécies *Lasioderma serricorne* e *Plodia interpunctella* seguindo metodologia descrita em Zanao et al. (2009), através de dois testes. No primeiro houve acondicionamento dos grãos previamente embalados e irradiados em caixas com posterior infestação, para verificação de possível quebra de resistência. No segundo os grãos foram primeiro infestados e posteriormente irradiados, para verificação do potencial de desinfestação da irradiação.

A espécie *Lasioderma* se desenvolveu com substrato de farinha de trigo, levedura de cerveja e gérmen de trigo na proporção de 1:3:5, e a para a espécie *Plodia* foi adicionado glucose de milho ao substrato.

Os ensaios foram realizados com 30g de grãos de soja e 10 insetos adultos para a espécie *Lasioderma*, e 10 larvas para a espécie *Plodia*, por tratamento, tendo sido realizado em quadruplicata.

As contagens dos adultos e das gerações subseqüentes foram realizadas 30 dias após instalação do experimento.

4.9 Ensaio biológico

As dietas foram preparadas de acordo com o proposto por AIN-93 (REEVES; NIELSEN; FAHEY, 1993), padronizadas com relação à quantidade de proteína (10%), lipídeos (8%) e demais componentes: 10% de sacarose, 3,5% de mistura mineral, 1% de mistura vitamínica, 0,3% de L-Cystine, 0,25% de Bitartarato de colina e 0,0014% de Tertbutil.

Como dieta padrão foi utilizada a caseína com adição de 0,3% de metionina a fim de corrigir a proteína consumida e eliminada. Foi também realizada uma dieta

aprotéica, para cálculo da digestibilidade, NPU (Net protein Utilization) e VB (valor biológico).

A formulação da dieta foi analisada quanto a sua composição centesimal segundo metodologia AOAC (1995).

4.9.1 Animais

O ensaio se deu com ratos machos, *Rattus norvegicus* variedade *albinus*, linhagem Wistar (21 a 23 dias com peso entre 45 e 60g), mantidos em gaiolas individuais e recebendo água e ração “ad libitum”, mantidos à temperatura e umidade constantes, com 6 animais por tratamento (como mostram as fotos 1 e 2 abaixo). O peso dos animais, o consumo de alimentos e as fezes excretadas foram registrados 3 vezes por semana, durante os 28 dias do experimento.

No 28º dia de experimento os animais foram sacrificados após jejum de 12 horas, as cavidades abdominal, torácica e craniana foram abertas e secas em estufa à 105°C, até peso constante. Os animais foram moídos e o nitrogênio das carcaças e das fezes determinado segundo nitrogênio total (AOAC, 1995).

4.9.2 Índices biológicos para avaliação protéica

Os índices biológicos que foram avaliados são: digestibilidade, utilização protéica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão da eficiência protéica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA). Suas fórmulas se encontram a seguir:

PER = ganho de peso/proteína ingerida

CEA= ganho de peso/ consumo total de ração

DIGESTIBILIDADE = $\frac{\text{proteína ingerida} - (\text{proteína excretada} - \text{proteína excretada dieta aprotéica})}{\text{proteína ingerida}} \times 100$

NPU = $\frac{\text{proteína carcaça} - (\text{proteína carcaça} - \text{proteína carcaça aprotéica})}{\text{proteína ingerida}} \times 100$

VB = $(\text{NPU}/\text{DIGESTIBILIDADE}) \times 100$

Foi utilizada uma dieta padrão de caseína, e uma dieta aprotéica para cálculo de digestibilidade, NPU (“Net Protein Utilization”) e VB (Valor Biológico).



Figura 7 – Fotografia das gaiolas do ensaio biológico



Figura 8 – Fotografia com detalhe das gaiolas individuais do ensaio biológico, com a cobaia, o comedouro e bebedouro

4.10 Delineamento estatístico

4.10.1 Delineamento estatístico das análises químicas, ensaio biológico e ensaio com insetos

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, sendo que nas análises químicas foram realizadas três repetições por tratamento. Para o ensaio com insetos foram realizadas quatro repetições por tratamento, e para o ensaio biológico seis repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e a comparação das médias obtidas nos diferentes tratamentos analisada segundo teste de Tukey ($p < 0,05$) (PIMENTEL-GOMES, 1982), com utilização do programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1996).

4.10.2 Delineamento estatístico para análise sensorial descritiva quantitativa

O delineamento experimental para a análise sensorial foi em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x2, referentes a 4 níveis de doses de irradiação (0; 2; 4 e 8 kGy) e 2 cultivares, com 3 repetições por tratamento.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e quando o valor de F foi significativo ao nível de 5%, a análise estatística teve continuidade através do teste de Tukey.

As análises foram realizadas utilizando-se o programa específico para Análise Sensorial COMPUSENSE FIVE release 3.0 (1998).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises são apresentados nas tabelas de 1 a 31, bem como nos Gráficos de 1 a 16.

5.1 Perfil de ácidos graxos

Os resultados encontrados para os dois cultivares analisados com relação ao perfil de ácidos graxos se encontram no Gráfico 1, a seguir.

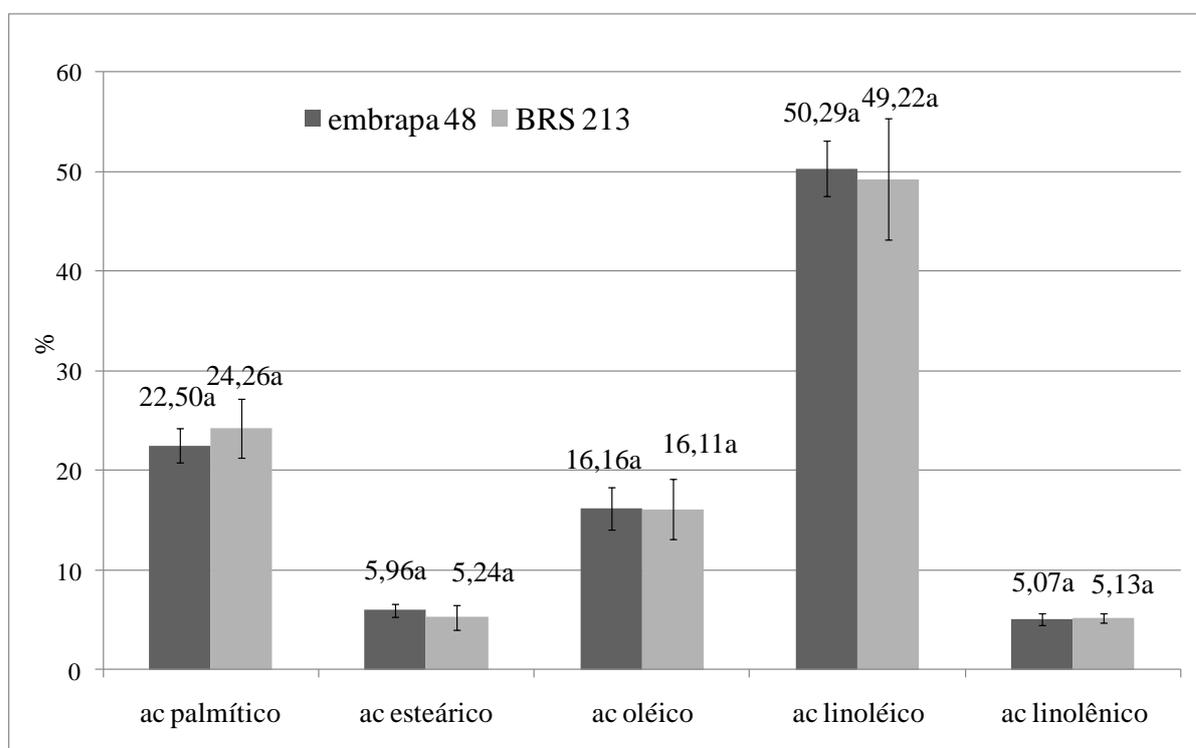


Gráfico 1 – Porcentagem de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico) encontrados nos dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213)

Como é possível observar pelo Gráfico 1, não houve diferença significativa entre os dois cultivares estudados com relação à porcentagem de ácidos graxos presentes.

Teixeira et al. (1985), estudando a variação do perfil lipídico de algumas variedades de grãos de soja brasileiros (Santa Rosa, Paraná e Davis) encontraram valores de ácido graxo palmítico que variaram de 26,14 a 13,88%, esteárico de 9,74 a 5,03% , oléico de 31,78 a 13,19% , linoléico de 42,30 a 28,81% e de 20,10 a

6,35% para o linolênico. Nos dois cultivares estudados (Gráfico 1) os teores de ácido graxo palmítico, esteárico, oléico e linoléico concordam com os valores encontrados pelos autores, somente os valores do ácido graxo linolênico foram menores.

Alguns autores relataram que variações de temperatura no período que antecede a maturação dos grãos de soja exercem maior influência sobre o acúmulo de óleo do que as ocorridas em outros períodos (HAMMOND et al., 2005). Considerando todo o período de desenvolvimento, os autores observaram diminuição dos teores dos ácidos palmítico e linolênico e aumento de ácidos oléico e linoléico, ficando o esteárico praticamente constante. Segundo Rubel, Rinn e Canvin (1972), essas variações ocorrem devido à síntese de ácidos graxos insaturados a partir dos ácidos graxos saturados correspondentes.

Entre os fatores que podem alterar os teores de óleo e proteína, estão a forma de plantio (plantio direto ou convencional), a inoculação com bactéria simbiote fixadora de nitrogênio, a acidez do solo e precipitação durante o período de enchimento de grãos (PÍPOLO, 2002).

Dornbos e Mullen (1992) constataram ainda que a região geográfica seja um dos fatores que alteram as concentrações de óleo e proteína dos grãos, ocorrendo variação dessa concentração com estresse hídrico, aumentando a concentração de proteína e diminuindo a de óleo com aumento da duração do estresse.

Os resultados encontrados para os teores de ácidos graxos em relação as doses de radiação estudadas são apresentados no Gráfico 2.

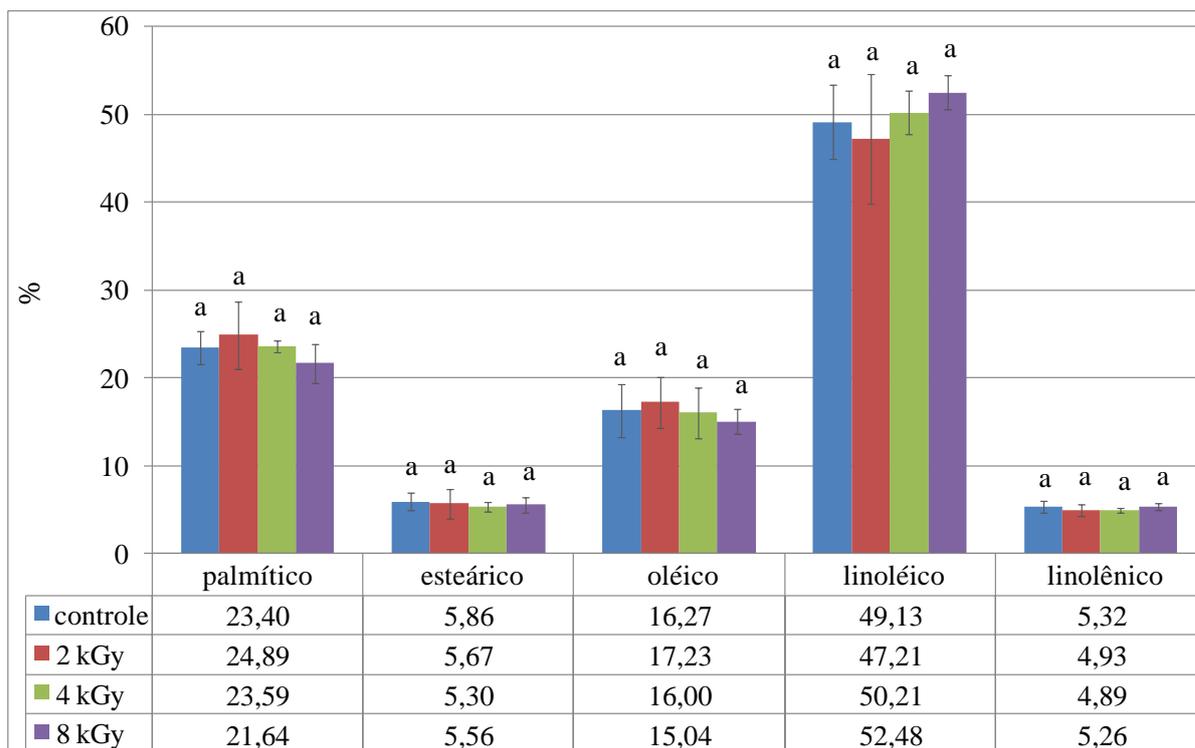


Gráfico 2 – Porcentagem de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico) encontrados nas doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy)

De acordo com o Gráfico 2, observa-se que não houve diferença significativa para nenhum dos tratamentos com aplicação de diferentes doses de irradiação, embora as amostras irradiadas tenham obtido porcentagens maiores nos ácidos palmítico e oléico com dose de 2kGy, linoléico na dose de 4 e 8 kGy. Para os ácidos esteárico e linolênico, todas as amostras irradiadas obtiveram menor porcentagem que o controle, mas também não apresentaram essa diferença significativa.

Tango et al. (1983), estudando o teor e as características do óleo de diversas cultivares de soja provenientes de quatro regiões brasileiras, verificaram que o conteúdo de óleo e a composição em ácidos graxos variaram significativamente em função da cultivar e do local de plantio.

Os resultados para cada cultivar estudado se encontram a seguir, nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Porcentagem de ácidos graxos (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy

Porcentagem Ácidos graxos	Dose			
	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
C 16:0 (ác palmítico)	22,77 ± 1,0 ^{1 ab 2}	23,62 ± 0,4 ^a	23,50 ± 0,2 ^a	20,17 ± 1,9 ^b
C 18:0 (ác esteárico)	6,33 ± 0,8 ^a	5,74 ± 0,1 ^a	5,42 ± 0,7 ^a	6,34 ± 0,2 ^a
C18:1cis (ác oléico)	17,13 ± 0,5 ^a	15,40 ± 0,9 ^a	17,11 ± 3,7 ^a	14,98 ± 2,2 ^a
C18:2cis (ác linoléico)	48,41 ± 3,0 ^a	50,39 ± 0,4 ^a	49,24 ± 2,8 ^a	53,13 ± 2,7 ^a
C18:3cis (ác linolênico)	5,38 ± 0,7 ^a	4,83 ± 0,9 ^a	4,71 ± 0,2 ^a	5,39 ± 0,3 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

O tratamento de irradiação com dose de 8kGy reduziu a porcentagem de ácido graxo palmítico em relação o tratamento com 2 e 4 kGy. Para os demais ácidos graxos (esteárico, oléico, linoléico e linolênico) não houve diferença entre as amostras estudadas para o cultivar Embrapa 48.

A seguir, os resultados da análise de perfil de ácidos graxos para o cultivar BRS 213 (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de ácidos graxos (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy

Porcentagem Ácidos graxos	Dose			
	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
C 16:0 (ác palmítico)	24,06 ± 2,5 ^{1 a2}	26,16 ± 5,6 ^a	23,67 ± 1,0 ^a	23,12 ± 1,3 ^a
C 18:0 (ác esteárico)	5,39 ± 1,1 ^a	5,60 ± 2,6 ^a	5,17 ± 0,2 ^a	4,77 ± 0,2 ^a
C18:1cis (ác oléico)	15,41 ± 4,4 ^a	19,05 ± 3,1 ^a	14,88 ± 1,9 ^a	15,09 ± 0,0 ^a
C18:2cis (ác linoléico)	49,85 ± 5,9 ^a	44,03 ± 10,4 ^a	51,17 ± 2,3 ^a	51,83 ± 1,2 ^a
C18:3cis (ác linolênico)	5,26 ± 0,9 ^a	5,02 ± 0,3 ^a	5,07 ± 0,2 ^a	5,15 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Com relação ao cultivar BRS 213, é possível através dos dados da Tabela 3 notar que o tratamento de irradiação não alterou nenhum ácido graxo quantificado.

5.2 Isoflavonas

As concentrações ($\mu\text{g/g}$ de amostra) das frações de isoflavonas glicosídeas (daidzina, genistina, glicitina) e agliconas (daidzeína, genisteína, gliciteína) dos dois cultivares estudados estão apresentados no Gráfico 3.

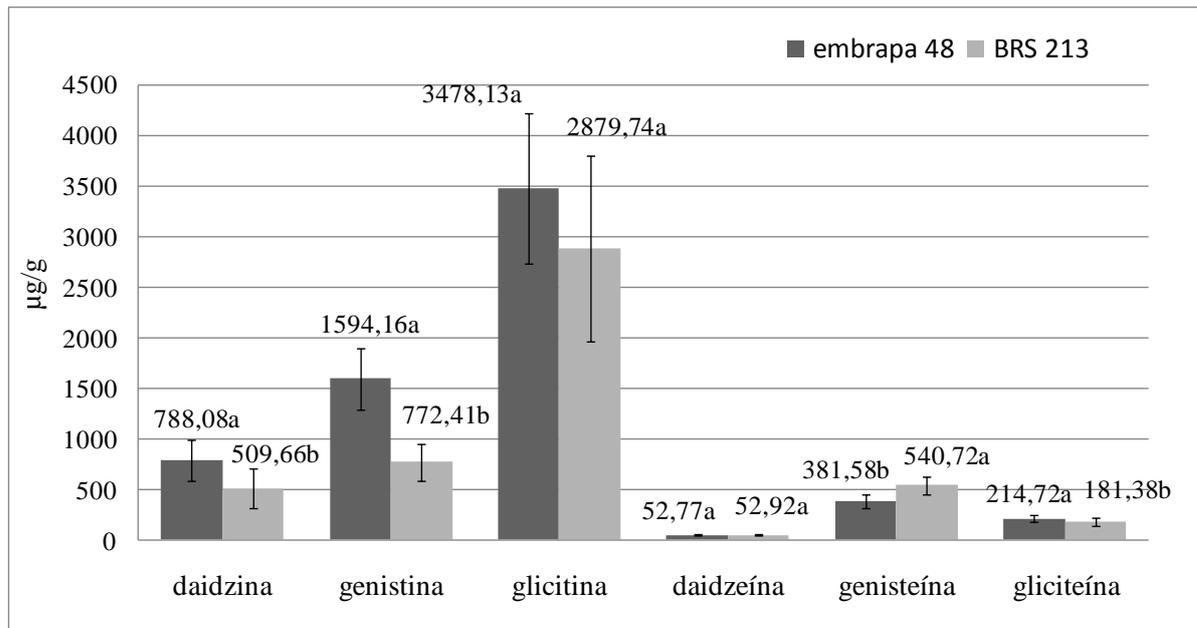


Gráfico 3 – Quantidade de isoflavonas (daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína) em $\mu\text{g/g}$ de amostra nos dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213)

Como se pode observar pelo Gráfico 3, somente para glicitina (3478,13 e 2879,74 $\mu\text{g/g}$) e daidzeína (52,77 e 52,92 $\mu\text{g/g}$) não houve diferença significativa entre os dois cultivares. Genisteína foi a única isoflavona que o cultivar BRS 213 apresentou em quantidade maior que o Embrapa 48 (540,72 $\mu\text{g/g}$).

Park et al. (2001) analisaram diferentes cultivares de soja da mesma região brasileira e observaram variação significativa na concentração de isoflavonas entre as mesmas. Os autores encontraram valores de daidzina que variaram de 118,4 a 749,4 $\mu\text{g/g}$, 16,1 a 130,4 $\mu\text{g/g}$ de glicitina, 245,0 a 1286,2 $\mu\text{g/g}$ de genistina, 5,1 a 59,3 $\mu\text{g/g}$ de daidzeína e 13,9 a 60,4 $\mu\text{g/g}$ de genisteína. Tais valores encontrados pelos autores somente concordam com os valores encontrados para daidzina e daidzeína (Gráfico 3). Para as demais isoflavonas os dois cultivares estudados apresentaram valores bem maiores que os encontrados pelos autores.

O fato dos grãos apresentarem maiores quantidades de isoflavonas glicosiladas pode ser devido às frações malonil-glicosil isoflavonas serem

termolábeis e se converterem em suas glicosil-isoflavonas quando expostas à altas temperaturas (KUDOU et al., 1991). Num estudo sobre a quantificação de isoflavonas em produtos comerciais de soja, Góes-Favoni et al. (2004) mostrou que o teor de malonil-glicosídeos em dois tipos de farinha cozidas (77,8 e 81,5mg/100g) foi menor do que o encontrado na farinha crua (147,7mg/100g), enquanto o teor de agliconas e glicosídeos foi maior. Como todos os grãos do presente estudo foram cozidos, é provável que tenha havido tal transformação.

Ciabotti (2004) encontrou valores de 34,48µg/g, 11,2µg/g e 30,01µg/g para daidzina, glicitina e genistina respectivamente, em grãos de soja crus, valores esses bem menores que os apresentados (Gráfico 3), o que confere com a possível mudança das frações de isoflavonas acima mencionadas. Ávila et al. (2007) também encontraram menores quantidades dessas frações nos grãos estudados.

Com relação às frações agliconas, os valores encontrados (Gráfico 3), também foram superiores aos encontrados por Ciabotti (2004), que encontrou apenas valores de genisteína (1,22µg/g) em amostras de grãos de soja crus.

De acordo com Carrão-Panizzi et al. (1999), a concentração de isoflavonas nos grãos de soja é determinada geneticamente, mas pode sofrer variações devido a fatores ambientais, principalmente pela temperatura.

Os resultados do tratamento de irradiação (nas doses controle, 2, 4 e 8 kGy) com relação à quantidade de isoflavonas é apresentado no Gráfico 4.

Embora o tratamento com dose de 2 kGy tenha aumentado os valores para as isoflavonas glicosiladas, esse aumento não proporcionou diferença com relação ao controle. Já para as isoflavonas agliconas, as doses de 2 e 4 kGy tiveram quantidades menores que o controle, e as amostras irradiadas com 8 kGy quantidades maiores, mas novamente, as diferenças não foram significativas.

