

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Efeitos da irradiação gama e da cocção sobre aspectos físicos,
químicos e sensoriais de cultivares de soja (*Glycine max*) com e sem
lipoxigenase**

Luciana Marino e Biscaro

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de Concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

PIRACICABA

2009

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

Luciana Marino e Biscaro
Bacharel em Ciências dos Alimentos

Efeitos da irradiação gama e da cocção sobre aspectos físicos, químicos e sensoriais de cultivares de soja (*Glycine max*) com e sem lipoxigenase

Orientadora:

Profa. Dra. **SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

PIRACICABA

2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Biscaro, Luciana Marino e

Efeitos da irradiação gama e da cocção sobre aspectos físicos, químicos e sensoriais de cultivares de soja (*Glycine max*) com e sem lipoxigenase / Luciana Marino e Biscaro . - - Piracicaba, 2009.

129 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Análise sensorial de alimentos 2. Bioquímica de alimentos 3. Grãos 4. Hidratação
5. Irradiação de alimentos 6. Lipoxigenase 7. Soja I. Título

CDD 633.34
B621e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À Deus,
que me abençoou e iluminou nesta caminhada.

Dedico.

À meus pais,

Leda e Raul,
que me incentivaram desde o início
e acreditam nos meus sonhos.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. e orientadora *Solange Guidolim Canniatti Brazaca*, pela orientação, inspiração e dedicação. Seus ensinamentos foram fundamentais para que esse projeto se concretizasse! Minha grande admiração.

À minha família. Meus pais, *Raul* e *Leda*, que não somente me deram a vida, como me ensinaram a vivê-la com dignidade, não bastaria um “obrigada”. Minha eterna e maior gratidão a vocês, que iluminaram o meu caminho com afeto e dedicação para que eu trilhasse sem medo e cheia de esperanças; pais por natureza, por opção e amor. Procuro arduamente uma forma verbal de exprimir uma emoção ímpar, porém me faltam palavras. Ao meu irmão, *Neto*, meu exemplo de dedicação e sucesso. Orgulho-me infinitamente em fazer parte dessa família maravilhosa. Amo vocês!

Ao *Guilherme Abbud*, por fazer meu coração bater mais forte todos os dias, mesmo doendo de tanta saudade. Agradeço imensamente o carinho e a atenção que me deu em todos os momentos dessa caminhada, mas, principalmente por ter acreditado e confiado na minha capacidade e ter vibrado comigo a cada conquista. Sem você, tudo seria menos colorido! Te amo!

À *Marina Chiarelli Marquezi*, que dividiu comigo os melhores anos de nossas vidas. Você alegrou todos os meus dias, foi a melhor companheira possível em todos os momentos e me provou diversas vezes que nossa amizade é verdadeira e eterna.

Aos colegas do mestrado: *Fernanda*, uma irmã que demorei pra encontrar, que me faz falta demais; *Paulinha*, por ser uma das pessoas mais delicadas que eu conheço, e suas ajudas “sem fim”; *Dalá*, pelos abraços, conversas e conselhos de todo dia; *Adna*, pelo exemplo de profissionalismo. E a todos os outros, que também contribuíram para que as várias horas de estudo ficassem mais agradáveis. Aos queridíssimos que participaram da análise sensorial.

A todos os meus queridos amigos de Piracicaba: *Pkdo e Kerunada*, pelos diversos momentos maravilhosos que passamos juntas; *Frijéus e Kuru*, por cuidarem de mim e alegrarem meus dias e noites; *Luana, Milena e Yvyy*, por torcerem pelo meu sucesso e pelos deliciosos momentos compartilhados; *meninos da Vira-Latas*, amigos mais que especiais que sempre me acolheram nos meus momentos de solidão. Obrigada por me deixar fazer parte dessa família linda!

À laboratorista *Débora Niero Mansi*, pela valiosa ajuda e acompanhamento nas diversas análises realizadas.

Ao *Prof. Dr. Valter Arthur*, pelo auxílio com a parte de irradiação de alimentos.

Ao *Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias*, pela grande ajuda com as análises estatísticas.