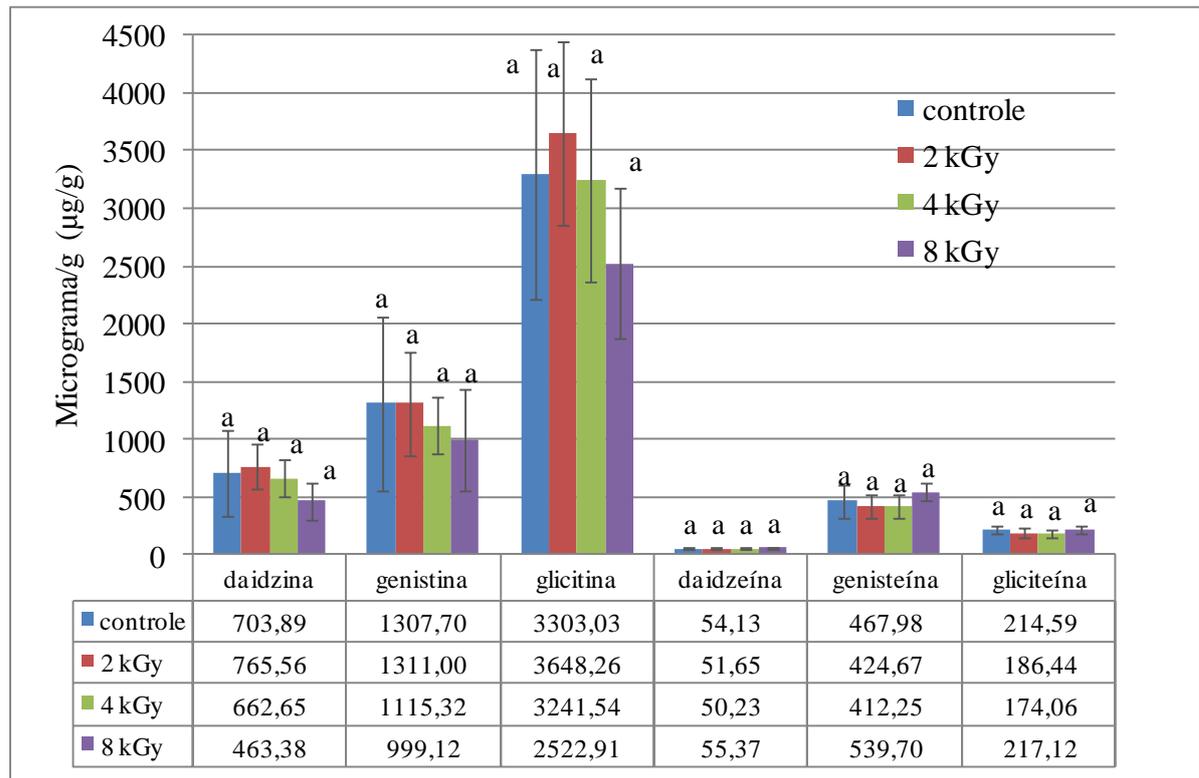


Gráfico 4 – Quantidade de isoflavonas (daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína) em $\mu\text{g/g}$ de amostra para as doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy)

Foi mostrado que a degradação de isoflavonas pode ocorrer em soja e seus produtos processados durante o armazenamento, resultando em mudanças na bioatividade das mesmas (BARNES; KIRK; COWARD et al., 1994).

A degradação através de processamentos térmicos (aquecer, assar, fritar, entre outros) também foi relatada, diminuindo as isoflavonas conjugadas e aumentando as isoflavonas livres (COWARD et al., 1998; WANG et al., 1998).

Também foi relatado que as isoflavonas livres são mais rapidamente e extensivamente absorvidas que as glicosídicas em seres humanos (IZUMI et al., 2000).

A falta de diferença significativa entre os tratamentos difere do que foi encontrado por Variyar, Limaye e Sharma (2004), que estudando a estabilidade das isoflavonas sob radiação gama e os efeitos dessas possíveis mudanças na atividade antioxidante da soja encontraram que esses compostos bioativos (isoflavonas), podem ser alterados com a irradiação. O total de isoflavonas diminuiu com o uso de doses de até 5 kGy, ocorrendo maior diminuição em doses acima de 1 kGy, porém o

conteúdo de agliconas aumentou sugerindo que a radiação induziu a quebra de glicosídeos resultando em isoflavonas livres.

Outros processamentos que envolvam aumento de temperatura também alteram o perfil das isoflavonas e aumentam as isoflavonas livres, sem alterar o conteúdo total dessas (COWARD et al., 1998; MAHUNGU et al., 1999).

Os valores de concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) das isoflavonas agliconas e glicosiladas dos dois cultivares de grãos de soja, nas diferentes doses de irradiação são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Teores de isoflavonas ($\mu\text{g}/100\text{g}$ amostra seca) encontradas nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy

	controle	2 kGy	4 kGy	8 kGy
isoflavonas glicosiladas				
Daidzina	1034,21 \pm 119,9 ^{1 a2}	863,23 \pm 185,1 ^{ab}	673,55 \pm 33,5 ^b	581,33 \pm 146,9 ^b
Genistina	1991,17 \pm 125,9 ^a	1681,15 \pm 272,4 ^{ab}	1318,17 \pm 15,5 ^b	1386,16 \pm 171,6 ^b
Glicitina	4258,84 \pm 413,8 ^a	3840,89 \pm 817,4 ^a	2836,39 \pm 29,8 ^a	2976,40 \pm 635,2 ^a
isoflavonas agliconas				
Daidzeína	53,09 \pm 1,8 ^a	52,67 \pm 6,1 ^a	49,25 \pm 2,4 ^a	56,08 \pm 9,9 ^a
Genisteína	339,75 \pm 18,7 ^b	358,81 \pm 60,6 ^b	340,55 \pm 11,4 ^b	487,19 \pm 49,6 ^a
Gliciteína	217,64 \pm 55,4 ^a	215,50 \pm 30,2 ^a	186,41 \pm 18,5 ^a	239,34 \pm 24,5 ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

As amostras irradiadas com 4 e 8 kGy apresentaram diminuição significativa no teor de daidzina e genistina em relação ao controle, enquanto que o teor de glicitina permaneceu constante para 2, 4 e 8 kGy.

Para isoflavonas agliconas, valores de daidzeína e gliciteína não apresentaram diferença significativa entre as amostras irradiadas e o controle. Já as amostras irradiadas com 8 kGy apresentaram aumento na quantidade de genisteína.

Tabela 4 – Teores de isoflavonas ($\mu\text{g}/100\text{g}$ amostra seca) encontradas nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy

	controle	2 kGy	4 kGy	8kGy
isoflavonas glicosiladas				
Daidzina	373,57 \pm 30,7 ^{1 a2}	667,88 \pm 181,6 ^a	651,76 \pm 251,5 ^a	345,42 \pm 54,8 ^a
Genistina	624,24 \pm 44,8 ^{bc}	940,86 \pm 139,7 ^a	912,46 \pm 154,8 ^{ab}	612,07 \pm 81,5 ^c
Glicitina	2347,22 \pm 138,4 ^a	3455,63 \pm 886,5 ^a	3646,68 \pm 1204,6 ^a	2069,41 \pm 180,9 ^a
isoflavonas agliconas				
Daidzeína	55,16 \pm 3,8 ^a	50,63 \pm 7,3 ^a	51,21 \pm 10,8 ^a	54,66 \pm 5,5 ^a
Genisteína	596,20 \pm 55,1 ^a	490,52 \pm 95,8 ^a	483,94 \pm 96,7 ^a	592,20 \pm 56,7 ^a
Gliciteína	211,53 \pm 21,9 ^a	157,39 \pm 28,1 ^a	161,71 \pm 46,6 ^a	194,90 \pm 36,6 ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Para os tratamentos com o cultivar BRS213 os teores de daidzina e glicitina permaneceram constantes e houve aumento nos valores de genistina para a amostra irradiada com dose 2kGy e 4kGy. No cultivar BRS213 todos os tratamentos se mantiveram constantes para as isoflavonas agliconas.

Em soja, os radicais livres formados pela irradiação podem atacar a estrutura aromática das isoflavonas, diminuindo o conteúdo total destes compostos em produtos de soja (BALDASSO; ARAÚJO; MANCINI-FILHO, 2007).

5.3 Capacidade antioxidante

A Tabela 5 mostra os valores encontrados para a atividade antioxidante dos dois cultivares estudados.

Tabela 5 - Atividade antioxidante das duas cultivares, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra)

	Embrapa 48	BRS 213
DPPH	78,66 \pm 2,8 ^{1 a2}	76,77 \pm 2,4 ^a
ABTS	4,47 \pm 2,9 ^a	3,45 \pm 3,3 ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Os dois cultivares não apresentaram diferença estatística com relação à capacidade antioxidante, embora tenha sido descrito na literatura que cultivares com ausência das lipoxigenases 2 e 3 (como o cultivar BRS 213) produzem menos hexanal e possuem menor valor de TBA (ácido tiobarbitúrico) que serve para avaliar a oxidação de lipídios em alimentos, por meio da quantificação do malonaldeído, um dos principais produtos da decomposição de hidroperóxidos (MOREIRA et al., 1993).

Já Lee et al. (2004), estudando diferentes cultivares de grãos de soja, encontraram diferenças nas atividades antioxidantes das cultivares, medidas por DPPH e PCL. Em relação ao método do DPPH, a variação foi de 12,18 a 7,51 equivalente em μmol de BHT/g de soja. A média da atividade antioxidante de todas as cultivares foi de 10,13 equivalente em μmol de BHT por grama de soja.

Genovese, Hassimoto e Lajolo (2005), estudando cultivares de soja da EMBRAPA, observaram variação na atividade antioxidante de 184 a 239mg equivalentes de catequina por 100 gramas de soja entre as amostras. Além disso, verificaram que não existia correlação entre o conteúdo de fenólicos totais das amostras e suas atividades antioxidantes, porém eles concluíram que essa falta de correlação pode ter ocorrido pela metodologia utilizada para avaliar a atividade antioxidante, que se baseava na habilidade das amostras em inibir a descoloração do β -caroteno, causada pela geração de radicais livres durante a peroxidação do ácido linolênico.

Em investigações de ácidos fenólicos presentes em grãos de soja, farinha de soja desengordurada, concentrado e isolado protéico de soja e dos ácidos cinâmicos encontrados nestes produtos, quatro apresentaram uma atividade antioxidante significativa. São eles: ácido clorogênico (encontrado em maior quantidade e com maior atividade antioxidante), caféico, *p*-cumárico e ferúlico. Este fato foi também observado em nove cultivares de soja produzidos no Brasil, entre os quais o UFV 5', com a maior concentração destes ácidos fenólicos; neste caso o ácido ferúlico apresentou a maior atividade antioxidante (SOARES, 2002).

Os resultados da atividade antioxidante, com relação às diferentes doses estudadas, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Atividade antioxidante para as doses de radiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra)

	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
DPPH	$75,56 \pm 1,9$ ^{1 b2}	$80,37 \pm 2,7$ ^a	$79,06 \pm 0,9$ ^a	$75,22 \pm 1,5$ ^b
ABTS	$1,65 \pm 0,4$ ^b	$1,95 \pm 1,9$ ^b	$6,96 \pm 2,1$ ^a	$5,28 \pm 2,8$ ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Para o método DPPH, é possível observar na Tabela 6 que houve diferença significativa nas amostras irradiadas com doses de 2 e 4 kGy com relação ao controle e as amostras irradiadas com 8 kGy. As amostras irradiadas com doses menores tiveram capacidade antioxidante maior que a não irradiada ou irradiada com 8kGy. Resultado semelhante foi encontrado por Variyar; Limaye e Sharma (2004), que encontrou aumento da porcentagem de capacidade antioxidante com doses de 0,5 a 5 kGy, também utilizando metodologia de DPPH e padrão Trolox. Segundo os autores, esse aumento pode ser explicado pelo aumento das isoflavonas livres nas amostras com tratamentos superiores a 1 kGy.

Já para o método ABTS, foram as amostras irradiadas com 4 e 8 kGy que apresentaram capacidade antioxidante maior que o controle.

Os resultados encontrados entre os métodos (ABTS e DPPH) para as diferentes doses analisadas diferem entre si. Tal discrepância pode ser devido às características e ao mecanismo de ação dos compostos bioativos e a metodologia utilizada para avaliar a sua propriedade antioxidante (MELO et al., 2006).

Vários estudos têm demonstrado que existe uma forte relação positiva entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante de frutas e hortaliças (ABDILLE et al., 2005; KAUR; KAPOOR, 2002; VELIOGLU et al., 1998; VINSON et al., 1998). Por outro lado, outros autores não encontraram essa relação (ISMAIL; MARJAN; FOONG, 2004; KAHKONEN et al., 1999).

Xu, Yuan e Chang (2007), estudando leguminosas de inverno, observaram que a cor dos grãos está relacionada com o conteúdo de fenólicos, que por sua vez está relacionado com a atividade antioxidante da amostra.

Nas Tabelas 7 e 8 estão apresentadas as atividades antioxidantes das amostras nas diferentes doses de irradiação, medidas por DPPH e ABTS.

Tabela 7 – Atividade antioxidante nos grãos do cultivar Embrapa 48 submetidos à irradiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra)

	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
DPPH	76,90 \pm 1,7 ^{1 bc2}	82,71 \pm 0,3 ^a	79,31 \pm 0,4 ^b	75,73 \pm 1,1 ^c
ABTS	1,67 \pm 0,6 ^a	3,56 \pm 1,2 ^a	6,18 \pm 2,1 ^a	6,48 \pm 3,7 ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Para o cultivar Embrapa 48 houve aumento em relação ao DPPH para 2kGy, enquanto as amostras irradiadas com 4 e 8 kGy não diferiram do controle.

Para o ABTS, não houve nenhuma diferença significativa entre o controle e as amostras irradiadas.

Tabela 8 – Atividade antioxidante nos grãos do cultivar BRS 213 submetidos à irradiação (controle, 2, 4 e 8 kGy), obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox/g de amostra)

	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
DPPH	74,22 \pm 0,6 ^{1 c2}	78,04 \pm 1,5 ^{ab}	78,82 \pm 1,2 ^a	74,71 \pm 1,8 ^{bc}
ABTS	1,64 \pm 0,2 ^{bc}	0,34 \pm 0,16 ^c	7,76 \pm 2,1 ^a	4,08 \pm 1,1 ^b

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Para DPPH, o controle e as amostras irradiadas com 8 kGy não apresentaram diferença significativa. As amostras irradiadas com 2 e 4 kGy apresentaram maior capacidade de oxidação.

Já com relação ao ABTS, novamente as amostras irradiadas com 8 kGy não diferiram do controle, porém as irradiadas com 2 kGy foram as que apresentaram menor capacidade antioxidante. Assim como para o DPPH as amostras irradiadas com dose de 4kGy apresentaram a maior capacidade antioxidante.

Variyar, Limaye e Sharma (2004) demonstraram que o aumento na atividade antioxidante de amostras de soja está positivamente relacionada com o aumento de isoflavonas agliconas, que por sua vez, têm sua quantidade aumentada com a radiação, principalmente com doses maiores de 1kGy.

No presente estudo, esse aumento no teor de isoflavonas agliconas devido à radiação não foi observado, como mostra o Gráfico 4, e mesmo assim a atividade antioxidante das amostras sofreu aumento com o tratamento de irradiação.

Khattak, Simpson e Ihasnullah (2008), estudando a semente de *Nigella sativa*, concluíram que a atividade antioxidante (medida por DPPH) das amostras extraídas tanto com metanol como com acetona aumenta com a dose crescente de irradiação (de 2 a 16 kGy), concordando com o resultado encontrado (Tabela 8).

Um estudo que difere do encontrado no presente trabalho foi realizado por Byun e Kang (1995) com produtos fermentados de soja coreanos (chungkookjang e doenjang), e demonstrou que a atividade antioxidante das amostras irradiadas, com doses de 5, 10 e 20 kGy, não difere do grupo controle. Nesse estudo a atividade antioxidante foi medida pelo método do DPPH.

Estudando o efeito da radiação gama no conteúdo de fenólicos totais e na capacidade antioxidante de extratos de cascas de amêndoas, Harrison e Were (2007), também encontraram aumento na atividade antioxidante, medida por ABTS, nas amostras irradiadas com doses acima de 4kGy.

5.4 Complexação polifenóis-proteínas

Os resultados encontrados com relação aos dois cultivares analisados (Embrapa 48 e BRS 213) encontram-se a seguir, no Gráfico 5.

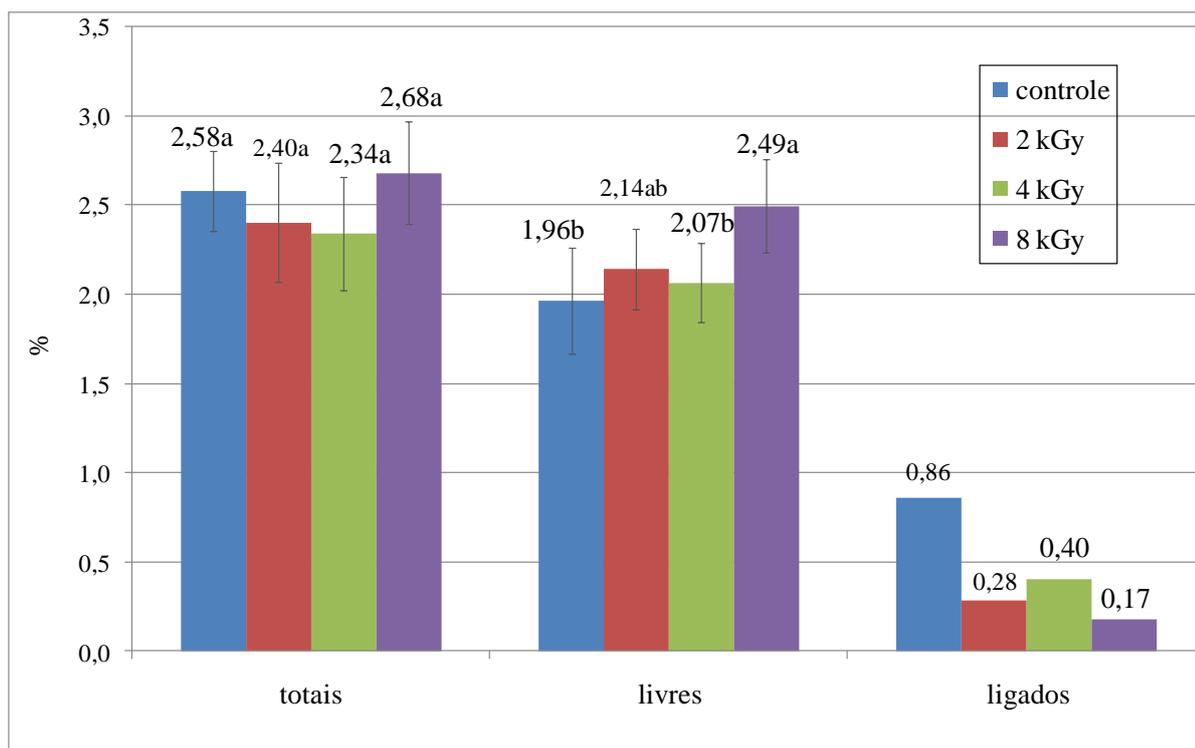


Gráfico 5 – Quantidade de polifenóis totais, livres e ligados para os dois cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213)

Para os dois cultivares estudados, apenas a quantidade de polifenóis totais apresentou diferença significativa, sendo que o cultivar BRS 213 apresentou teor maior (2,70mg/g) que o cultivar Embrapa 48 (2,31mg/g).

Os polifenóis, fitatos e alguns dos produtos de degradação de fitatos são reconhecidos como antinutrientes de distintos minerais essenciais da dieta, em particular do ferro não-heme e zinco (MARTINEZ-VALVERDE, 2000; SANDBERG, 2002).

A influência negativa na absorção destes minerais é nutricionalmente importante, especialmente em alguns países em desenvolvimento, onde as leguminosas combinadas aos cereais representam uma importante fonte de diversos nutrientes para vários segmentos populacionais (HOUSE et al., 2002; SANDBERG, 2002).

A seguir o resultado dos polifenóis totais, livres e ligados para as diferentes doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy).

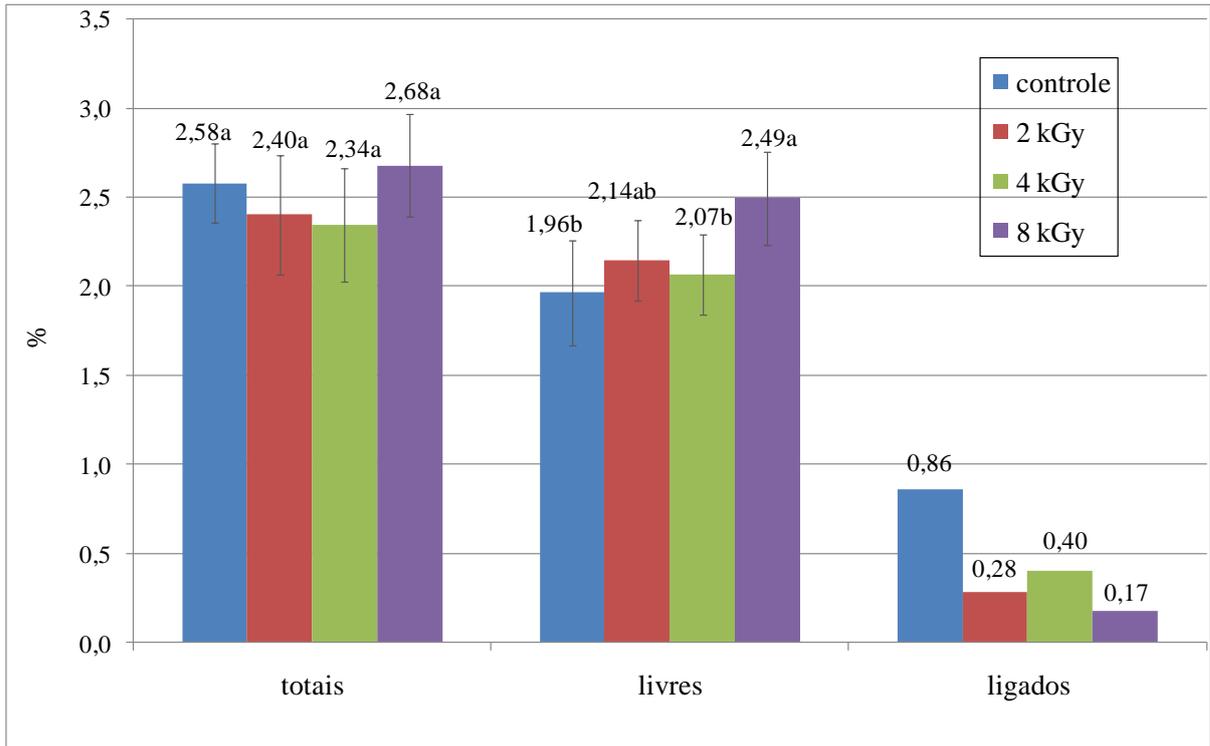


Gráfico 6 – Quantidade de polifenóis totais, livres e ligados para as quatro doses de radiação utilizadas (controle, 2, 4 e 8 kGy)

Como é possível observar no Gráfico 6, as diferentes dose de radiação não promoveram alterações na quantidade de polifenóis totais das amostras, porém, com relação aos polifenóis livres, houve aumento numérico em todas as doses estudadas, sendo que as doses 2 e 8 kGy esse aumento diferiu estatisticamente do controle. Toledo et al. (2007b) encontraram diminuição crescente na quantidade de compostos fenólicos totais até a dose de 4 kGy, e com a de 8 kGy houve aumento com relação ao controle, tanto na soja crua quanto na soja cozida.

Esse resultado pode ser explicado pelos grupos sulfidrilas livres das proteínas serem sensíveis à irradiação (GROLICHOVÁ; DVORAK; MUSILOVA, 2004), o que pode causar redução das ligações dissulfeto e/ou oxidação dos grupos sulfidrilas (SOUZA; NETTO, 2006), liberando essas proteínas de sua complexação com os polifenóis.

Os polifenóis, dentre os fatores antinutricionais, são os que mais contribuem para a baixa digestibilidade dos grãos de feijão em humanos e animais, e isto pode ser explicado pela formação de complexos entre os polifenóis e as proteínas, os quais são insolúveis e de baixa digestibilidade, tornando a proteína parcialmente indisponível, ou pela inibição de enzimas digestivas e pelo aumento do nitrogênio

fecal (CHIARADIA; GOMES, 1997; SATHE, 2002). Neste caso, o aumento de polifenóis livres ocasionado pela irradiação é benéfico, já que disponibiliza a proteína que estavam ligadas a eles. Esses resultados de complexação são importantes porque a ligação com as proteínas provoca mudanças tanto na conformação das proteínas quanto na conformação dos taninos resultando na insolubilidade do complexo formado (ASQUITH; BUTLER, 1986). A interação das proteínas e taninos poderá acontecer tanto com as proteínas dos alimentos durante o cozimento (como acontece com as proteínas das leguminosas), como com as enzimas do trato gastrointestinal (CARBONARO; VIRGILI; CARNOVALE, 1996).

Tabela 9 – Resultado encontrado para os polifenóis totais, livres e ligados à proteínas nas amostras do cultivar Embrapa 48 (em mg/g de amostra)

Doses de radiação (kGy)	Polifenóis totais	Polifenóis livres	Polifenóis ligados*
controle	2,47 ± 0,3 ^{1 a 2}	2,10 ± 0,1 ^a	0,37
2	2,25 ± 0,5 ^a	2,01 ± 0,3 ^a	0,24
4	2,06 ± 0,1 ^a	1,91 ± 0,0 ^a	0,15
8	2,46 ± 0,1 ^a	2,26 ± 0,1 ^a	0,20

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

*Os resultados dos polifenóis ligados foram encontrados através de subtração entre os polifenóis totais e os livres, assim não existe análise estatística.

De acordo com os dados da Tabela 9, nota-se que não houve diferença significativa entre os polifenóis totais, e para os livres, nota-se que para o cultivar Embrapa 48 somente as doses de 2 e 8 kGy promoveram aumento numérico, mas não estatisticamente significativo.

Já para os polifenóis ligados, o tratamento de irradiação promoveu uma diminuição no cultivar Embrapa 48, em comparação ao controle. Esse fato pode ser atribuído à alteração da estrutura protéica que o tratamento de irradiação pode ocasionar.

Os compostos fenólicos ligam-se com grupos dos aminoácidos ou de resíduos de aminoácidos livres. Já foram observadas também ligações com os resíduos de triptofano da cadeia lateral da glicinina da soja (KROLL; RAWEL; CZAJKA, 2002; KROLL et al., 2001). Deste modo, as doses de 2 e 8 kGy podem ter promovido alterações na estrutura protéica que quebraram essas ligações com os polifenóis.

Várias pesquisas têm mostrado que ocorrem alterações nas propriedades físico-químicas de proteínas após o uso da irradiação, tanto em soluções diluídas como no estado sólido. As ligações que estabilizam as estruturas secundárias e terciárias de proteínas podem ser destruídas causando mudanças conformacionais (ABU-TARBOUSH, 1998; BYUN; KANG, 1994; BYUN et al., 1995; GROLICHOVÁ; DVORAK; MUSILOVA, 2004).

Tabela 10 – Resultado encontrado para os polifenóis totais, livres e ligados à proteínas nas amostras do cultivar BRS 213 (em mg/g de amostra)

Doses de radiação (kGy)	Polifenóis totais	Polifenóis livres	Polifenóis ligados*
Controle	2,69 ± 0,0 ^{ab}	1,83 ± 0,4 ^b	0,86
2	2,55 ± 0,1 ^b	2,27 ± 0,1 ^{ab}	0,28
4	2,62 ± 0,2 ^{ab}	2,22 ± 0,2 ^{ab}	0,56
8	2,90 ± 0,2 ^a	2,72 ± 0,1 ^a	0,17

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

*Os resultados dos polifenóis ligados foram encontrados através de subtração entre os polifenóis totais e os livres, assim não existe análise estatística.

As amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram menor quantidade de polifenóis totais em comparação com as amostras irradiadas com 8kGy. Já com relação aos polifenóis livres, todas as amostras irradiadas apresentaram maior quantidade, sendo que somente a irradiada com dose de 8 kGy diferiu do controle.

Da mesma forma que o cultivar Embrapa 48, as amostras do cultivar BRS 213 irradiadas também tiveram diminuição na quantidade de polifenóis ligados, concordando com a possibilidade de alteração na estrutura protéica com o tratamento de radiação, e influenciando nas ligação com polifenóis.

5.5 Análise sensorial

5.5.1 Terminologia descritiva da análise sensorial

A terminologia descritiva das amostras incluiu 9 atributos para aparência, 2 para o odor, 4 para o sabor e 3 para textura, cujas definições encontram-se apresentadas na Figura 9.

(continua)

ATRIBUTOS APARÊNCIA	DEFINIÇÕES	REFERÊNCIAS
Característico	Aparência característica de soja	Pouco característica: Aparência estranha. Muito característica: Aparência natural. Obs. Por ser descritos de teste afetivo, não foi criada amostra de referência.
Cor	Cor bege apresentada pelo tegumento do grão cozido e do caldo. Impressão produzida no órgão visual pelos raios da luz decomposta.	Bege claro: soja cozida na hora. Marrom: feijão carioca cozido e armazenado 30 horas em geladeira antes da apresentação.
Brilhante	Brilho apresentado sobre o tegumento dos grãos de soja cozidos.	Pouco: soja cozida, recoberta com caldo de soja cozida batida sem peneirar. Muito: soja cozida, recoberta com caldo ralo.
Tamanho Uniforme	Presença de apenas um tamanho de grão.	Pouco: 2 variedades de soja misturadas (pequena e grande) Muito: Presença de apenas um tamanho
Íntegro	Quebra do tegumento da soja causada pelo cozimento.	Pouca: Nenhum grão quebrado. Muita: Todos os grãos quebrados.
Cozido	Descreve a aparência dos grãos após cozimento em relação à resistência ao partir os grãos	Pouca: soja cozida por 10 minutos em panela aberta Muita: soja cozida por 30 minutos em panela de pressão
Cascas soltas	Descreve o fenômeno de soltura das cascas após o cozimento	Pouca: soja irradiada cozida por 10 minutos em panela de pressão Muita: soja não irradiada cozida por 10 minutos em panela de pressão
Superfície lisa	Quantifica o aspecto liso da superfície das cascas dos grãos.	Pouco: soja macerada por 1 hora. Muito: soja macerada por 10 horas.
Presença de manchas	Presença de manchas escuras nos grãos.	Pouco: grãos de soja cozido de cultivar BRS 257 sem manchas. Muito: grãos de soja cozido de cultivar BRS 213 com manchas.
ODOR		
Característico	Odor característico de soja cozida	Pouco característico: Odor estranho. Muito característico: Odor natural. Obs. Por ser um descritor de teste afetivo, não foi criada amostra de referência.
Estranho	Caracteriza-se pelo odor diferente do normal exalado após cocção	Pouco: grãos de soja cozidos. Muito: grãos de soja tostados.

Figura 9 - Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ

(conclusão)

ATRIBUTOS		DEFINIÇÕES	REFERÊNCIAS
SABOR			
Característico	Sabor característico de soja cozida		Pouco característico: Sabor estranho. Muito característico: Sabor natural. Obs. Por ser um descritor de teste afetivo, não foi criada amostra de referência.
Amargo	Caracteriza-se em sabor amargo		Pouco: soja cozida, somente com 2% de sal sob o peso seco. Muito: 1 concha de soja cozida com 2% de sal acrescida com 0.13g de cafeína.
Estranho	Caracteriza-se pelo sabor diferente do normal de soja cozida		Pouco: grãos de soja cozidos. Muito: torradas.
Gorduroso	Caracteriza-se pela sensação de oleosidade ao colocar a soja na boca.		Pouco: 1 concha de soja cozida com 2% de sal sob o peso seco. Muito: 1 concha de soja cozida com 2% de sal sob peso seco acrescida de 2mL de óleo de soja
TEXTURA			
Firme	É julgada sensorialmente como a força necessária para penetrar uma substância com o dente molar. Quanto maior a força para romper os grãos de soja, maior é a firmeza		Pouca: soja cozida sem maceração durante 40min. Muita: soja colhida em 2006, cozida sem maceração por 25 min.
Presença de casca	Caracteriza-se à percepção de cascas durante mastigação.		Pouca: soja cozida e retirada as cascas. Muita: soja cozida e escolhidos somente os grãos intactos (com cascas).
Uniforme	Caracteriza-se pela ausência de granulidade ao mastigar os grãos.		Pouca: Mistura de vários tempos de cocção (10, 30 e 45 minutos) em panela de pressão. Muita: Grãos de soja cozidos por 30 minutos sob pressão.

Figura 9 - Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ

5.5.2 Resultados da Análise Descritiva Quantitativa

O Gráfico 7 mostra a comparação dos resultados da ADQ dos 10 provadores em relação à aparência dos cultivares estudados (Embrapa 48 e BRS 213).

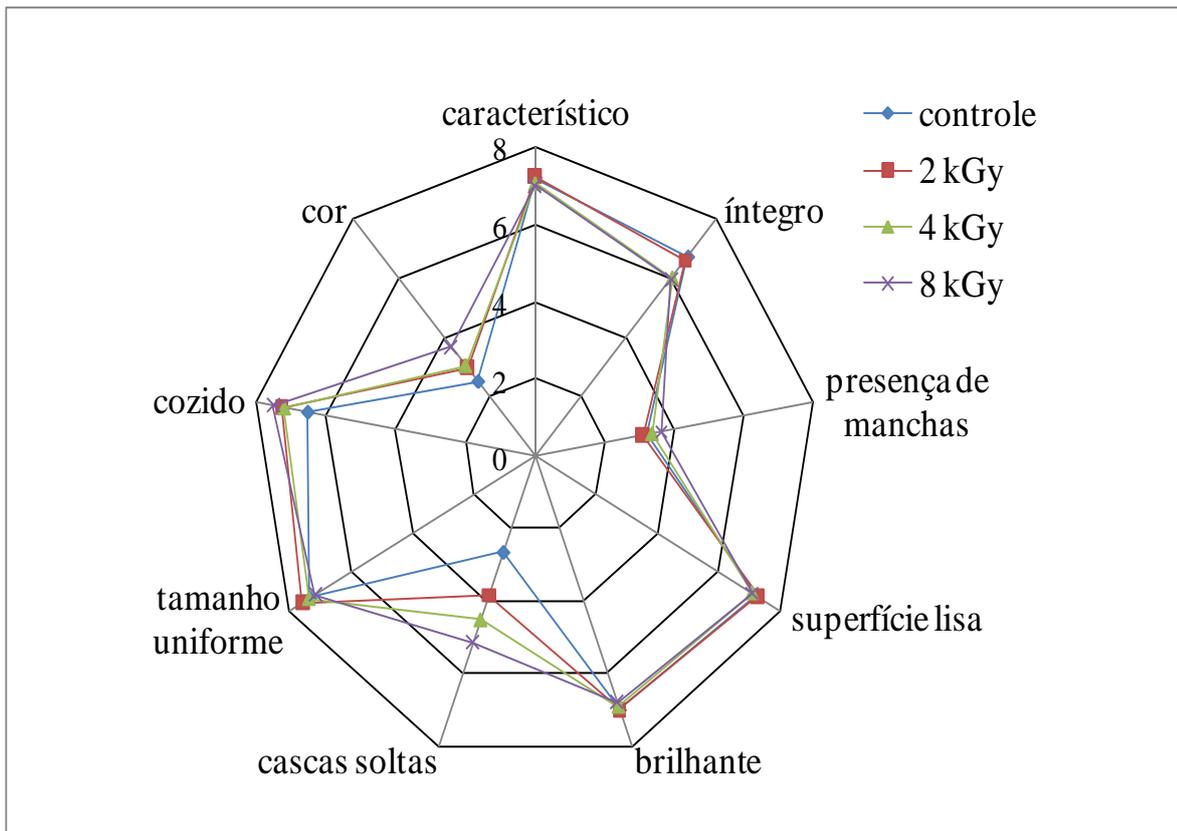


Gráfico 7 – Resultados da ADQ para a Aparência dos grãos de soja dos cultivares Embrapa 48 e BRS 213

De acordo com o Gráfico 7, houve diferença entre os atributos íntegro e cascas soltas para os dois cultivares analisados. O cultivares BRS foi considerado menos íntegro e com mais cascas soltas que o cultivar Embrapa 48. Os dois resultados se complementam, já que segundo a Figura 9, a integridade dos grãos foi medida pela quebra dos grãos após cocção. Tal quebra pode ter sido provocada pela soltura das cascas.

Ciabotti et al. (2006) comparando extratos de soja obtidos a partir dos cultivares BRS 213 e BRS 133, concluíram que a aparência global das amostras não diferiram entre si. Porém, com relação aos tofus obtidos dos mesmos cultivares de grãos de soja, as amostras que passaram por branqueamento foram consideradas de pior aparência que as amostras não branqueadas. A avaliação de cor foi realizada separadamente para produtos obtidos pelos dois cultivares de soja. Esse atributo não apresentou diferenças entre as amostras, tanto nos extratos de soja como nos tofus.

As Tabelas 11 e 12 mostram, respectivamente, a comparação dos resultados da ADQ dos 10 provadores em relação à aparência dos grãos de soja cultivar Embrapa 48 e BRS213 irradiados com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Tabela 11 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação a **aparência**, nos grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Característico	7,27 ± 1,4 ^{1 a2}	7,20 ± 1,3 ^a	7,03 ± 1,1 ^a	7,00 ± 1,2 ^a
Íntegro	6,63 ± 1,3 ^a	6,43 ± 1,1 ^a	5,57 ± 1,4 ^a	5,47 ± 1,2 ^a
Presença de manchas	3,20 ± 1,6 ^a	3,10 ± 1,5 ^a	3,27 ± 1,6 ^a	3,57 ± 1,6 ^a
Superfície lisa	7,43 ± 1,3 ^a	7,37 ± 1,0 ^a	7,03 ± 1,3 ^a	6,90 ± 1,0 ^a
Brilhante	7,10 ± 1,6 ^a	7,13 ± 1,3 ^a	7,03 ± 1,5 ^a	6,50 ± 1,3 ^a
Cascas soltas	2,67 ± 1,8 ^c	3,93 ± 2,2 ^{bc}	4,93 ± 2,1 ^{ab}	5,40 ± 2,4 ^a
Tamanho uniforme	7,27 ± 1,2 ^a	7,43 ± 1,0 ^a	7,23 ± 1,1 ^a	6,97 ± 1,4 ^a
Cozido	6,50 ± 1,4 ^b	7,17 ± 1,2 ^{ab}	7,30 ± 1,5 ^{ab}	7,67 ± 1,3 ^a
Cor	2,23 ± 2,0 ^b	2,87 ± 1,7 ^{ab}	3,03 ± 1,8 ^{ab}	3,70 ± 1,7 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

De acordo com a Tabela 11, a análise do atributo “cascas soltas” demonstrou que as amostras irradiadas diferiram do controle, sendo que o aumento da dose de radiação promoveu notas maiores, significando que a equipe sensorial encontrou maior presença de cascas soltas do que no controle. As amostras irradiadas com 8 kGy diferiram significativamente do controle e das amostras irradiadas com 2 kGy.

Os atributos “cozido” e “cor” tiveram a mesma distribuição de significância, sendo que as amostras irradiadas foram consideradas pelos provadores com aparência mais cozida e mais escura que o controle. As amostras irradiadas com 8 kGy diferiram do controle nos dois atributos.

Não houve diferença significativa para os atributos característico, íntegro, presença de manchas, superfície lisa e brilhante para o cultivar Embrapa 48.

Tabela 12 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à **aparência**, nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Característico	7,13 ± 1,3 ^{1 a2}	7,30 ± 1,2 ^a	7,10 ± 1,1 ^a	7,00 ± 1,8 ^a
Íntegro	7,13 ± 1,4 ^a	7,30 ± 1,5 ^a	7,10 ± 1,8 ^a	7,00 ± 2,0 ^a
Presença de manchas	3,23 ± 2,1 ^a	3,07 ± 1,6 ^a	3,53 ± 1,6 ^a	3,70 ± 1,5 ^a
Superfície lisa	7,01 ± 1,1 ^a	7,17 ± 0,7 ^a	7,13 ± 1,1 ^a	7,30 ± 1,6 ^a
Brilhante	6,87 ± 1,4 ^a	6,83 ± 1,5 ^a	6,78 ± 1,3 ^a	4,10 ± 1,8 ^a
Cascas soltas	2,63 ± 2,2 ^b	3,77 ± 2,2 ^{ab}	4,10 ± 1,9 ^{ab}	4,87 ± 2,3 ^a
Tamanho uniforme	7,43 ± 1,5 ^a	7,77 ± 1,2 ^a	7,53 ± 1,0 ^a	7,40 ± 1,6 ^a
Cozido	6,57 ± 1,4 ^a	7,37 ± 1,3 ^a	7,10 ± 1,2 ^a	7,37 ± 1,2 ^a
Cor	2,80 ± 1,5 ^a	3,10 ± 1,3 ^a	3,10 ± 1,3 ^a	3,87 ± 1,9 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

De acordo com a Tabela 12, a análise do atributo “cascas soltas” mostrou que as amostras irradiadas receberam maiores notas conferidas pelos provadores em relação ao controle, sendo consideradas pela equipe sensorial com maior presença de cascas soltas. As amostras irradiadas com 8 kGy diferiram significativamente do controle, e não houve diferença estatística entre as amostras irradiadas.

Não houve diferença significativa em nível de 5% para os demais atributos de aparência para o cultivar BRS 213.

A irradiação de feijão com doses de 500 e 1000 krad provoca alterações na aparência conforme relatado em estudo sensorial realizado por Carvalho et al., (1991). Os raios gama alteram radioliticamente as substâncias naturalmente presentes nos grãos, modificando assim sua aparência.

Um teste de ordenação aplicado sobre a cor de feijões com provadores treinados demonstrou que a irradiação não interferiu na coloração dos grãos (ARMELIN et al., 2007). Porém, outro estudo sobre os efeitos da radiação gama com doses de 1, 2, 6 e 10kGy em feijões, avaliados por análise quantitativa descritiva, mostrou que a cor dos grãos se torna mais escura em grãos de feijão irradiados com doses de 6 e 10kGy (ARMELIN et al., 2006).

Em relação à integridade dos grãos, o presente estudo demonstrou que a quantidade de grãos íntegros diminui com a dose de radiação de 8 kGy. Armelin et al. (2006), encontraram que a quantidade de grãos de feijão chamados “quebrados” era maior para o grupo controle e doses de 1 e 2 kGy, do que para grãos irradiados com 6 e 10kGy.

Moura et al. (2005), estudando os efeitos sensoriais da irradiação em feijão preto com doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10kGy, observaram que não houve alteração na aparência característica dos grãos com a irradiação. A cor do feijão também não se alterou, quando comparou-se as amostra de feijão preto não-irradiado com as irradiadas nas diferentes doses.

A Tabela 13 apresenta os resultados referentes ao atributo odor para os cultivares analisados.

Tabela 13 – Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao **odor**, nos grãos de soja dos cultivares Embrapa 48 e BRS 213

	Embrapa 48	BRS 213
Estranho	1,92 ± 0,2 ^{1 a2}	2,17 ± 0,2 ^a
Característico	7,96 ± 0,1 ^a	7,68 ± 0,2 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Pela Tabela 13 é possível observar que não houve diferença para o odor dos dois cultivares analisados, tanto para o atributo estranho quanto para o atributo característico. Os provadores não notaram diferença entre o cultivar convencional (Embrapa 48) e o cultivar melhorado geneticamente e livre de lipoxigenase (BRS 213). Esse resultado demonstra a importância do tratamento térmico para inativação da enzima lipoxigenase, responsável por sabores e odores desagradáveis (*off flavor*) na soja devido à formação de hidroperóxidos dos ácidos graxos poliinsaturados (CIABOTTI et al., 2006).

Tabela 14 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao **odor**, para as diferentes doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy)

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Estranho	1,82 ± 0,4 ^{1 a2}	1,97 ± 0,1 ^a	2,20 ± 0,2 ^a	2,18 ± 0,3 ^a
Característico	7,90 ± 0,1 ^a	7,88 ± 0,1 ^a	7,85 ± 0,4 ^a	7,65 ± 0,3 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

O tratamento de radiação nas doses utilizadas não promoveu diferença com relação ao odor dos grãos, nem para o atributo estranho nem para o atributo característico.

No estudo de Carvalho et al. (1991) a irradiação provocou diminuição significativa do odor natural de feijão cozido, ao mesmo tempo que provocou aumento de odor estranho das amostras, porém, entre as amostras irradiadas (com 5kGy e 10 kGy), não houve diferença significativa. Em parte, isso condiz com o resultado encontrado (Tabela 14), que mostrou que os provadores observaram redução no sabor característico de soja cozida e aumento no sabor estranho, mas tal diferença não foi significativa.

Armelin et al. (2006), analisando o efeito da radiação gama em grãos de feijão carioca, encontraram nota menor para o odor característico nas amostras irradiadas com dose de 10kGy, diferindo das demais amostras irradiadas (1, 2 e 6kGy) e do controle.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993) estudaram os pré-tratamentos de raios gama, com dose de 2 kGy, e microondas, e seus efeitos na estabilidade do armazenamento de feijões. De acordo com esses autores, antes do período de armazenamento não houve diferença estatística no aroma característico de feijão entre as amostras do grupo controle (não tratadas) e as amostras irradiadas, enquanto ambas tiveram notas maiores do que as amostras tratadas por microondas. Após o armazenamento (refrigeração e 30°C com 75% UR por 2, 4 e 6 meses) não houve diferença estatística significativa entre o grupo controle e a amostra irradiada nas duas condições estudadas.

Moura et al. (2005) também não encontraram alterações no odor de feijões pretos irradiados com até 10kGy.

Nas Tabelas 15 e 16 encontram-se os resultados da ADQ para o atributo odor nas amostras do cultivar Embrapa 48 e BRS 213, respectivamente.

Tabela 15 - Resultado da ADQ dos 10 provadores com relação ao **odor**, para grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Estranho	1,57 ± 1,2 ^{1 a2}	2,03 ± 1,4 ^a	2,07 ± 1,5 ^a	2,00 ± 1,3 ^a
Característico	7,97 ± 1,1 ^a	7,93 ± 1,2 ^a	8,10 ± 0,8 ^a	7,83 ± 1,2 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Tabela 16 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao **odor**, para grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Estranho	2,07 ± 1,6 ^{1 a2}	1,90 ± 1,0 ^a	2,33 ± 1,5 ^a	2,37 ± 1,4 ^a
Característico	7,83 ± 1,2 ^a	7,83 ± 0,9 ^a	7,60 ± 1,3 ^a	7,47 ± 1,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

O odor estranho e característico não diferiu significativamente para nenhum dos atributos entre as amostras irradiadas e os controles.

Os resultados concordam com os encontrados por Cunha, Sagarbieri e Damásio (1993), que analisaram feijões comuns irradiados com dose de 2 kGy armazenados sob diferentes condições, e não encontraram diferenças sensoriais significativas quanto ao aroma, comparando-se ao controle sem irradiação, nas diferentes condições de armazenamento.

O Gráfico 8 apresenta as médias das notas dos atributos de sabor, comparando os dois cultivares desse estudo.

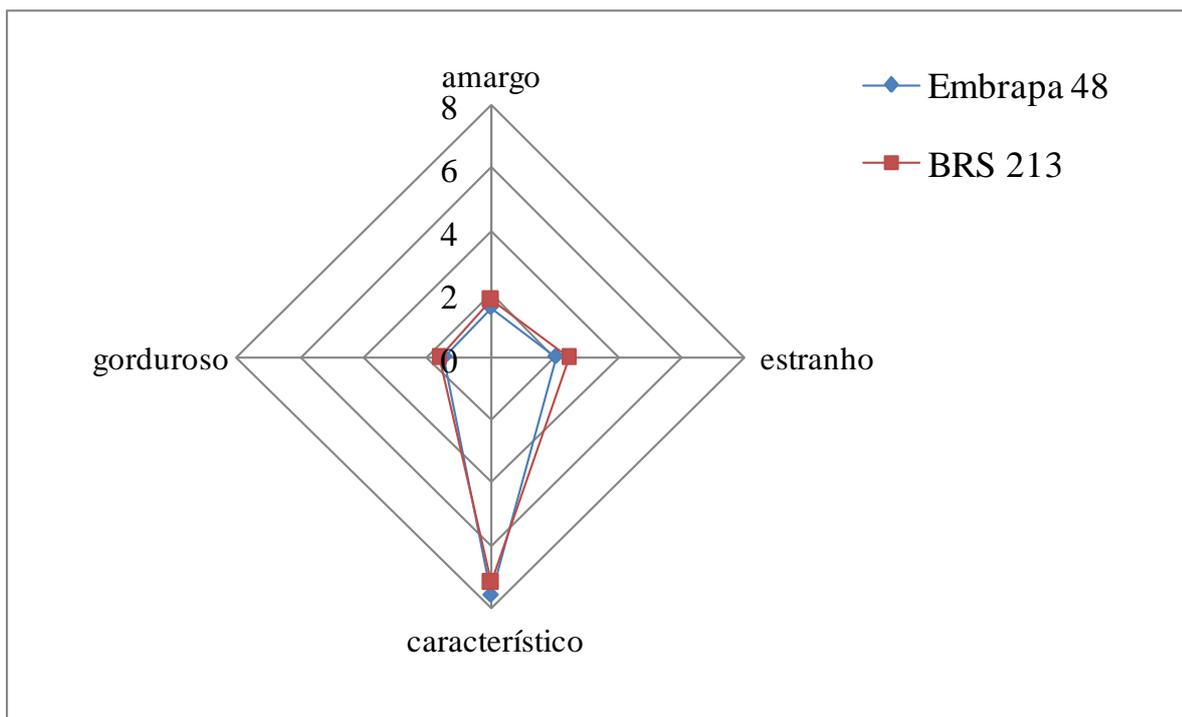


Gráfico 8 - Resultados de ADQ para o sabor dos grãos dos cultivares EMBRAPA 48 e BRS213

O consumo de soja tem aumentado nos países ocidentais, mas esse alimento possui um fator limitante de acordo com a população, que é o sabor (TORRES-PENARANDA; REITMEIER, 2001). No campo da análise sensorial, provadores de grãos de soja e seus produtos têm relatado os seguintes termos: “gosto de feijão cru”, “verde”, “mato”, “tinta”, adstringente e amargo. Esses atributos são responsáveis pela baixa aceitação dos produtos de soja por alguns consumidores, os quais preferem sabores brandos (TORRES-PARANANDA et al., 1998).

Para o presente estudo, o atributo “estranho” referente ao sabor dos dois cultivares estudados obteve notas mais próximas ao “pouco” que ao “muito”, evidenciando uma aceitação e diferindo dos autores acima. Além disso, não houve diferença entre o cultivar convencional (Embrapa 48) e o cultivar livre de lipoxigenase (BRS 213), demonstrando que o tratamento térmico prévio é imprescindível para esse grão, eliminando o efeito da enzima no sabor do grão.

Tabela 17 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao **sabor**, nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para do cultivar Embrapa 48

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Amargo	1,80 ± 1,6 ^{1 a2}	1,47 ± 0,8 ^{ab}	1,63 ± 1,5 ^{ab}	1,37 ± 0,6 ^b
Característico	7,77 ± 1,3 ^a	7,77 ± 1,0 ^a	7,60 ± 1,1 ^a	7,17 ± 1,5 ^a
Estranho	1,77 ± 1,1 ^a	1,90 ± 1,1 ^a	1,83 ± 0,8 ^a	2,70 ± 1,8 ^a
Gorduroso	1,40 ± 0,7 ^a	1,53 ± 1,0 ^a	1,43 ± 0,9 ^a	1,47 ± 0,9 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

De acordo com os dados da Tabela 17, o único atributo que apresentou diferença significativa foi o sabor “amargo”, que segundo os provadores foi menor em todas as amostras irradiadas do que no controle. As irradiadas com 8 kGy diferiram significativamente do controle.

Tabela 18 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação ao **sabor**, nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Amargo	2,27 ± 1,4 ^a	1,73 ± 0,8 ^a	1,67 ± 0,7 ^a	1,60 ± 0,6 ^a
Característico	7,10 ± 1,9 ^a	7,20 ± 1,5 ^a	7,30 ± 1,5 ^a	7,07 ± 1,7 ^a
Estranho	2,47 ± 1,8 ^b	2,33 ± 1,3 ^{ab}	2,33 ± 1,5 ^{ab}	2,73 ± 1,7 ^a
Gorduroso	1,67 ± 0,8 ^a	1,77 ± 1,3 ^a	1,63 ± 1,2 ^a	1,40 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

O sabor estranho nos grãos de soja do controle, segundo mostra a Tabela 18, para o cultivar BRS 213, foi maior que para o grão irradiado com 8kGy. A equipe sensorial classificou as amostras tratadas por irradiação como menos estranhas com relação ao sabor. Quanto ao sabor “amargo”, “característico” e “gorduroso” não houve diferença significativa entre nenhum tratamento em nível de 5%.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), não encontraram diferenças sensoriais significativas quanto ao sabor em feijões comuns irradiados com doses de 2kGy comparando-se aos grãos do controle, ambos submetidos a diferentes condições de armazenamento.

Armelin et al. (2006), estudando o efeito da radiação gama com doses de 1, 2, 6 e 10 kGy, em feijão, através da ADQ, observaram que o sabor característico das amostras apenas difere para a dose de 10 kGy, sendo que as notas para essa amostra foram menores, quando comparadas com o grupo controle e as amostras com outras doses de irradiação.

Além disso, no mesmo estudo, para o atributo “sabor amargo”, o grupo controle, com grãos não irradiados, teve menor nota e diferiu significativamente das amostras irradiadas com 6 e 10kGy, diferente do que foi observado no presente estudo, em que nenhuma amostra diferiu significativamente (Tabelas 17 e 18).

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), estudando o efeito de raios gama e microondas na estabilidade de armazenamento de grãos de feijão, encontraram que antes do período de armazenamento, os resultados para o sabor característico da amostra não tratada e da amostra irradiada não diferiram estatisticamente. Para as duas condições de armazenamento (refrigeração e 30°C com 75% UR), o sabor da amostra irradiada não diferiu do grupo controle até 4 meses de armazenamento.

Moura et al. (2005), estudando o efeito da irradiação em feijão preto, concluíram que o sabor característico das amostras irradiadas não diferiram do controle, porém, a partir da dose de 6kGy, os grãos obtiveram diferença em relação ao atributo “sabor estranho”. Além disso, grãos irradiados com dose de 6kGy e 10kGy foram consideradas menos amargas pelos provadores, o que poderia ser explicado por possível destruição de substâncias fenólicas com a irradiação.

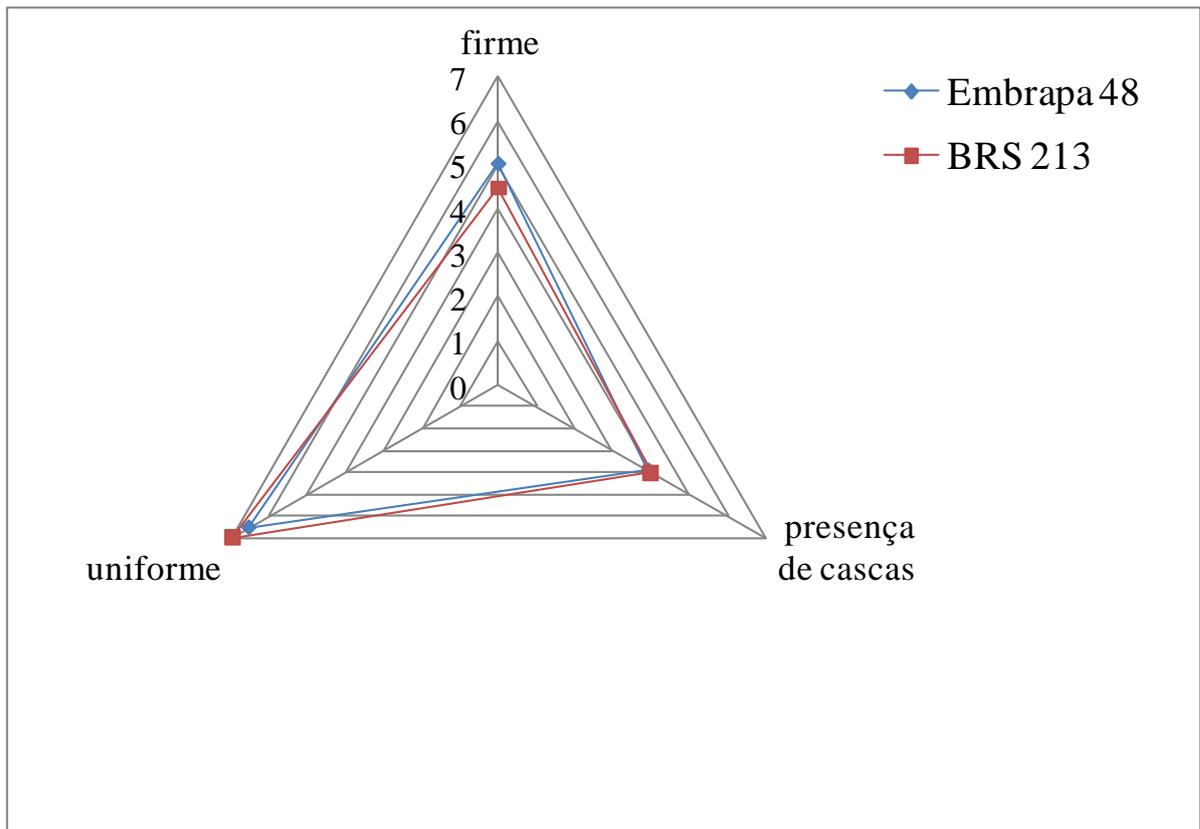


Gráfico 9 - Resultados de ADQ para a textura dos grãos dos cultivares Embrapa 48 e BRS213

Não houve diferença entre os cultivares com relação à textura dos grãos (Gráfico 9).

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentados os resultados das diferentes doses de radiação para os dois cultivares estudados.

Tabela 19 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à **textura**, nos grãos de soja do cultivar Embrapa 48 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Firme	5,90 ± 1,9 ^{1 a2}	4,90 ± 1,5 ^{ab}	5,03 ± 1,7 ^b	4,33 ± 2,1 ^b
Presença de casca	5,40 ± 2,2 ^a	3,70 ± 1,9 ^{ab}	3,47 ± 2,0 ^{ab}	3,13 ± 2,1 ^b
Uniforme	6,30 ± 1,6 ^a	6,53 ± 1,7 ^a	6,47 ± 1,7 ^a	6,80 ± 1,6 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

De acordo com a tabela 19, o atributo “firme” teve diferença significativa entre os tratamentos para o cultivar Embrapa 48. O controle teve maior nota que todas as amostras irradiadas, tendo sido considerado, portanto, mais firme. As amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy diferiram significativamente do controle. Esse resultado pode ser explicado pelas alterações físicas promovidas pelo tratamento de irradiação nos grãos de soja que proporcionam maior hidratação dos mesmos e por conseqüência maior maciez (TOLEDO et al., 2007c).

Com relação ao atributo “presença de cascas”, o tratamento de irradiação promoveu uma menor percepção de cascas pela equipe sensorial, pois todos os tratamentos irradiados obtiverem notas menores que o controle, e as amostras irradiadas com 8 kGy diferiram significativamente do mesmo.

A uniformidade da textura não sofreu alteração com a utilização da irradiação.

Tabela 20 - Resultados da ADQ dos 10 provadores com relação à **textura**, nos grãos de soja do cultivar BRS 213 irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy

Atributos	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
Firme	5,60 ± 2,0 ^{1 a2}	4,77 ± 1,9 ^{ab}	3,97 ± 1,8 ^{ab}	3,53 ± 1,8 ^b
Presença de casca	5,30 ± 2,4 ^a	3,97 ± 2,1 ^b	3,67 ± 2,0 ^b	3,33 ± 2,2 ^b
Uniforme	7,00 ± 1,3 ^a	6,83 ± 1,6 ^a	7,00 ± 1,2 ^a	7,07 ± 1,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Segundo a Tabela 20 que mostra os resultados obtidos para a análise de textura para o cultivar BRS 213, a irradiação na dosagem de 8 kGy alterou significativamente a textura dos grãos em relação a firmeza, comparando-se aos grãos do controle. Os grãos irradiados com 2, 4 e 8 kGy receberam menores notas médias (para presença de casca) conferidas pelos provadores, apresentando-se com menor presença de cascas que o controle.

O atributo “uniforme” não teve alteração significativa com a utilização de diferentes doses de irradiação.

Villavicencio (1998), nas análises sensoriais de cor, odor, sabor, forma e textura de feijões comuns irradiados com doses de 0, 0,5, 1, 2,5, 5 e 10 kGy, encontraram como resultados mudanças não significativas na qualidade sensorial

dos feijões submetidos a doses de 1 kGy, entretanto, na dose acima de 5 kGy ocorreu redução da qualidade sensorial, tornando os feijões não-comestíveis.

Armelin et al. (2006), estudando os efeitos sensoriais de feijões provocados pela irradiação dos grãos, observaram que a dureza dos grãos é afetada com a dose de 10kGy, que difere significativamente do grupo controle e das amostras irradiadas com as doses de 1 e 2 kGy.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), estudaram, entre outras coisas, o efeito da radiação gama e das microondas nas características sensoriais de feijões armazenados em duas condições (refrigeração e 30°C com 75% UR). Estes autores concluíram que a firmeza da amostra irradiada não diferiu do grupo controle, em ambas as condições de armazenamento.

Assim como no presente estudo, Moura et al. (2005), estudando os efeitos sensoriais da irradiação em feijão preto, concluíram que não há mudanças na firmeza dos grãos com doses de irradiação de até 10kGy.

5.6 Ensaio biológico

5.6.1 Composição das dietas utilizadas

Para a medida de qualidade protéica dos grãos de soja foi realizado experimento com 10 dietas empregando ratos albinos que receberam dietas com a composição apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 – Composição centesimal das dietas utilizadas para experimento de qualidade protéica (g/100g de dieta fresca)

Dietas	Tratamento	Umidade	Proteína	Gordura	Cinzas	Carboidratos*
1	E48 controle	8,73 ± 0,7 ¹	10,03 ± 0,1	7,99 ± 0,1	3,53 ± 0,3	69,72
2	E48 2kGy	8,59 ± 0,8	10,03 ± 0,1	8,10 ± 0,1	2,07 ± 0,0	71,21
3	E48 4kGy	8,88 ± 0,5	10,03 ± 0,1	8,00 ± 0,1	2,41 ± 0,1	70,68
4	E48 8kGy	8,05 ± 0,9	10,03 ± 0,1	8,07 ± 0,1	2,91 ± 0,1	70,94
5	213 controle	9,23 ± 0,1	10,03 ± 0,1	8,22 ± 0,1	2,55 ± 0,2	69,97
6	213 2kGy	9,54 ± 0,2	9,98 ± 0,2	8,04 ± 0,1	2,33 ± 0,0	70,11
7	213 4kGy	7,14 ± 1,0	10,03 ± 0,1	8,13 ± 0,1	3,16 ± 0,0	71,54
8	213 8kGy	9,52 ± 1,1	10,03 ± 0,1	7,99 ± 0,0	2,97 ± 0,1	69,49
9	caseína	8,22 ± 0,1	10,03 ± 0,1	7,87 ± 0,1	2,55 ± 0,1	71,33
10	aprotéica	9,09 ± 0,1	0,2 ± 0,0	8,1 ± 0,1	3,4 ± 0,0	79,21

¹ média ± desvio padrão

* obtido por diferença

As dietas foram preparadas de forma a apresentarem composição semelhante, não apresentando diferenças significativas entre si.

Os Gráficos 10, 11, e 12 mostram o ganho em peso dos animais e o consumo de ração durante as 4 semanas do experimento.

5.6.2 Consumo de ração e ganho de peso

Os resultados referentes ao consumo de ração de ganho de peso das cobaias estão apresentados nos Gráficos 10 a 12 e Tabelas 21 a 24.

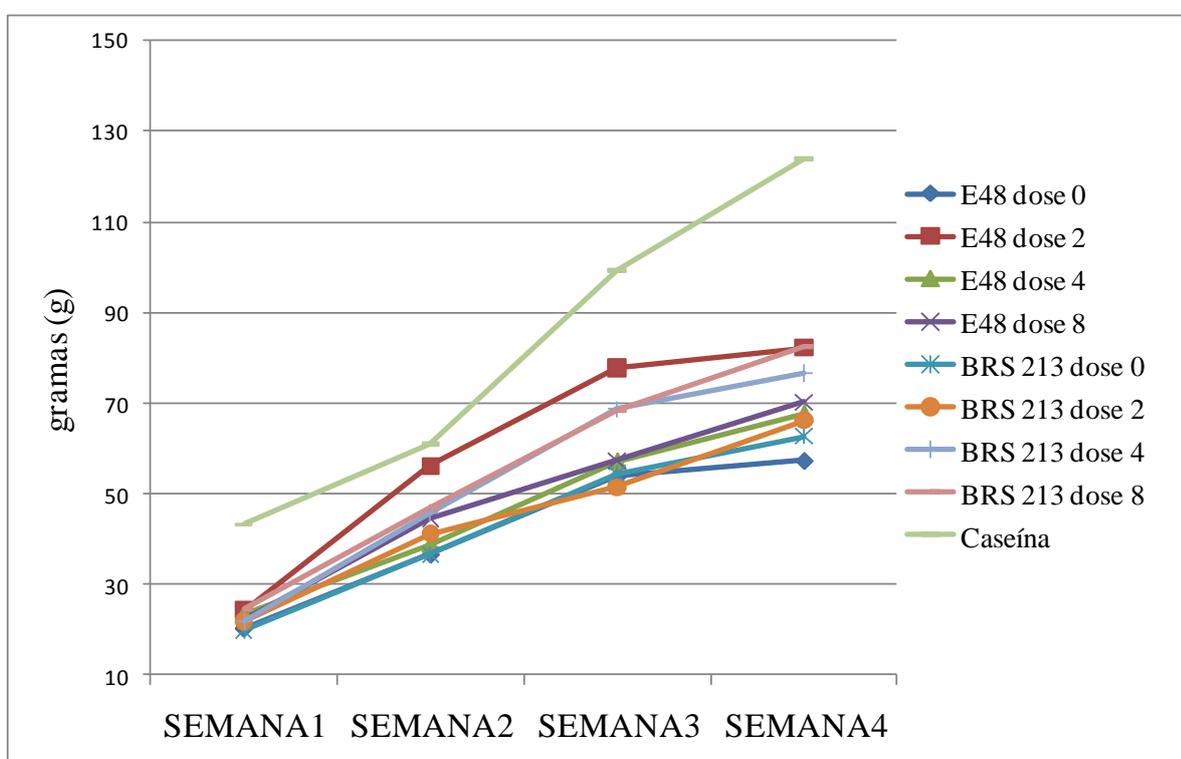


Gráfico 10 – Ganho de peso dos animais (em g) por semana de experimento para os cultivares Embrapa 48 e BRS 213 nas três doses estudadas de radiação e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína

Nota-se no Gráfico 10 que todos os animais que se alimentaram com dietas de soja tiveram menor ganho em peso ao longo do experimento quando comparados com a dieta de caseína.

Entre as dietas de soja, as do cultivar Embrapa 48 irradiado com dose de 2kGy, foram as que proporcionaram maior ganho de peso na 2ª e 3ª semanas.

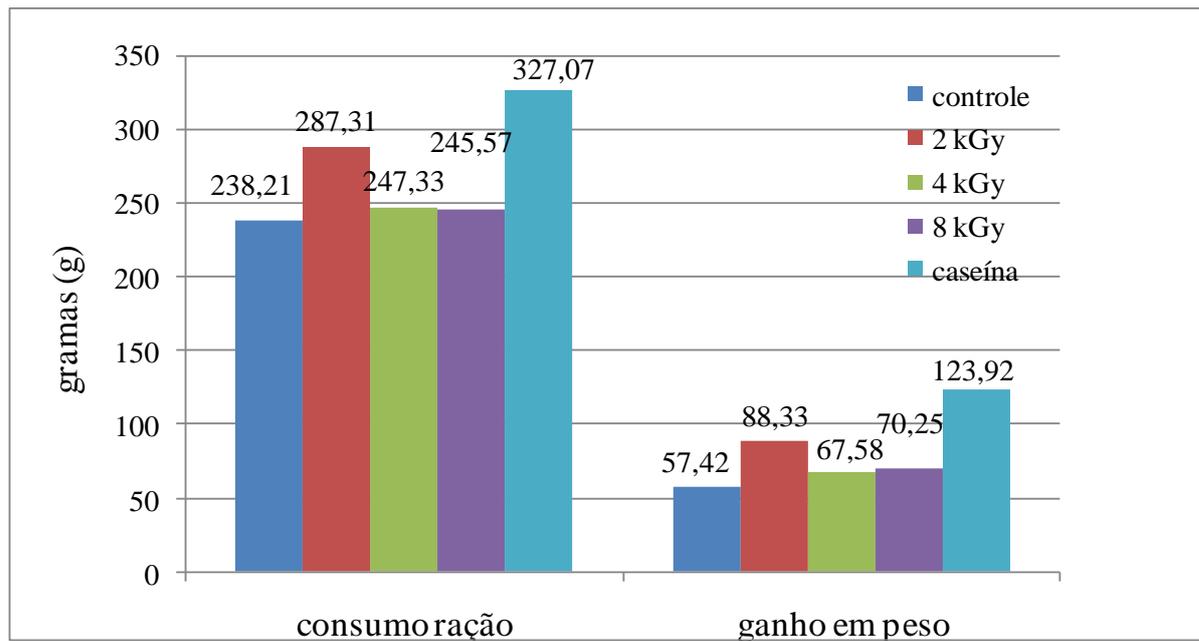


Gráfico 11 – Média de ganho de peso (g) e consumo de ração (g) para o cultivar Embrapa 48 para as três doses de radiação estudadas e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína

Para o cultivar Embrapa 48, é possível notar através do Gráfico 11 que houve aumento do consumo das dietas de soja tratadas por irradiação, com relação ao controle. Já a dieta de caseína foi a mais consumida e a que proporcionou maior ganho de peso da cobaias.

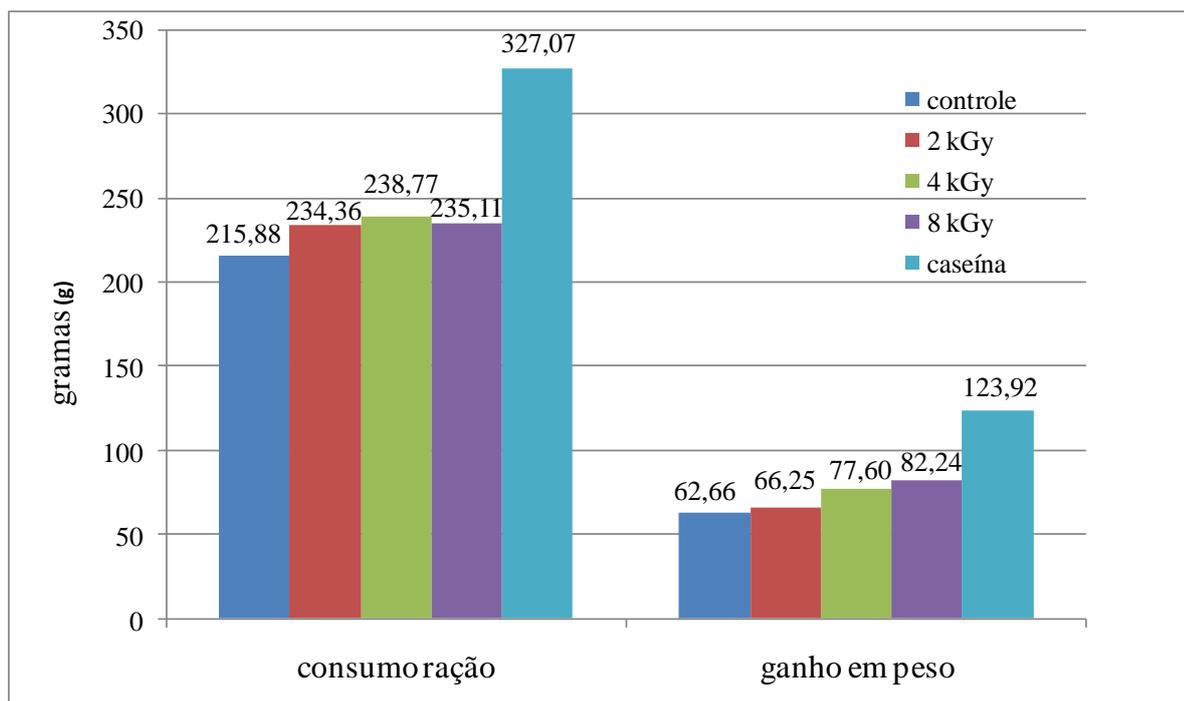


Gráfico 12 – Média de ganho de peso (g) e consumo de ração (g) para o cultivar BRS 213 para as três doses de radiação e controle (controle, 2kGy, 4kGy e 8kGy) em comparação com a dieta de caseína

Para o cultivar BRS 213 todas as dietas de soja foram menos consumidas que a dieta de caseína, e proporcionaram menor ganho de peso, sendo que as irradiadas apresentaram resultados de ganho de peso melhores que o controle, numericamente. O consumo também foi maior numericamente para as irradiadas.

Tabela 22 – Tabela com os resultados de consumo de ração e ganho de peso total das cobaias, para os cultivares Embrapa 48 e BRS 213, nas doses de radiação estudadas (controle, 2, 4 e 8 kGy)

	Consumo de ração	Ganho de peso
Embrapa 48		
Controle	238,21 ± 26,6 ^b	57,42 ± 8,1 ^b
2 kGy	287,31 ± 40,3 ^{ab}	82,30 ± 13,6 ^b
4 kGy	247,33 ± 45,2 ^b	67,58 ± 12,8 ^b
8 kGy	245,57 ± 20,2 ^b	70,25 ± 7,5 ^b
Caseína	327,073 ± 25,3 ^{ab}	123,92 ± 11,7 ^a
BRS213		
Controle	215,882 ± 30,5 ^b	62,67 ± 5,7 ^c
2 kGy	234,362 ± 42,4 ^b	66,25 ± 11,5 ^{bc}
4 kGy	238,765 ± 40,5 ^b	76,58 ± 9,0 ^{bc}
8 kGy	235,105 ± 14,4 ^b	82,42 ± 8,2 ^b
caseína	327,073 ± 25,3 ^a	123,92 ± 11,7 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na vertical dentro do mesmo cultivar diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Com relação ao interesse pela dieta, em sua maioria os ratos consumiram ao redor de 10g que eram ofertados todos os dias, assim, nenhuma diferença significativa ocorreu entre o consumo de ração dos diferentes tratamentos para os dois cultivares, porém, com relação à dieta controle de caseína, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa, sendo que a dieta com caseína foi preferida pelos animais, a não ser pela dieta do cultivar Embrapa 48 irradiado com 2kGy, que não diferiu do consumo da dieta padrão com caseína (Tabela 22).

Em alguns estudos de alterações sensoriais provocadas pelo uso de radiação gama em leguminosas, autores encontraram alterações positivas com utilização de doses superiores a 1kGy, com relação aos controles não irradiados (FAN; SOKORAI, 2007; MOURA et al., 2005). No presente estudo, os animais consumiram mais as rações tratadas com irradiação, porém essa quantidade não foi estatisticamente diferente das dietas não irradiadas.

O ganho de peso foi semelhante para todas as doses de radiação aplicadas. Os animais que consumiram dietas com o cultivar Embrapa 48 apresentaram média de ganho de peso maior do que os que consumiram as dietas com o cultivar BRS213 (Tabela 22), e quando comparados os diferentes tratamentos com o controle de caseína, todos os animais apresentaram ganho de peso significativamente menor.

Entre as doses de radiação, todas proporcionaram ganhos de peso numericamente maiores que o controle não irradiado, porém sem apresentar diferença estatística. Esse ganho de peso maior pode ser explicado pelo consumo ligeiramente maior das dietas de amostras irradiadas com relação às dietas dos controles não irradiados. A irradiação gama pode promover mudanças físico-químicas que afetam as propriedades nutricionais e funcionais dos alimentos tratados. Rao e Vakil (1993) relataram que a irradiação em grãos com doses de até 2,5 kGy reduz o número de oligossacarídeos em 20%, e essa redução pode ter promovido a melhora encontrada nas dietas irradiadas. A irradiação é considerada um método de modificação física do amido, pois penetra pelo grânulo e causa danos à estrutura (BAO; AO; JANE, 2005).

A radiação gama pode ainda gerar radicais livres nas macromoléculas e estes podem hidrolisar ligações químicas e, com isto, quebrar as moléculas de amido em pequenos fragmentos de dextrina. Estas mudanças podem afetar as propriedades físicas e reológicas (ZULETA et al., 2006; YU; WANG, 2007), facilitando o processo digestivo e propiciando mais nutrientes, gerando conseqüentemente o maior ganho em peso encontrado no presente trabalho (Tabela 22).

O desempenho nutricional de um alimento depende fundamentalmente da concentração, do balanço, da biodisponibilidade dos nutrientes e da presença de componentes tóxicos e, ou, antinutricionais (MOURÃO et al., 2005).

Na nutrição humana tais fatores antinutricionais presentes na soja têm pequena conseqüência, pois são termolábeis e geralmente são destruídos nas condições normais de preparo, doméstico ou industrial, dos alimentos. (CARVALHO et al., 2002).

Dentre estes fatores antinutricionais, os mais importantes na soja são os inibidores de proteases. No presente experimento, os grãos de soja foram submetidos à temperatura de 121°C durante 10 minutos. Toledo et al. (2007b) conseguiram redução significativa dos inibidores de tripsina (11,19% para dose de 2 kGy, 28,59% para 4kGy e 37,60% para 8kGy), melhorando a digestibilidade do produto.

5.6.3 Índices biológicos

As realizações de bioensaios são importantes, porque mostram essencialmente a medida de aminoácidos limitantes utilizáveis pelo animal, ou seja, a biodisponibilidade dos aminoácidos das proteínas dos alimentos (MONTEIRO, 2000).

Por estas razões, procedeu-se aos ensaios biológicos para avaliação da qualidade protéica do produto, quando foram avaliados PER, CEA, VB, NPU e digestibilidade. Os resultados destas avaliações podem ser vistos na Tabela 23 para o cultivar Embrapa 48 e na Tabela 24 para o cultivar BRS 213.

Tabela 23 – Índices biológicos para avaliação protéica das dietas de farinha de soja do cultivar Embrapa 48 irradiado com 0, 2, 4 e 8 kGy

	CEA	PER	Digestibilidade	NPU	VB
Controle	0,26 ± 0,0 ^{1 c2}	2,57 ± 0,4 ^{cd}	81,05 ± 3,8 ^b	51,68 ± 14,6 ^b	64,24 ± 19,3 ^b
2 kGy	0,21 ± 0,1 ^c	2,12 ± 0,5 ^d	78,59 ± 2,7 ^b	59,18 ± 16,9 ^{ab}	75,36 ± 22,4 ^{ab}
4 kGy	0,52 ± 0,1 ^a	5,18 ± 1,3 ^a	80,76 ± 3,5 ^b	71,89 ± 12,3 ^a	89,00 ± 12,7 ^a
8 kGy	0,49 ± 0,1 ^{ab}	4,92 ± 0,7 ^{ab}	82,17 ± 4,2 ^b	67,54 ± 16,6 ^{ab}	82,64 ± 20,4 ^{ab}
Caseína	0,38 ± 0,0 ^b	3,71 ± 0,2 ^{bc}	91,21 ± 1,6 ^a	73,7 ± 12,4 ^a	80,96 ± 14,8 ^{ab}

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente em nível de p≤0,05.

Para o índice CEA no cultivar Embrapa 48, as amostras irradiadas com 4 e 8kGy apresentaram o maior valor, não diferindo a dieta de amostras irradiadas com 8kGy e a dieta de caseína. As amostras controle e irradiada com 2kGy tiveram o menor valor de CEA.

O PER da dieta com soja irradiada com 4kGy e 8kGy foram as que obtiveram maior valor, e a irradiada com 2kGy e controle o menor valor. A dieta de caseína obteve resultado intermediário.

Para os dois índices são levados em consideração o peso (PER = ganho de peso/proteína ingerida e CEA = ganho de peso/ consumo total de ração), e o resultado encontrado pode ser explicado pelo fato das dietas com amostras irradiadas terem proporcionado maior ganho de peso dos animais, devido a diferentes quantidades de ração consumida.

Para digestibilidade todas as dietas de soja apresentaram porcentagem menor que da dieta de caseína, sendo que não houve diferença significativa entre as

irradiadas e o controle. Esse resultado é compatível com Toledo et al. (2007a), que estudando os efeitos da radiação nos cultivares BRS 213 e Embrapa 48 na digestibilidade "in vitro" não obtiveram diferença entre os grãos irradiados e não irradiados.

Todas as dietas de soja irradiadas não apresentaram diferença significativa com relação a dieta de caseína, e a dieta de soja controle foi a que apresentou menor valor de NPU. Tal resultado pode ser explicado pela formação de radicais hidroxila com o tratamento de irradiação (MILLIGAN et al., 1993; MOON, SONG, 2001), e a reação destes com as proteínas (podendo reagir com o triptofano, tirosina e fenilalanina), formando radicais altamente reativos. Além disso, os radicais formados também reagem com os hidrogênios dos aminoácidos aromáticos, promovendo desaminação de aminoácidos como a alanina, arginina, glicina, histidina, cisteína, cistina e aromáticos (YANG et al., 1996).

O valor biológico foi maior na dieta de soja irradiada com 4kGy. Novamente para esse índice, assim como para NPU, as amostras irradiadas não diferiram da dieta com caseína e a dieta de soja controle foi a que obteve menor valor, o que concorda com as possíveis alterações provocadas pelo processo de irradiação nas moléculas de proteína dos grãos de soja.

Tabela 24 – Índices biológicos para avaliação protéica das dietas de farinha de soja do cultivar BRS 213 irradiado com 0, 2, 4 e 8 kGy

	CEA	PER	Digestibilidade	NPU	VB
Controle	0,13 ± 0,0 ^{1 c2}	1,27 ± 0,5 ^c	81,05 ± 4,2 ^b	68,73 ± 6,1 ^{abc}	89,06 ± 12,2 ^{ab}
2 kGy	0,28 ± 0,0 ^b	2,85 ± 0,4 ^b	78,59 ± 7,0 ^b	51,48 ± 10,1 ^c	65,05 ± 13,7 ^b
4 kGy	0,32 ± 0,0 ^{ab}	3,22 ± 0,2 ^{ab}	80,77 ± 5,5 ^b	54,84 ± 19,9 ^{bc}	69,49 ± 25,6 ^b
8 kGy	0,35 ± 0,0 ^a	3,50 ± 0,4 ^a	82,17 ± 4,0 ^b	78,73 ± 7,9 ^a	106,52 ± 11,7 ^a
Caseína	0,38 ± 0,0 ^a	3,71 ± 0,2 ^a	91,21 ± 1,6 ^a	73,70 ± 12,4 ^{ab}	80,96 ± 14,8 ^{ab}

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

A dieta com soja controle foi a que obteve menor valor de CEA e PER. Já as amostras com soja irradiadas com 4 e 8 kGy promoveram índices sem diferença significativa com a dieta de caseína. Assim como para o cultivar Embrapa 48, esses resultados podem ser explicados pelo maior consumo das dietas de amostras irradiadas e um conseqüente ganho de peso maior com relação às dietas de

controle não irradiadas, e também às alterações promovidas pelo tratamento de radiação nas moléculas de amido, facilitando a ação das enzimas na digestão desse composto (ZULETA et al., 2006; YU; WANG, 2007).

Valores inferiores de PER encontrados nas dietas-teste com soja, em relação à dieta-padrão (caseína), mostram que a proteína da soja é nutricionalmente inferior à caseína, o que é confirmado por Monteiro et al. (2004), por se tratar de uma proteína de origem vegetal deficiente em aminoácidos sulfurados.

De acordo com os valores encontrados na Tabela 24, pode-se notar que o PER das dietas com soja foi inferior ao da dieta com caseína, já o NPU não se apresentou dessa forma, o que demonstra que a proteína da soja desse cultivar presta-se melhor para a manutenção do que para promover o crescimento.

Assim como para o cultivar Embrapa 48, todas as dietas com soja tiveram digestibilidade menor que a dieta com caseína. Levando em consideração que a digestibilidade é a porcentagem de proteínas que é hidrolisada pelas enzimas digestivas e absorvida pelo organismo, esse resultado pode ser explicado pelo fato da caseína ser mais facilmente hidrolisada e aproveitada pelo organismo que as proteínas advindas dos grãos de soja, pois as leguminosas apresentam deficiência de aminoácidos sulfurados e substâncias denominadas de antinutricionais que podem diminuir a absorção de proteínas (CARDOSO et al., 2007).

Além disso, o valor nutritivo de uma proteína depende não somente do seu valor quantitativo, mas também da qualidade de seus aminoácidos, da disponibilidade destes aminoácidos e, portanto, de sua digestibilidade. A digestibilidade pode ser entendida como sendo a hidrólise das proteínas pelas enzimas digestivas até aminoácidos e a absorção dos mesmos pelo organismo, os quais estariam biologicamente disponíveis, desde que não houvesse interferência na absorção dos mesmos pelo organismo. É avaliada pelo quociente entre nitrogênio absorvido e o nitrogênio ingerido da dieta, expresso em porcentagem. Porém, o valor nutritivo dos alimentos é comumente afetado pelos vários tipos de tratamentos a que a fração protéica é submetida durante o preparo e armazenamento (MENDES et al., 2007).

O valor biológico foi maior na dieta dos grãos irradiados com 8kGy, não apresentando diferença significativa com a dieta de caseína e a dieta de soja controle. As dietas de grãos irradiados com 2 e 4 kGy apresentaram menor valor. Isso indica que o processo de irradiação com doses de 2 e 4kGy podem promover

modificações nas moléculas de proteína como: formação de radicais livres, quebra das ligações peptídicas e uma subsequente desaminação e descarboxilação de algumas ligações dos aminoácidos, diminuindo a utilização dessa molécula pelo organismo (SIDDHURAJU; MAKKAR; BECKER, 2002).

Delincée, Villavicencio e Mancini-Filho (1998), estudaram a qualidade protéica de grãos de feijão (variedades Carioca e Maçacar), com doses de 0, 0,5, 1,0, 2,5, 5,0 e 10kGy, e não encontraram diferença entre as amostras irradiadas e as não irradiadas para digestibilidade, NPU e valor biológico.

5.7 Ensaio com insetos

Encontram-se divididos em dois ensaios distintos: o primeiro para determinação da capacidade de desinfestação dos grãos de soja irradiados com doses de 2, 4 e 8 kGy, e um segundo com a finalidade de se determinar a possível quebra de resistência dos grãos irradiados com as referidas doses.

5.7.1 Ensaio com a espécie *Lasioderma serricorne*

Os resultados obtidos para ambos os testes são apresentados nas Tabelas de 25 a 27.

Tabela 25 - Resultados da contagem para teste de desinfestação dos insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias) nos grãos de soja infestados e irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
adultos mortos (P)	10,00 ± 0,0 ^{1 a2}	10,00 ± 0,0 ^a	10,00 ± 0,0 ^a	10,00 ± 0,0 ^a
adultos mortos (F1)	8,25 ± 1,5 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos vivos (F1)	2,00 ± 2,7 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos mortos (F2)	5,25 ± 1,9 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos vivos (F2)	4,25 ± 1,9 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$.

Tabela 26 - Resultados da contagem para teste de desinfestação dos insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
adultos mortos (P)	10,00 ± 0,0 ^{1 a2}	10,00 ± 0,0 ^a	10,00 ± 0,0 ^a	10,00 ± 0,0 ^a
adultos mortos (F1)	7,25 ± 1,5 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos vivos (F1)	3,00 ± 1,4 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos mortos (F2)	2,25 ± 2,2 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
adultos vivos (F2)	5,75 ± 1,7 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Pelos resultados das Tabelas 25 e 26 observou-se que o tratamento com irradiação foi efetivo no controle do *Lasioderma serricorne*, em todas as doses utilizadas no presente estudo para os dois cultivares analisados. Todas as amostras irradiadas diferiram significativamente dos controles, tanto após 30 quanto 60 dias de estudo.

Após 30 dias de experimento nas amostras controle, todos os adultos que iniciaram o estudo estavam mortos. Na geração seguinte (P1) o número de insetos mortos foi maior que o número de insetos vivos. Com 60 dias, para o cultivar Embrapa 48 o número de adultos mortos foi maior do que os vivos, e para o cultivar BRS 213 existiam mais adultos vivos que mortos.

Tabela 27 - Resultados da contagem para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48, para os insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias)

Gerações	Doses de radiação (kGy)			
	Controle	2	4	8
adultos mortos (P)	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a
adultos mortos (F1)	5 ± 0,8 ^b	5,25 ± 2,1 ^b	8,5 ± 0,6 ^a	8,5 ± 1,0 ^a
adultos vivos (F1)	0 ± 0,0 ^a	0,75 ± 1,0 ^a	0,75 ± 1,0 ^a	1,25 ± 1,3 ^a
adultos mortos (F2)	2 ± 0,8 ^c	10,25 ± 1,7 ^{ab}	13,75 ± 3,1 ^{ab}	16,5 ± 3,1 ^a
adultos vivos (F2)	5,5 ± 1,3 ^b	18,5 ± 9,5 ^{ab}	23,25 ± 10,1 ^{ab}	26,75 ± 9,6 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Tabela 28 - Resultados da contagem para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213, para os insetos *Lasioderma serricorne* (P e F1 com 30 dias, e F2 com 60 dias)

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
adultos mortos (P)	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a	10 ± 0,0 ^a
adultos mortos (F1)	5 ± 1,8 ^a	6 ± 1,6 ^a	6,25 ± 2,9 ^a	7,25 ± 2,2 ^a
adultos vivos (F1)	3 ± 2,2 ^b	7 ± 0,8 ^a	7,5 ± 1,3 ^a	7,5 ± 1,3 ^a
adultos mortos (F2)	1,5 ± 1,7 ^b	13,75 ± 2,6 ^a	13 ± 3,2 ^a	12,75 ± 4,6 ^a
adultos vivos (F2)	5,25 ± 1,0 ^b	25,25 ± 4,0 ^a	26,5 ± 4,7 ^a	28 ± 6,1 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Nos Gráficos 13 e 14 são apresentados os resultados do total de insetos (P, F1 e F2) nos cultivares Embrapa 48 e BRS 213, respectivamente.

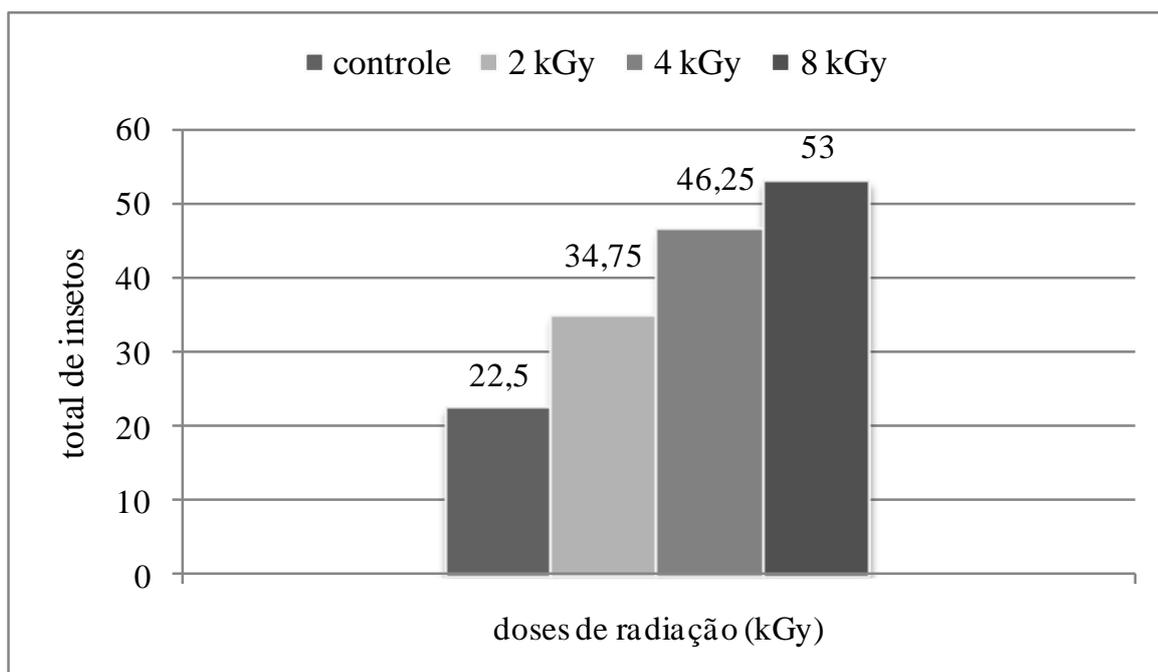


Gráfico 13 – Soma das gerações de *Lasioderma serricorne* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar Embrapa 48, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy)

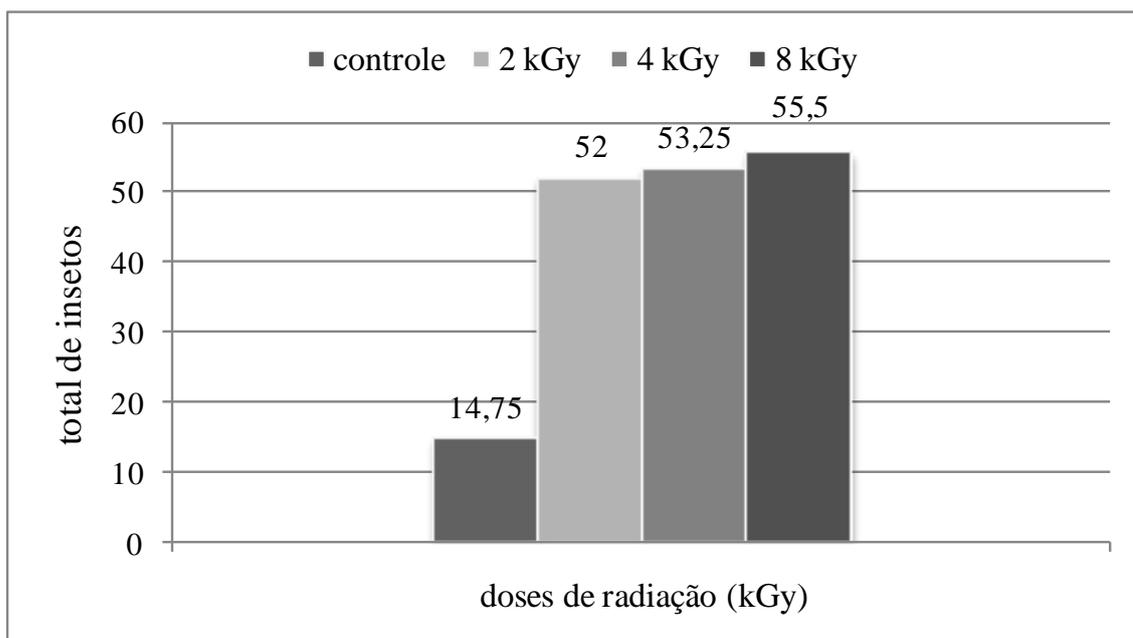


Gráfico 14 – Soma das gerações de *Lasioderma serricorne* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar BRS 213, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy)

Já com relação à quebra de resistência, esta foi comprovada, já que as amostras irradiadas apresentaram menor quantidade de adultos mortos após 30 dias com relação às amostras controle. Todos os tratamentos irradiados diferiram significativamente dos controles.

Esse resultado confirma que a diminuição promovida pelo uso da irradiação nos teores de compostos fenólicos dos grãos de soja (TOLEDO et al., 2007) diminuiram a resistência natural dos grãos ao ataque dos insetos utilizados no presente estudo. De acordo com Appel (2003), a digestão dos compostos fenólicos pelos insetos forma radicais de hidroxila que possuem ação tóxica, sendo responsáveis pela ruptura da integridade da membrana e por distúrbios de metabolismo no epitélio intestinal.

Essas informações são de grande importância, para a comprovação de que a irradiação é eficiente na desinfestação dos grãos. Através dos resultados obtidos foi possível notar que os grãos devem ser irradiados já embalados, para evitar uma posterior re-infestação, que promoveria danos, visto que a irradiação promoveu perda da resistência natural dos grãos.

Nas Figuras 10, 11, 12 e 13 a seguir, é possível a visualização dos danos provocados aos grãos com o desenvolvimento do *Lasioderma serricorne* nos grãos tratados pela radiação gama com doses de 2, 4 e 8 kGy.

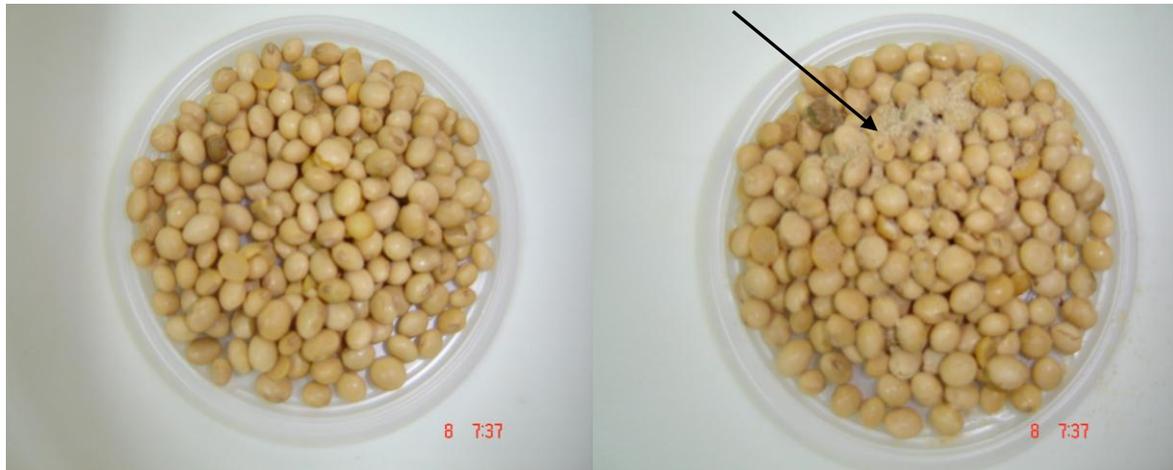


Figura 10 – Grãos do cultivar Embrapa 48 controle e irradiado com dose de 2 kGy

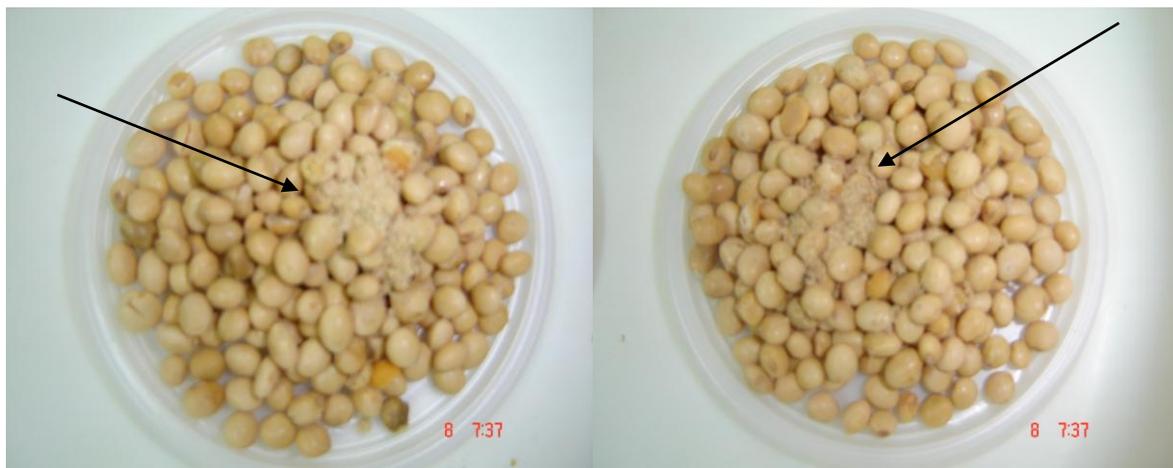


Figura 11 – Grãos do cultivar Embrapa 48 irradiados com dose de 4 e 8 kGy

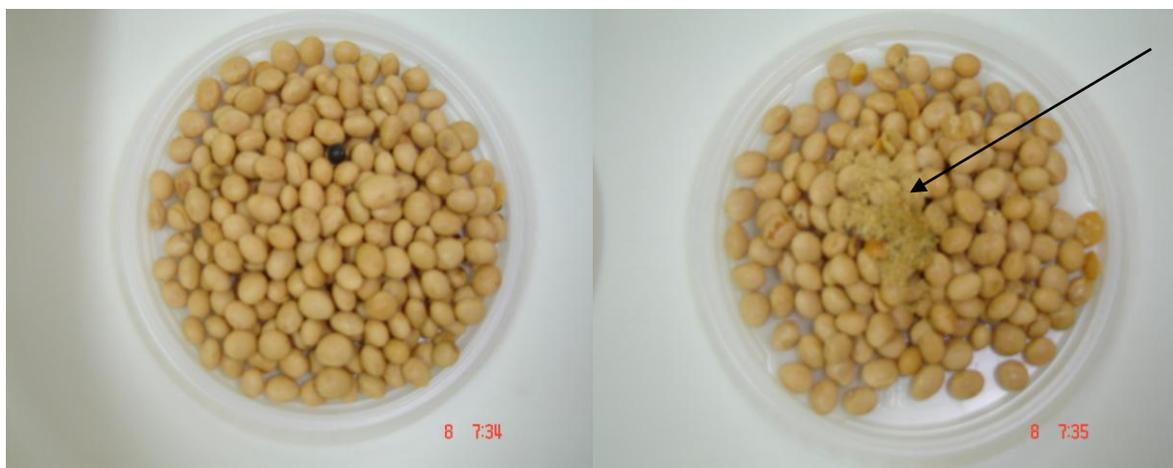


Figura 12 – Grãos do cultivar BRS 213 controle e irradiado com dose de 2 kGy

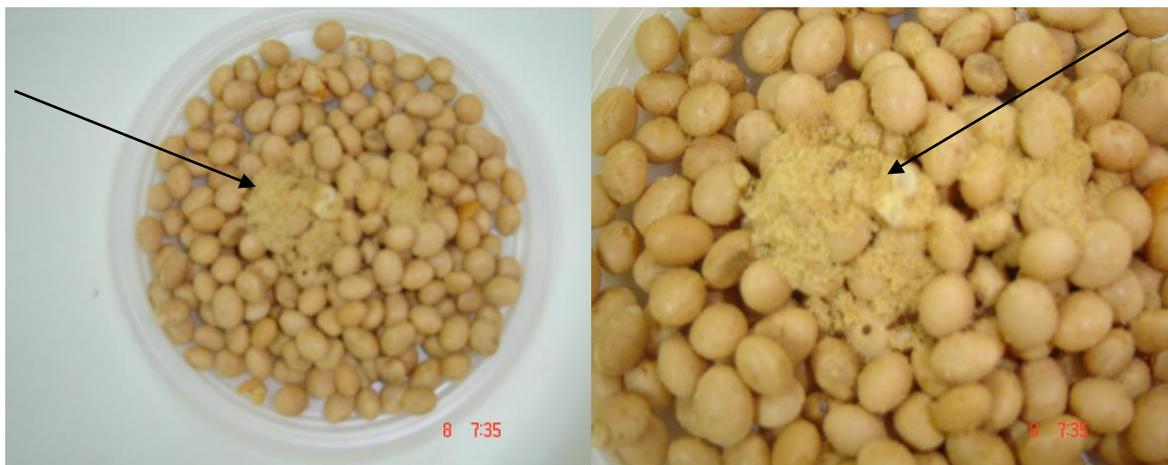


Figura 13 – Grãos do cultivar BRS 213 irradiados com 4 e 8 kGy

5.7.2 Ensaio com a espécie *Plodia interpunctella*

Para a mariposa *Plodia interpunctella*, foram utilizadas larvas tanto para a infestação quanto para o teste de quebra de resistência dos grãos de soja, e os resultados das médias das contagens das gerações filiais se encontram a seguir nas Tabelas 29 a 32.

Tabela 29 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para o teste de desinfestação de *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o Embrapa 48

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
Nº adultos mortos (P)	5,5 ± 1,3 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
Nº adultos vivos (P)	4,5 ± 1,3 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
Nº larvas mortas (F1)	3,25 ± 1,5 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
Nº larvas vivas (F1)	1,5 ± 1,3 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Tabela 30 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para o teste de desinfestação de *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias) nos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
Nº adultos mortos (P)	7,50 ± 0,6 ^{1 a2}	0 ± 0,0 ^a	0 ± 0,0 ^a	0 ± 0,0 ^a
Nº adultos vivos (P)	2,50 ± 0,6 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
Nº larvas mortas (F1)	3,25 ± 1,3 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b
Nº larvas vivas (F1)	3,25 ± 1,3 ^a	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b	0 ± 0,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

De acordo com os resultados apresentados nas tabelas 29 e 30, é possível notar que o tratamento com irradiação foi efetivo no controle do *Plodia interpunctella*, em todas as doses utilizadas, para os dois cultivares analisados. Todas as amostras irradiadas diferiram significativamente dos controles, para todos os insetos.

Tabela 31 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar Embrapa 48, para *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias)

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
Nº adultos mortos (P)	6,75 ± 0,5 ^a	4,25 ± 1,0 ^b	4,0 ± 0,8 ^b	3,5 ± 0,6 ^b
Nº adultos vivos (P)	3,25 ± 0,5 ^b	5,75 ± 1,0 ^a	6,0 ± 0,8 ^a	6,5 ± 0,6 ^a
Nº larvas mortas (F1)	2,75 ± 1,0 ^b	8,5 ± 1,3 ^a	8,5 ± 1,3 ^a	10,25 ± 2,1 ^a
Nº larvas vivas (F1)	1,75 ± 0,5 ^{ab}	0,75 ± 0,5 ^b	1,5 ± 0,6 ^{ab}	2,25 ± 1,0 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Tabela 32 - Resultados da contagem do número médio de insetos (larvas e adultos) para teste de quebra de resistência dos grãos de soja irradiados com 0, 2, 4 e 8 kGy, para o cultivar BRS 213, para *Plodia interpunctella* (P com 30 dias e F1 com 60 dias)

gerações	Doses de radiação (kGy)			
	controle	2	4	8
Nº adultos mortos (P)	6,25 ± 1,0 ^a	3,0 ± 0,8 ^b	2,75 ± 1,7 ^b	2,5 ± 0,6 ^b
Nº adultos vivos (P)	3,75 ± 1,0 ^b	7,0 ± 0,8 ^a	7,25 ± 1,7 ^a	7,5 ± 0,6 ^a
Nº larvas mortas (F1)	2,0 ± 0,8 ^b	4,5 ± 1,3 ^b	8,75 ± 1,3 ^a	9,5 ± 2,1 ^a
Nº larvas vivas (F1)	1,5 ± 1,3 ^a	1,0 ± 0,8 ^a	0,5 ± 0,6 ^a	0,75 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de $p \leq 0,05$

Para a quebra de resistência, como para o *Lasioderma serricorne*, esta foi comprovada. Porém, nem todas as doses foram prejudiciais à resistência natural dos grãos de soja. Para o cultivar Embrapa 48 e o cultivar BRS 213, somente as amostras irradiadas com 4 e 8 kGy diferiram do controle, apresentando maior quantidade de adultos vivos após 10 dias.

A seguir, os resultados do total de insetos (P, F1 e F2) nos cultivares Embrapa 48 e BRS 213 são apresentados nos Gráficos 15 e 16.

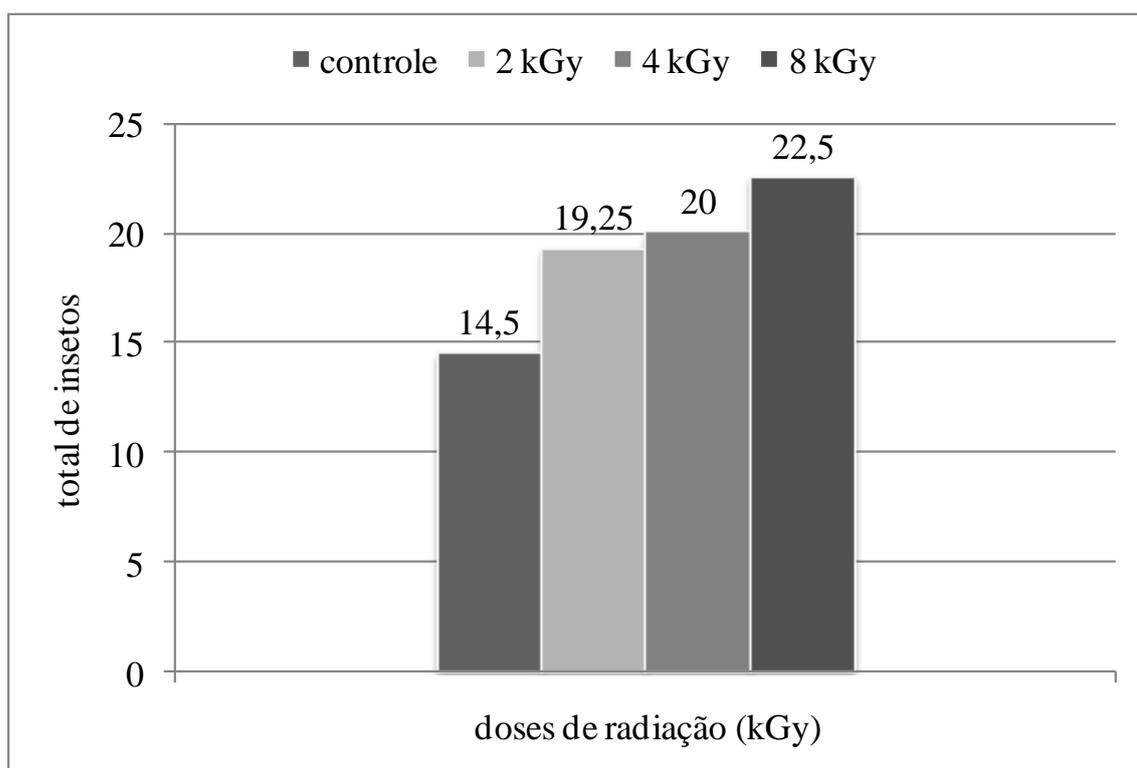


Gráfico 15 – Soma das gerações de *Plodia interpunctella* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar Embrapa 48, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy)

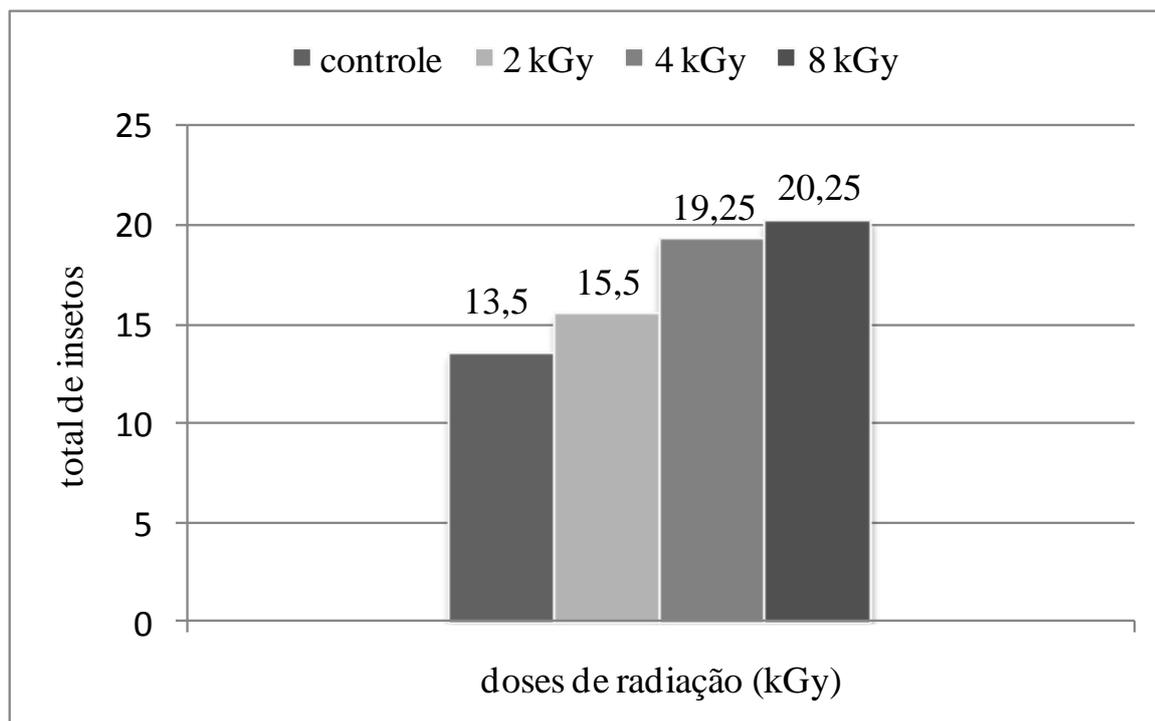


Gráfico 16 – Soma das gerações de *Plodia interpunctella* obtidos na contagem do teste de quebra de resistência dos grãos de soja do cultivar BRS 213, irradiados (controle, 2, 4 e 8 kGy)

Como é possível observar pelos Gráficos 15 e 16, o total de insetos nas amostras aumentou com o aumento das doses de radiação, confirmando a quebra de resistência natural dos grãos de soja e possibilitando o desenvolvimento dos insetos de *Plodia interpunctella*.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- os dois cultivares apresentaram perfil lipídico semelhante, e a irradiação promoveu pequena redução nas quantidades de ácidos linolênico e linoléico;
- o cultivar Embrapa 48 apresentou maior quantidade de isoflavonas glicosiladas que o BRS 213, e o tratamento de radiação promoveu aumento nas quantidades dessas isoflavonas com a dose de 2 kGy, e diminuição com as doses de 4 e 8 kGy;
- a irradiação com dose de 4kGy promoveu aumento da capacidade antioxidante;
- a irradiação promoveu menor complexação entre os polifenóis e as proteínas presentes;
- os tratamentos de irradiação promoveram alterações nas qualidades sensoriais dos grãos analisados, sendo que a dose de 8 kGy foi a que causou maior alteração na aparência e na textura.
- para o cultivar Embrapa 48, os grãos irradiados com 4kGy foram os que mais se aproximaram dos índices de qualidade da dieta com caseína; já para o cultivar BRS 213, as amostras irradiadas com 8kGy foram as que mais se aproximaram, em termos de qualidade protéica, à dieta de caseína;
- foi comprovada a eficiência da irradiação na desinfestação dos grãos. Os grãos devem ser irradiados já embalados, para evitar posterior re-infestação, já que a irradiação promoveu perda da resistência natural dos grãos.

REFERÊNCIAS

ABDILLE, M.D.H.; SINGH, R.P.; JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, n. 4, p. 891-896, 2005.

ABU-TARBOUSH, H.M. Irradiation inactivation of some antinutritional factors in plant seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 2698–2702, 1998.

ACHOURI, A.; BOYE, J.I.; BELANGER, D. Soybean isoflavones: Efficacy of extraction conditions and effect of food type on extractability. **Food Research International**, Essex, v. 38, p. 1199-1204, 2005.

ADACHI, M.; KANAMORI, J.; MASUDA, T.; YAGASAKI, K.; KITAMURA, K.; MIKAMI, B.; UTSUMI, S. Crystal structure of soybean 11S globulin: glycinin A3B4 homo-hexamer. **Plant Biology**, Stuttgart, v.100, n.12, p. 7395–7400, 2003.

AGUIAR, C.L. Isoflavonas de soja e propriedades biológicas. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 323–334, 2002.

ALFEREZ CONSULTORIA E ASSESSORIA RADIOLÓGICA. Nós e as radiações. Irradiação de alimentos. **Informativo CRTR06**, Belo Horizonte, n.1, 2, 3, 2008. Disponível em: <http://www.cultura.com.br/radiologia/diversos/esterilizacao.htm>. Acesso em: 06 abr. 2009.

ALVAREZ, M.; FRAGA, R.; ANDÚJAR, G. Control de insectos en la harina de soja por irradiación. **Alimentaria**, Madrid, v. 276, p. 43-46, 1996.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 305, n. 1, p. 103–108, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução- RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para irradiação de alimentos, revogando a Portaria nº 09 DINAL/MS de 1985 e Portaria nº 30 de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 de janeiro de 2001. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm. Acesso em: 06 ago. 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington, 1995. 2v.

APPEL, H.M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.19, p.1521-1551, 2003.

ARMELIN, J.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, V.A.; PIEDADE, S.M.S. Quantitative descriptive analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under gamma radiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 1, p. s8–s12, 2006.

ARMELIN, J.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; PIEDADE, S.M. de S.; MACHADO, F.M.V.F.; SPOTO, M.H.F. Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498–502, 2007.

ARTHUR, V.; GROPPPO, G.A. Influência da radiação gama sobre adultos de *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: *Gelechiidae*). **Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas**, Santiago de Chile, v. 33, p. 43-44, 2007.

ARTHUR, V. Controle de insetos-pragas por radiações ionizantes. **Biológico**, São Paulo, v. 59, n.1, p.77-79, 1997.

ARTS, M.J.T.J.; DALLINGA, J.S.; VOSS, H.P.; HAENEN, G.R.M.M.; BAST, A. A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC essay. **Food Chemistry**, Barking, v. 88, p. 567-570, 2004.

ARTS, M.J.T.J.; HAENEN, G.R.M.M.; VOSS, H.P.; BAST, A. Masking of antioxidant capacity by the interaction of flavonoids with proteins. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.39, n.8, p.787-791, 2001.

ASQUITH, T.N.; BUTLER, L.G. Interactions of condensed tannins with selected proteins. **Phytochemistry**, Oxford, v. 25, n. 7, p. 1591-1593, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 12994**. Método de análise sensorial dos alimentos – classificação. Rio de Janeiro, 1993. 8p.

AUST, O.; SIES, H.; STAHL, W.; POLIDORI, M.C. Analysis of lipophilic antioxidants in human serum and tissues: tocopherols and carotenoids. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.936, n.1, p.83-93, 2001.

ÁVILA, M.R.; BRANCCINI, A. de L.; SCAPIM, C.A.; MANDARINO, J.M.G.; ALBRECHT, L.P.; VIDIGAL FILHO, P.S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 111 - 127, 2007.

BABU, R.M.; SAJEENA, A.; SEETHATAMAN, K.; REDDY, M.S. Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management – an over view. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, n. 9, p. 1071–1086, 2003.

BALDASSO, J.G.; ARAÚJO, M.M.; MANCINI-FILHO, J. **Deteção de soja irradiada pelo ensaio do Cometa e Germinação**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Energia Nuclear / CNEN; São Paulo: IPEN / Centro de Tecnologia das Radiações. Disponível em: <http://www.usp.br/siicusp/11osiicusp/ficha2054.htm>. Acesso em: 13 jul. 2007.

BAO, J.; AO, Z.; JANE, J. Characterization of Physical Properties of Flour and Starch Obtained from Gamma-Irradiated White Rice. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 57, n. 10, p. 480-487, 2005.

BARBOSA, A. C. L.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Influence of temperature, pH and ionic strength on the production of isoflavone-rich soy protein isolates. **Food Chemistry**, Barking, v. 98, n. 4, p. 757-766, 2006.

BARNES, S.; KIM, H.; XU, J. Soy in the prevention and treatment of chronic diseases. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 295-308.

BARNES, S.; KIRK, M.; COWARD, L. Isoflavones and their conjugates in soy foods: Extraction conditions and analysis by HPLC-mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 2466-2474, 1994.

BARROS, C.A.; ARTHUR, V. Determinação experimental da dose de redução do crescimento (GR50) e da dose letal (LD50) de soja irradiada por raios gama. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 2, p. 19-26, 2005.

BASENHOP, A.F.; WILKENS, W.F. The formation of 1-0-1-octen-ol in soybeans during storage. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 179, 1969.

BENINGER, C.W.; HOSFIELD, G.L. Antioxidant activity extracts condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 27, p. 7879-7883, 2003.

BENNINK, M.R. Soybean in the prevention and treatment of cancer. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE OS BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.24-27.

BERG, V.D.; HAENEN, G.R.M.M.; VAN DEN BERG H; BAST, A. Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. **Food Chemistry**, Barking, v. 66, n. 4, p. 511-517, 1999.

BIRCH, A.E.; FENNER, G.P.; WATKINS, R.; BOYD, L.C. Antioxidant properties of evening primrose seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 9, p. 4502-4507, 2001.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOCKISH, M. **Fats and oils handbook**. 2. ed. Champaign: AOCS Press, 1998. 245p.

BORGES, P.A.P.; FENGLER, C.; CERVI, A. Estimativa da difusividade térmica de grãos de soja pelo método da compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p. 591-595, 2009.

BOWLES, S. **Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja – okara em pães do tipo francês**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

BRADLOW, H.L.; SEPKOVIC, D.W. Diet and breast cancer. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 963, p. 247-267, 2002.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 10, p. 4841-4844, 2001.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de 22 de dezembro de 2006. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação de Óleos vegetais refinados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2006.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, p. 237–297, 1993.

BURDEN, B.J.; NORRIS, D.M. Role of the isoflavonoid coumestrol in the constitutive antixenotic properties of Davis soybeans against an oligophagous insect, the mexican bean beetle. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.18, p.1069-1081, 1999.

BURNS, R.A. Protease inhibitors in processed plant foods. **Journal of Food Protection**, Ames, v.2, n. 50, p. 161–166, 1987.

BYUN, M.W.; KANG, I.J. Effect of gamma irradiation on soya bean proteins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 66, n. 1, p. 55-60, 1994.

BYUN, M.W.; KANG, I.J. Properties of soya milk and tofu prepared with gamma irradiated soya beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 67, n. 4, p. 477-483, 1995.

CAI, T.; CHANG, K.C. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 2, p. 720-727, 1999.

CAI, Y.; LUO, Q.; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. **Life Sciences**, Amsterdam, v. 74, n. 17, p. 2157-2184, 2004.

CAMPOS, A.M.; LISSI, E.A. Kinetics of the reaction between 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) derived radical cations and phenols. **International Journal of Chemical Kinetics**, New York, v. 29, n. 3, p. 219–224, 1997.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR - CDTN. **CDTN, FUNED e UFMG pesquisam irradiação de alimentos**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em <<http://www.cdtm.br>> Acesso em: 01 abr. 2010.

CARBONARO, M.; VIRGILI, F.; CARNOVALE, E. Evidence for protein–tannin interaction in legumes: implications in the antioxidant properties of faba-bean tannins. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 29, p. 743-750, 1996.

CARBONARO, M.; GRANT, G.; CAPPELLONI, M.; PUSZTAI, A. Perspectives into Factors Limiting in Vivo Digestion of Legume Proteins: Antinutritional Compounds or Storage Proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 742-749, 2000.

CARDOSO, L.R.; OLIVEIRA, M.G.A.; MENDES, F.Q.; PIRES, C.V.; RIBEIRO, F.R.; SANT'ANA, R.C.O.; MOREIRA, M.A. Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v.18, n.1, p.19-26, 2007.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; SIMÃO, A.S.; KIKUCHI, A. Efeitos de genótipos, ambientes e de tratamentos hidotérmicos na concentração de isoflavonas agliconas em grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 897-902, 2003.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BELÉIA, A.P.; KITAMURA, K.; OLIVEIRA, M.C.N. Effects of genetics and environment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1787-1795, 1999.

CARVALHO, M.R.B.; KIRSCHNIK, P.G.; PAIVA, K.C.; AIURA, F.S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 267–272, 2002.

CARVALHO, M.R.B.; RODRIGUES, M.A.A.P.S.; TAVARES, D.Q.; MCGINNIS, J.; SGARBIERI, V.C. Efeitos da irradiação (raios γ) sobre as propriedades físicas, sensoriais e nutritivas dos grãos de feijão **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.10, p. 1663-1672, 1991.

CARVALHO, S. M. **Efeito da adição de tocoferóis sobre a qualidade de óleo de soja embalado em pet.** 2007. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CASTRO, A.P.B.M.; JACOBI, C.M.A.; CORRADIS, G.A.; ABDALLA, D.; GONÇALVES, R.F.F.; ROCHA, F.T.L.; FOMIN, A.B.F.; PASTORINO, A.C. Evolução clínica e laboratorial de crianças com alergia a leite de vaca e ingestão de bebida à base de soja. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 27-34, 2005.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA – CENA. Piracicaba, 2010. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp>> Acesso em: 22 jan. 2010.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias:** bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional e modificaciones químicas. Zaragoza: Editorial Acribia, 1989. 346 p.

CHIANG, H.D.; NORRIS, M.; CIEPIELA, A.; SHAPIRO P.; OOSTERWYK, A. Inducible versus constitutive soybean resistance to mexican bean beetle. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.13, p.741-749, 1997.

CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão:** química, nutrição e tecnologia. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997. 180 p.

CHUNG, T.K.; YIP, S.K.; LAM, P.; CHANG, A.M.; HAINES, C.J. A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study on the effect of oral estradiol on acute menopausal symptoms. **Maturitas**, Amsterdam, v. 25, p. 115-123, 1996.

CIABOTTI, S. **Aspectos químico, físico-químico e sensorial de extratos de soja e tofus obtidos dos cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase.** 2004. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CIABOTTI, S.; BARCELLOS, M.F.P.; MANDARINO, J.M.G.; TARONE, A.G. Avaliações químicas e bioquímicas dos grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenase. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 920-929, 2006.

CLARK, J.W.; SANTOS-MOORE, A.; STEVENSON, L.E.; FRACKELTON, A.R. Effects of tyrosine kinase inhibitors on the proliferation of human breast cancer cell lines and proteins important in the rats signaling pathway. **International Journal of Cancer**, New York, v. 65, p. 186-191, 1996.

COMPUSENSE INC. **Compusense Five**. Release 3.0. Programa automatizado para análise sensorial (software). Guelph, Ont., 1998. 1CD-ROM.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estimativa da produção de grãos** – safra 2008/09. Brasília, DF. Disponível em: <www.conab.gov.br/safras.asp> Acesso em: 20 dez. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Exportação complexo soja e trigo**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0304-oferta-e-demanda-mundial.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

COSTA, E.A. **Manual de nutrientes** – Prevenção de doenças através dos alimentos. Alimentos e suas composições químicas. 2. ed. Petrópolis: Editora Vozes. 2002. cap. 1, p. 13–175.

COWARD, L.; BARNES, N.C.; SETCHELL, K.D.R.; BARNES, S. Genistein, daidzein, and their b-glycoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 11, p. 1961–1967, 1994.

COWARD, L.; SMITH, M.; KIRK, M.; BARNES, S. Chemical modification of isoflavones in soyfoods during cooking and processing. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.68, p. 1486-1491S, 1998. Supl.,

CUNHA, M.F.; SGARBIERI, V.C.; DAMÁSIO, M.H. Effects of pretreatment with gamma rays or microwaves on storage stability of dry beans **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.41, p. 1710-1715, 1993.

DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E. Analisis sensorial descriptiva: generacion de descriptores y seleccion de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 31, n.2, p. 165-178, 1991.

DECKER, E.A. The Role of Phenolics, Conjugated Linoleic Acid, Carnosine, and Pyrroloquinoline Quinone as Nonessential Dietary Antioxidants. **Nutrition Reviews**, New York, v. 53, n. p. 49-58, 1995.

DELINCÉE, H.; VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J. Protein quality of irradiated Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.52, n. 1- 6, p. 43 47, 1998.

DELL'ORTO, T.H.; VELÁZQUEZ, A.C.J. **Insectos que dañan granos y productos almacenados**. Santiago: FAO/RLAC, 2000. 142p.

DIEHL, J.F. Food irradiation – past, present and Future. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.63, n.3-6, p. 211-215, 2002.

DIEHL, J.F.; SCHERZ, H. Estimation of radiolyc products as a basis for evaluating the wholesomeness of irradiated foods. **International Journal of Radiation Applications and Instrumentation**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 499 – 501, 1975.

DOGBEVI, M.K.; VACHON, C.; LACROIX, M. Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and the functional properties of protein in dry red kidney beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3 – 6, 265 - 268, 2000.

DORNBOS, D.L.; MULLEN, R.E. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustment by drought and temperature. **Journal of American Oil Chemists Society**, Chicago, v.69, p.228- 231, 1992.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 20. ed. Curitiba: Champagnat, 1996, 123 p.

ECONOMOU, K.D.; OREOPOULOU, V.; THOMOPOULOS, C.D. Antioxidant activity of some plant extracts of the family *Labiatae*. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 68, n. 2, p. 109 – 113, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Características dos cultivares de soja Embrapa (Região Centro-Sul, 2003/2004)**. Londrina: Embrapa Soja; Fundação Meridional, 2003. 56p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa sobre Soja**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 26 dez. 2009.

ESAKI, H.; WATANABE, R.; ONOZAKI, H.; KAWAKISHI, S.; OSAWA, T. Formation mechanism for potent antioxidant O-dihydroxy-isoflavones in soybean fermented with *Aspergillus saitoi*. **Bioscience, Biotechnology, Biochemistry**, Tokyo, v. 63, n. 5, p. 851-858, 1999.

FAN, X.; SOKORAI, K.J. Effects of ionizing radiation on quality of frozen corn and peas. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 70, n. 8, p. 1901-1908, 2007.

FAO. **Codex alimentarius: requisitos generales**. Roma, 2000. 300p. FAO.

FARAG, M.D.E.H. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, p. 319–328, 1998.

FARAG, M.D.E.H. Effect of radiation and other processing methods on protein quality of sunflower meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 12, p. 1565-1570, 1999.

FEHR, W.R.; PADILLA, G.I.; WELKE, G.A.; HOECKA, J.A.; JOHNSON, S.L.; MURPHY, P.A.; NOTTC, J.D. Genotype and environment influence on protein components of soybean. **Crop Science**, Madison, v.43, p. 511 – 514, 2003.

FELTON, G.W.; DONATO, K.; DEL VECCHIO, R.J.; DUFFEY, S.S. Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.12, p.2667-2694, 1999.

FELTON, G.W.; DUFFEY, S.S. Enzymatic antinutritive defenses of the tomato plant against insects. In: HEDIN, P. (Ed.). **Naturally occurring pest bioregulators**. Washington: American Chemical Society, 2002. p. 166-197.

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. **Fennema's food chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 1100p.

FERRARI, R.A. Componentes minoritários de óleos vegetais. **Óleos & Grãos**, São Caetano do Sul, v. 24, p. 13–15, 2001.

FLOYD, R. A.; WEST, M.; HENSLEY, K. Oxidative biochemical markers; clues to understanding aging in long-lived species. **Experimental Gerontology**, Amsterdam, v. 36, p. 619 - 640, 2001.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS - IFT. **Sensory evaluation guide for testing food and beverage products**. Chicago: Sensory Evaluation Division of the Institute of Food Technology, 1981. p.50-59.

FRIEDMAN, M.; BRANDON, D.L. Nutritional and health benefits of soy proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.49, n.3, p.1069-1086, 2001.

FUKUSHIMA, D. Recent progress on biotechnology of soybean proteins and soybean protein food products. **Journal of Food Biotechnology**, Connecticut, v. 8, n. 2-3, p. 83-135, 1991.

FUKUTAKE, M.; TAKAHASHI, M.; ISHIDA, K.; KAWAMURA, H.; SUGIMURA, T.; WAKABAYASHI, K. Quantification of genistein and genistin in soybeans and soybean products. **Food and Chemical Toxicology**, London, v. 34, n. 5, p. 457-461, 1996.

GARCIA, M.C.; TORRE, M.; MARINA, M.L.; LABORDA, F. Composition and characterization of soybean and related products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.37, n.4, p.361-391, 1997.

GARRUTI, R.S. **Metodologia na seleção seqüencial e não seqüencial de provadores para análise sensorial de alimentos e bebidas**. 1976. 180 p. Tese (Doutorado Em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, UNICAMP, Campinas, 1976.

GENOVESE, M. I. HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M. Isoflavone profile and antioxidant activity of Brazilian soybean varieties. **Food Science and Technology International**, London, v. 11, n. 3, p. 205 - 211, 2005.

GILLETTE, M. Application of descriptive analysis. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 47, n.5, p. 403–409, 1984.

GINSBURG, J.; PRELEVIC, G.M. Lack of significant hormonal effects and controlled trials of phyto-oestrogens. **The Lancet**, London, v. 355, p. 163-164, 2000.

GÓES-FAVONI, S.P. de; BELÉIA, A.D.P., CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Isoflavonas em produtos comerciais de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 582–586, 2004.

GROLICHOVÁ, M.; DVORAK, P.; MUSILOVA, H. Employing ionizing radiation to enhance food safety- a Review. **Acta Veterinaria Brunensis**, Brno, Czech Republic, v. 73, n. 1, p.143-149, 2004.

GUEDES, R.N.C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 15, n. 6, p. 3-48, 2007.

GUNSTONE, F.D. Vegetable oils. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products: edible oils**. 6. ed. New York: Wiley-Interscience, 2005. v.1.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. The chemistry of free radicals and related reactive species. In: _____. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Clarendon Press, 1999a. p. 36–104.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radical, other reactive species and disease. In: _____. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Clarendon Press, 1999b. p. 617–783.

HAMMOND, E.G.; JOHNSON, L.A.; SU, C.; WANG, T.; WHITE, P.J. Soybean oil. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products: edible oils**. 6. ed. New York: Wiley-interscience, 2005. v.2.

HANDELMAN, G.J. The evolving role of carotenoids in human biochemistry. **Nutrition**, New York, v. 17, n. 10, p. 818–822, 2001.

HARBORNE, J.B. Flavonoid pigments. In: ROSENTHAL, G.A.; BEREMBAUM, M.R. (Ed.). **Herbivores and their interaction with secondary metabolites**. London: Academic Press, 2001. p.389-429.

HARPER, R. Sensory quality control. In: BIRCH, G.C.; PARKER, K.J. (Ed.). **Control of food quality and food analysis**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1984. p.181–202.

HARRISON, K.; WERE, L.M. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of Almond skin extracts. **Food Chemistry**, Barking, v. 102, n. 3, p. 932-937, 2007.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475–494, 1973.

HEIMLER, D.; VIGNOLINI, P.; DINI, M.G.; ROMANI, A. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 3053-3056, 2005.

HELM, E.; TROLLE, B. Selection of a taste panel. **Wallerstein Laboratory Communications**, New York, v. 9, p.181, 1946.

HENDRICH, S.; MURPHY, P.A. Isoflavones: source and metabolism. In: HANDBOOK of nutraceuticals and functional foods. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 55-72.

HERNANDES, N.K.; VITAL, H.C.; SABAA-SRUR, A.U.O. Irradiação de alimentos: vantagens e limitações. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.

HOSSAIN, M.M.; TALIMA, M.; SUZUKI, T.; TODORIKI, S. Effects of gamma-irradiation on the chemical composition of lentil, mung bean and wheats. **Food Irradiation**, Saclay, v. 23, p. 66–71, 1988.

HOU, H.J.; CHANG, K.C. Yield and textural properties of tofu as affected by the changes of phytate content during soybean storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 4, p. 1185-1191, 2003.

HOU, D.H.J.; CHANG, K.C. Structural characteristics of purified glycinin from soybeans stored under various conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 12, p. 3792-3800, 2004.

HOUSE, W.A.; WELCH, R.M.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L) through plant breeding. **Journal of Science of Food and Agriculture**. London, v. 82, p. 1452-1457, 2002.

HUANG, D.J.; OU, B.X.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

HUI, E.; HENNING, S.M.; PARK, N.; HBER, D.; GO, V.L.W. Genistein and daidzein/glycitein content in tofu, **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, n. 2, p. 199 – 206, 2001.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z.M.; FOONG, C.W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 87, n. 4, p. 581-586, 2004.

ISMAIL, F.A.; OSMAN, A.Z. Improvement in digestibility of broad bean (*Vicia faba*) by gamma-irradiation. **Isotope Radiation Research**, Heidelberg, v. 8, p. 17–22, 1976.

IYER, V; SALUNKHE, D. K.; SATE, S. K.; ROCKLAND, L. B. Quick-cooking beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) I Investigations on quality. **Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v. 30, n.1, p. 27-43, 1980.

IZUMI, T.; PISKULA, M. K.; OSAWA, S.; OBATA, A.; TOBE, K.; SAITO, M.; KATAOKA, S.; KUBOTA, Y.; KIKUCHI, M. Soy isoflavone aglycones are absorbed faster and in higher amounts than their glucosides in humans. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 1695-1699, 2000.

JACK, F.R.; PIGGOTT, J.R. Free choice profiling in consumer research. **Food Quality and Preference**, Amsterdam, v.3, p. 129–134, 1991.

KAHKONEN, M.P.; HOPIA, A.I.; VUORELA, H.J.; RAUHA, J.P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T.S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 10, p. 3954–3962, 1999.

KASS-ANNESE, B. Alternative therapies for menopause. **Clinical Obstetrics & Gynecology**, Philadelphia, v. 43, n. 1, p. 162 - 183, 2000.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 153 – 161, 2002.

KAUR, M.; SINGH, N. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v.102, n.1, p.366-374, 2007.

KENNEDY, A.R. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. **Jornal of Nutrition**, Bethesda, v. 125, p. 733s-743s, 1995. Supplement.

KHATTAK, A.B.; KLOPPENSTEIN, C.F. Effects of gamma irradiation on the nutritional quality of grain and legume. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 66, p. 170–171, 1989.

KHATTAK, K.F.; SIMPSON, T.J.; IHASNULLAH. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. **Food Chemistry**, Barking, v.100, n.4, p.967-972, 2008.

KINSELLA, J.E.; BRUCKNER, G.; MAI, J.; SHIMP J. Metabolism of *trans* fatty acids with emphasis on the effects of *trans,trans*-octadecadienoate on lipid composition, essential fatty acid, and prostaglandins: an overview. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 34, p. 2307-2318, 1981.

KÖBER, E.; GONZALEZ, M.E.; GAVIOLI, N.; SALMORAL, E.M. Modification of water absorption capacity of a plastic based on bean protein using gamma irradiated starches as additives. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.76, n.1, p.55-60, 2007.

KROLL, J.; RAWEL, H.M.; CZAJKA, D.B. Changes induced in properties of food proteins by apigenin and quercetin. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2002.

KROLL, J.; RAWEL, H.M.; ROHN, S.; CZAJKA, D. Interactions of glycinin with plant phenols- Influence on chemical properties and proteolytic degradation of the proteins. **Nahrung/Food**, Weinheim, v. 45, n. 6, p. 388-389, 2001.

KUDOU, S.; FLEURY, Y.; WELTI, D.; MAGNOLATO, D.; UCHIDA, T.; KITAMURA, K.; OKOTUBO, K. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). **Agriculture Biologic Chemistry**, Tokyo, v. 55, n. 9, p. 2227 – 2233, 1991.

LACROIX, M.; AMIOT, J.; BRISSON, G.J. Hydrolysis and ultrafiltration treatment to improve the nutritive value of rapeseed protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, p. 1644-1645, 1983.

LACROIX, M.; LE, T.C.; QUATTARA, B.; YU, H.; LETENDRE, M.; SABATO, S.F.; MATEESCU, M.A.; PATTERSON, G. Use of gamma irradiation to produce films from whey, casein and soya proteins: structure and functionals characteristics. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 63, n. 3-6, p. 827-832, 2002.

LAGUNAS-SOLAR, M.C. Radiation Processing of foods: An overview of scientific principles and current status. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 58, n. 2, p.186-192, 1995.

LAMARTINIERE, C.A.; COTRONEO, M.S.; FRITZ W.A.; WANG, J.; MENTOR-MARCEL, R.; ELGAVISH, A. Genistein chemoprevention: timing and mechanisms of action in murine mammary and prostate. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 132, n. 3, p. 552S-558S, 2002.

LANGRON, G.A.; TATINI, S.R. The application of Procrustes statistics to sensory profiling. In: ATKIN, R.K.; HORWOOD, E. (Ed.). **Sensory quality in foods and beverages**. Chichester: John Wiley, 1983. p.155 – 186.

LEE, C.C. Electron paramagnetic resonance (EPR) and packing studies on γ -irradiation flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 39, p. 147–155, 1962.

LEE, C.H.; YANG, L.; XU, J.Z.; YEUNG, S.Y.Z.; HUANG, Y.; CHEN, Z.Y. Relative antioxidant activity of soybean isoflavones and their glycosides. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, p. 735–741, 2005.

LEE, J.H.; RENITA, M.; FIORITTO, R.J.; St MARTIN, S.K.; SCHWARTZ, S.J.; VODOVOTZ, Y. Isoflavone characterization and antioxidant activity of Ohio soybeans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 9, p. 2647-2651, 2004.

LEE, S.J. Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 81, n. 2/3, p. 181 - 192, 2003.

LIN, S.S. Fats and oils oxidation. In: WAN, P.J. (Ed.). **Introduction to fats and oils technology**. Champaign: AOCS Press, 1991. cap. 12, p.211-231.

LIU, J.; CHANG, S.K.C.; WIESENBERN, D. Antioxidant properties of soybean isoflavone extract and tofu *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 6, p. 2333-2340, 2005.

LIU, K. **Soybeans**: chemistry, technology, and utilization. Gaithersburg: Aspen Publishers Inc., 1999. 532p.

LORINI, I. **Como manejar as pragas de grãos armazenados**. Disponível em: <<http://www.snagricultura.org.br/artec-armazem.htm>>. Acesso em: 02 Abr. 2009.

LUI, M.C.Y.; AGUIAR, C.L.; ALENCAR, S.M. de.; SCAMPARINI, A.R.P.; PARK, Y.K. Isoflavonas em isolados e concentrados protéicos de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 206-212, 2003. Suplemento.

LYON, D.H.; FRANCOMBRE, M.A.; HASDELL, T.A.; LAWSON, K. (Ed.). **Guidelines for sensory analysis in food products development and quality control**. London: Chapman and Hall, 1992. 131p.

MACHLIN, L.J.; BENDICH, A. Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. **Faseb Journal**, Bethesda, v. 1, n. 6, p. 441 – 445, 1987.

MAHUNGU, S.M.; DIAZ-MERCADO, S.; LI, J.; SCHWENK, M.; SINGELTARY, K. FALLER, J. Stability of isoflavones during extrusion processing of corn/soy moisture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.47, n.1, p.279-284, 1999.

MANTZIORIS, E.; JAMES, M.J.; GIBSON, R.A.; CLELAND, L.G. Dietary substitution with α -linolenic acid-rich vegetable oil increases eicosapentaenoic acid concentrations. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v.59, p.1304-1309, 1994.

MARKHAM, K.R. Flavones, flavonols and their glycosides. In: MARKHAM, K.R. (Ed.). **Methods in Plant Biochemistry**. London: Academic Press, 2000. p. 197-235.

MARTIN-CABREJAS, M.A.; ESTEBAN, R.M.; PEREZ, P. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 3223–3227, 1997.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**, Caracas, v. 50, n.1, p. 5 – 18, 2000.

MARUYAMA, N.; FUKUDA, T.; SAKA, S.; INUI, N.; KOTOH, J.; MIYAGAWA, M.; HAYASHI, M.; SAWADA, T. Molecular and structural analysis of electrophoretic variants of soybean seed store proteins. **Phytochemistry**, Oxford, v.64, p. 701–708, 2003.

MELO, E. de A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.A.G.; LEAL, F.L.L.; CAETANO, A.C. da S.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639–644, 2006.

MENDES, F.Q.; OLIVEIRA, M.G.A.; CARDOSO, L.R.; COSTA, N.M.B.; SANT'ANA, R.C.O. Digestibilidade protéica e caracterização bromatológica de linhagens de soja com ausência ou presença do inibidor de tripsina Kunitz e das isozimas lipoxigenases. **Bioscience**, Washington, v. 23, n. 1, p. 14-21, 2007.

MESSINA, M.J.; PERSKY, V.; SETCHELL, K.D.; BARNES, S. Soy intake and cancer risk: a review of the *in vitro* and *in vivo* data. **Nutrition and Cancer**, Hillsdale, v. 21, p. 113-121, 1994.

MOLINA, M.R.; FUENTE, G. de la; BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, p. 587–591, 1975.

MILLIGAN, J. R.; AGUILERA, J. A.; WARD, J. F. Variation of single strand break yield with scavenger concentration for the SV 40 minichromosome irradiated in aqueous solutions. **Radiation Research**, New York, v. 133, n. 2, p. 158-162, 1993.

MORAES, F.P; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109 - 122, 2006.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004.

MOREIRA, M.A.; TAVARES, S.R.; RAMOS, V.; BARROS, E.G. de. Hexanal production and TBA number are reduced in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds lacking lipoxygenase isozymes 2 and 3. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 1, p. 103–106, 1993.

MONTEIRO, M.R.P.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; PIRES, C.V.; MOREIRA, M.A. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz e das isoenzimas Lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.

MONTEIRO, M.R.P. **Avaliação da digestibilidade e da qualidade protéica de linhagens de soja com ausência de inibidor de tripsina Kunitz e das isoenzimas lipoxigenases**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MOON, S.; SONG, K.B. Effect of irradiation on the molecular properties of ovalbumin and ovomucid and protection by ascorbic acid. **Food Chemistry**, Barking, v. 74, p. 479-483, 2001.

MORI, E.E.M. (Coord.). **Métodos sensoriais e físicos para avaliação de alimentos e bebidas: princípios e aplicações**. Campinas: ITAL, 1992. 1v.

MOURA, N.C. de; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, M.H.F.; ARTHUR, V. Avaliação sensorial de feijão preto submetido à radiação gama de ⁶⁰Co. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.2, p. 370-374, 2005.

MOURÃO, D.M.; SALES, N.S.; COELHO, S.B.; SANTANA, H.M.P. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 37-40, 2005.

MUJOO, R.; TRINH, D.T.; NUG, P.K.W. Characterization of storage proteins indifferent soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture, **Food Chemistry**, Barking, v. 82, p. 265-273, 2003.

NAIM, M.; GESTETNER, B.; ZILKAH, S.; BIRK, Y.; BONDI, A. Soybean isofalvones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 22, n. 5, p. 806–810, 1976.

NATARAJAN, S.; XU, C.; CAPERNA, T.F.; GARRETT, W.M. Comparison of protein solubilization methods suitable for proteomic analysis of soybean seeds proteins, **Analytical Biochemistry**, New York, v. 342, p. 214-220, 2005.

NILSSON, J.; STEGMARK, R.; AKESSON, B. Total antioxidant capacity in different pea (*Pisum sativum*) varieties after blanching and freezing. **Food Chemistry**, Barking, v. 86, n. 4, p. 501-507, 2004.

NOVAIS, V.L. D. de. **Química Orgânica**. v. 3. São Paulo: Atual, 2000. 500 p.

NOVELLI, V.M.; FREITAS-ASTÚA, J.; SEGATTI, N.; MINEIRO, J.L.C.; ARTHUR, V.; BASTIANEL, M.; HILF, M.E.; GOTTWALD, T.R.; MACHADO, M.A. Effects of radiation (Cobalt-60) on the elimination of *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) *Cardinium endosymbiont*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 45, p. 147-153, 2008.

O'BRIEN, R.D. Fats and oils processing. In: O'BRIEN, R.D., FARR, W.C., WAN, P.J. **Introduction to fats and oils technology**. 2. ed. Champaign: AOCS Press, 2000.

OLIVEIRA, L.C. Present situation of food irradiation in South America and the regulatory perspectives for Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3/6, p. 249-252, 2000.

ONozAWA, M.; FUKUDA, K.; OHTANI, M.; AKAZA, H.; SUGIMURA, T.; WAKABAYASHI, K. Effects os soybean isoflavones on cell growth and apoptosis of the human prostatic cancer cell line LNCaP. **Japanese Journal of Clinical Oncology**, Tokyo, v. 28, n. 6, p. 360–363, 1998.

ORNELLAS, C.B.D.; GONÇALVES, M.P.J.; SILVA, R.P.; MARTINS, T.R. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p. 211-213, 2006.

PANDJAITAN, N.; HETTIARACHCHY, N.; JU, Z.Y. Enrichment of genistein in soy protein concentrate with α -glucosidase. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 403-407, 2000.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidant status. **Food and Chemical Toxicology**, London, v. 37, n. 9–10, p. 999–1007, 1999.

PARK, Y.K.; AGUIAR, C.L.; ALENCAR, S.M.; SCAMPARINI, A.R.P. Avaliação do teor de isoflavonas em soja brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 3, p. 156-160, 2001.

PENHA, L.A.D.; FONSECA, I.C.B.; MANDARINO, J.M.; BENASSI, V.T. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2007.

PEREIRA, D.A, JABONKLA, F.H., SZPIZ, R.R., LAGO, R.C.A, CABRAL, C. Study of twenty principal soybean varieties cultivated in Brazil with respect to quantity and quality of oil. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS AND OILS TECHNOLOGY; SYMPOSIUM AND EXHIBITION, 1991, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1991. p. 147-149.

PHILIPPI, S.T. **Nutrição e técnica dietética**. São Paulo: Manole, 2003. 390p.

PIMENTEL, B.M.V; FRANCKI, M; GOLLÜCKE, B.P. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela, 2005. 95p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10. ed. São Paulo: Editora Nobel, 1982. 430p.

PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine Max (L.) Merrill*)**. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univerdidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

POTTER, S.M.; BAKHIT, R.M.; ESSEX-SORRIE, D.L.; WEINGARTNER, K.E.; CHAPMAN, K.M.; NELSON, R.A.; PRABHUDESAI, M.; SAVAGE, W.D.; NELSON, A.I.; WINTER, L.W. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 58, n. 4, p. 501-506, 1993.

POTTER, S.M.; BAUNG, J.A.; TENG, H.; STILLMAN, R.J.; SHAY, N.F.; ERDWAN, J.W. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 68, n. 6, p. 1375-1379, 1998.

PRIOR, R.L.; WU, X.L.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in food and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005.

PURANANANDA, C. **Studies on effects of radiations on snake venoms with special aspects on their sterilization**. Vienna: IAEA, 1972.

RAO, V.S.; VAKIL, V.K. Effects of gamma irradiation on flatulence-causing oligosaccharides in green grown (*Phaseolus aureus*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 6, p. 1791-1795, 1993.

RATNAYAKE, W.M.N.; HOLLYWOOD, R., O'GRADY, E., BEARE-ROGERS, J.L. Determination of *cis* and *trans*-octadecenoic acids in margarines by gas chromatography-infrared spectrophotometry. **Journal of American Oil Chemistry Society**, Chicago, v. 67, n. 11, p. 804-810, 1990.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying na improved ABST radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY JUNIOR, C.G. AIN 93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76 rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 123, p. 1939 – 1951, 1993.

ROMBO, G.O.; TAYLOR, J.R.N.; MINNAAR, A. Effect of irradiation, with and without cooking of maize and kidney bean flours, on porridge, viscosity and in vitro starch digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Ames, v.81, n.5, p.497-502, 2001.

ROMERO, A.M.; DOVAL, M.M.; STURLA, M.A.; JUDIS, M.A. **Propiedades antioxidantes de compuestos polifenólicos presentes en extractos hidroalcohólicos de soja fermentada.** Disponível em: <<http://www.universidadnacionaldelnordeste/resumen054.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2008.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p. 39–45, 2003.

RUBEL, A; RINNE, R.W.; CANVIN, D.T. Protein, oil and fatty acids in developing soybean seeds. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 739-741, 1972.

RUEDELL, J. Cultivo da soja no Brasil. Evolução e inquietação do mercado no que se refere a tecnologias genéticas e certificação. **Evangelische Akademie Loccum**, Rehburg-Loccum, v. 21, n. 23, 2002.

RUIZ-LARREA, M.B.; MOHAN, A.R.; PAGANGA, G.; MILLER, N.J.; BOLWELL, G.P.; RICE-EVANS, C.A. Antioxidant activity of phytoestrogenic isoflavones. **Free Radical Research**, New York, v. 26, p. 63-70, 1997.

RUIZ, S. Irradiação de Alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v.87, p. 34-36, 2000.

SALGADO, J.M. Fitoestrógenos da soja. In: DE ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde.** Atheneu, São Paulo, 2001. p. 181-92.

SANDBERG, A-S. Bioavailability of minerals in legumes. **British Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 88, p. 81-85, 2002.

SANT'ANA, L.F.R.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; GOMES, M.R.A. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 129 – 135, 2000.

SAPTCHECO, N. As Tecnologias de Feixe de Életrons e Raios-X da Surebeam. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, 1., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2003. p. 58-70.

SATHE, S.K. Dry Bean protein functionality. **Critical Review in Biotechnology**, Boca Raton. v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SEDIYAMA, T. **Melhoramento de soja. In Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa. Editora UFV, 1999. p.342-428.

SETCHELL, K.D.R.; BROWN, N.M.; DESAI, P.; ZIMMER-NECHEMIAS, L.; WOLFE, B.E.; BRASHEAR, W.T.; KIRSCHNER, A.S.; CASSIDY, A.; HEUBI, J.E. Bioavailability of pure isoflavones in healthy humans and analysis of commercial soy isoflavone supplements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, n. 4, p. 1362s - 1375s, 2001.

SHAHIDI, S.; WANASUNDARA, P.K.J. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 32, n. 1, p. 67 – 103, 1992.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M; Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n .2, p. 227 - 236, 2004.

SHARMA, H.C.; NORRIS, D.M. Chemical basis of resistance in soybean to cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.55, p.353 - 364, 2001.

SHIH, F.F.; KALMAR, A.D. SDS-catalyzed deamidation of oilseed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 35, p. 642–675, 1987.

SIDDHURAJU, P.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The effect of ionising radiation on antinutritional factors and the nutritional value of plant materials with reference to human and animal food. **Food Chemistry**, Barking, v. 78, p. 187–205, 2002.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 62, n. 6, p. 1315–1321, 1995.

SIMPSON, S.J.; PIGGOTT, J.R.; WILLIAMS, S.A.R. Sensory analysis. **International Journal of Food and Agriculture**, Sussex, v.67, n.01, p.61-67, 1995.

SINGH, R.P.; MURTH, K.N.C.; JAYAPRAKASHA, G.K. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 1, p. 81-86, 2002.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, A.S.; NETTO, F.M. Influência da Irradiação e do Armazenamento nas Características Estruturais da Proteína de Soja. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.9, p. 36 – 43, 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc software**: usage and reference (version 6). 2. ed. Cary, 1996. 1CD-ROM.

STONE, H.J.; SIDÉL, S.; OLIVER, A.; WOOLSEY, R.C.; Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v.28, n.11, p.24 – 34, 1974.

STOREY, C.I. Insects in the grain grades. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 4, p. 359-361, 2006.

TAIPINA, M. S.; FONTES, M.A.S.; COHEN, V.H.; MASTRO, N.L.D. Novas tecnologias: Alimentos funcionais e a irradiação de alimentos. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n. 112, p. 31-34, 2003.

TAKAHASHI, R.; OHMORI, R.; KIYOSE, C.; MOMIYAMA, Y.; OHSUZU, F.; KONDO, K. Antioxidant activities of black and yellow soybeans against low density lipoprotein oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 11, p. 4578-4582, 2005.

TANGO, J.S.; TURATTI, J.M.; SILVA, M.T.C.; SHIROSE, I.; YOTSUYANAGI, K. Influência do local de plantio no teor e características do óleo de algumas cultivares de soja. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.4, p.355-374, 1983.

TECNIGRAN. **Proteção de grãos e sementes**. Disponível em: <<http://www.tecnigran.com.br>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

TEIXEIRA, J.P.F.; RAMOS; M.T.B.; MORAES; R.M.; FARACO, M.H.; MASCARENHAS, H.A.A. acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja: matéria seca, óleo e ácidos graxos **Bragantia**, Campinas, v. 44, n.1, p. 295 – 309, 1985.

THANANUNKUL, D.; TANAKA, M.; CHICHESTES, C.O.; LEE, T.C. Degradation of raffinose and stachiose in soybean milk by α -galactosidase from *Mortierella vinacea*. Entrapment of α -galactosidase with polyacrylamide gel. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, n.3, p. 173–175, 1976.

TOLEDO, T.C.F. de, CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. PIEDADE, S.M.S. Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 812-815, 2007a.

TOLEDO, T.C.F. de; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannin inhibitors in soybean. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, p. 1653–1656, 2007b.

TOLEDO, T.C.F. DE, CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. PIEDADE, S.M.S. Efeito da radiação gama na absorção de água e no tempo de cocção de cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.565-570, 2007c.

TORRES-PENARANDA, A.V.; REITMEIER, C.A. Sensory descriptive analysis of soymilk. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 2, p. 352-356, 2001.

TORRES-PENARANDA, A.V.; REITMEIER, C.A.; WILSON, L.A.; FEHR, W.R.; NARVEL, J.M. Sensory characteristics of soymilk and tofu made from lipoxygenase-free and normal soybeans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 6, p. 1084-1087, 1998.

TOSS, D.M.; CORREA, G.L. **Irradiador gama**. Disponível em <http://www.inin.mx/dinvtx/irradiador_gamma/irradiador_gamma.htm> Acesso em: 30 jan. 2009.

VAN DER POEL, A.F.B.; VERSTEGEN, M.W.A.; TAMMINGA, S. Chemical physical and nutritional effects of feed processing technology. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 16., 1995, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: Edmonton, 1995. p. 70 – 86.

VARIYAR, P.S.; LIMAYER, A.; SHARMA, A. Radiaion-induced enhanced of antioxidant contents of soybean (*Glycine max.* Merrill). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, n.11, p.3385-3388, 2004.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and graind products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n. 10, p. 4113–4117, 1998.

VIEIRA, C.R.; CABRAL, L.C.; PAULA, A.C.R. Caracterização física e tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, p. 291–294, 1997.

VIEITES, R.L. Alimentos. Raios do bem – pesquisa mostra benefícios da radiação gama. **Jornal da Unesp**, São Paulo, n. 180, p. 10, 2003. Disponível em <<http://www.unesp.br/aci/jornal/180/geral3.htm>>. Acesso em: 28 Ago. 2006.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ⁶⁰Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 1998. 138p. Tese (Doutorado) -

Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; BOGNÁR, A. Effect of gamma irradiation on the thiamine, riboflavin, and vitamin B6 content in two varieties of brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3, p. 299 - 303, 2000a.

VILLAVICENCIO, AL.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; GREINER, R. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.57, p.289-293, 2000b.

VINSON, J.A.; HAO, Y.; SU, X.; ZUBIK, L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n.9, p. 3630–3634, 1998.

XU, B.; YUAN, S.H.; CHANG, S.K.C. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 2, p. s167-s177, 2007.

YAKLICH, R.W. β -conglycinin and glycinin in high-protein soybean seeds, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 729-735, 2001.

YANG, J.H.; MAU, J.L.; KO, P.T. Y HUANG, L.C.H. Antioxidants properties of fermented soybean broth. **Food Chemistry**, Barking, v. 71, p. 249-254, 2000.

YANG, J.S. Effects of gamma irradiation on the flavor composition of food commodities. **Process-Induced Chemical Changes in Food Advances in Experimental Medicine and Biology**. New York, v. 434, p. 277-284, 1998.

YANG, J.S, KIM, J.H. MATSUHASHI ,S., KUME, T. Changes in biochemical properties of ovomucoid by radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.48, n. 6, p. 731 - 735, 1996.

YEN, G.CH.; CHANG, Y.CH.; SU, S.W. Antioxidant activity and active compounds of rice koji fermented with *Aspergillus candidus*. **Food Chemistry**, Barking, v. 23, p. 128-382, 2003.

YILDRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 8, p. 4083–4089, 2001.

YU, Y.; WANG, J. Effect of γ -ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. **Food Research International**, Essex, v. 40, n. 2, p. 297-303, 2007.

WANG, C.; MA, Q.; PAGADALA, S.; SHERRARD, M. S.; KRISHNAN, P.G. Changes of isoflavones during processing of soy protein isolates. **Journal American Oil Chemistry Society**, Chicago, v. 75, p. 337-341, 1998.

WANG, H.; MURPHY, P.A. Isoflavone content in commercial soybean foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 8, p. 1666-1673, 1994.

WHITE, P.J. Flavor quality of fats and oils. In: O'BRIEN, R.D., FARR, W.C., WAN, P.J. **Introduction to fats and oils technology**. 2. ed. Champaign: AOCS Press, 2000. cap. 18, p. 341-370.

WILDMAN, R.E.C. (Ed.). **Handbook of nutraceuticals and functional foods**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 542 p.

WILLIAMSON, G.; FAULKNER, K.; PLUMB, G.W. Glucosinolates and phenolics as antioxidants from plant foods. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 17 - 21, 1998.

WILLIAMS, A.A.; LANGRON, S.P. The use of free choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.35, p.558 – 568, 1984.

WOOD, J.; SENTHILMOHAN, S. Y PESKIN, A. Antioxidant activity of procyanidin-containing plant extracts at different pHs. **Food Chemistry**, Barking, v. 77, p. 155-161, 2001.

WORCMAN-BARNINKA, D.; LANGRAF, M. Irradiação de carnes. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n.1, p. 22-27, 2003.

WU, X.L.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWITZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; PRIOR, R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 12, p. 4026-4037, 2004.

ZANAO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p. 46-55, 2009.

ZARKADAS, C.G.; YU, Z.; VOLDENG, H.D.; HOPE, H.J.; AMADOR, M.A.; ROCHEMONT, J.A. Comparison of the protein-bound and free amino acid contents of two northern adapted soybean cultivars, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 1, p. 21-26, 1994.

ZEB, A.; TAUFIQ, A. The high dose irradiation affect the quality parameters of edible oils. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Tandojam, PK, v.7, n.6, p. 943-946, 2005.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). Análise sensorial. In:_____. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. cap. 6, p. 279 – 320.

ZULETA, A. DYNER, L.; SAMBUCETI, M.E.; FRANCISCO, A. Effect of gamma irradiation on the functional and nutritive properties of rice flours from different cultivars. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 83, n. 1, p. 76-79, 2006.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)