Ao *Prof. Dr. Severino Matias de Alencar* e as laboratoristas *Ivani e Tati*, pela valiosa ajuda com a quantificação das isoflavonas.

Às *Profas. Dra. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira*, por todas as dicas no início desse projeto, que me ajudaram muito e *Dra. Jocelem Mastrodi Salgado* pela amizade de sempre.

À EMBRAPA-SOJA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), de Londrina, pela doação dos grãos de soja.

À FAPESP (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo financiamento do projeto e pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	19
2 DESENVOLVIMENTO	23
2.1. Objetivos	23
2.2. Revisão de literatura	23
2.2.1. Isoflavonas	24
2.2.2. Antinutricionais	29
2.2.3. Lipoxigenase	32
2.2.4. Irradiação	34
2.2.5. Antioxidantes	36
2.2.6. Análise sensorial	39
2.3. Material e métodos	41
2.3.1. Matéria-prima	41
2.3.2. Análises físicas	43
2.3.2.1. Tempo de hidratação.....	43
2.3.2.2. Tempo de cocção	45
2.3.3. Análises químicas	48
2.3.3.1. Composição centesimal	48
2.3.3.2. Digestibilidade de proteína <i>in vitro</i>	49
2.3.3.3 Fatores antinutricionais	49
2.3.3.3.1. Fenólicos totais	49
2.3.3.3.2. Taninos	50
2.3.3.3.3. Inibidor de tripsina	50
2.3.3.4. Capacidade antioxidante	50
2.3.3.4.1. DPPH	50
2.3.3.4.2. ABTS	51

2.3.3.5. Isoflavonas	51
2.3.3.6. Determinação da atividade da lipoxigenase	52
2.3.4. Análise sensorial	53
2.3.5. Análise estatística	60
2.4. Resultados e discussão	60
2.4.1. Análises físicas	60
2.4.1.1. Tempo de hidratação	60
2.4.1.2. Tempo de cocção	66
2.4.2. Análises químicas	70
2.4.2.1. Composição centesimal	70
2.4.2.2. Digestibilidade de proteína <i>in vitro</i>	74
2.4.2.3. Fatores antinutricionais	77
2.4.2.4. Capacidade antioxidante	85
2.4.2.5. Isoflavonas	90
2.4.3. Análise sensorial	96
3 CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS	111

RESUMO

Efeitos da irradiação gama e da cocção sobre aspectos físicos, químicos e sensoriais de cultivares de soja (*Glycine max*) com e sem lipoxigenase

A soja é uma leguminosa com alto valor nutricional, devido principalmente a seu alto conteúdo protéico. Dentre a cultura de grãos, a soja caracteriza-se como a mais importante do país, o que representa um incentivo ainda maior para o consumo desse alimento. Porém, este alimento ainda sofre restrições por parte dos consumidores ocidentais, devido, principalmente a seu odor e sabor característicos, conhecidos como “beany flavor”, que é proporcionado pela ação da enzima lipoxigenase. A ação catalítica exercida por esse tipo de isoenzima sobre ácidos graxos poliinsaturados, ácido linolênico e linoléico, dos grãos de soja é um dos principais fatores responsáveis pelo aparecimento dos compostos carbonílicos, os quais causam o sabor desagradável em grãos. Para melhorar as características organolépticas da soja, pesquisadores desenvolveram novas cultivares, sem a presença da lipoxigenase. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferenças físicas, químicas e sensoriais entre as cultivares de soja com lipoxigenase e sem lipoxigenase (cultivar BRS 232 e BRS 257, da Embrapa, respectivamente) e analisar as possíveis alterações promovidas por diferentes doses de radiação (0, 4 e 8 kGy) nos grãos de soja crus e cozidos. As análises físicas realizadas foram o tempo de cocção e o tempo de hidratação dos grãos. As análises químicas realizadas foram a composição centesimal, digestibilidade da proteína, fatores antinutricionais, teor de isoflavonas e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS). Os aspectos sensoriais foram determinados por análise sensorial realizada aplicando-se métodos analíticos de diferenciação para seleção de provadores, e método descritivo para determinar a qualidade da soja. Ao final, foi realizada análise estatística fatorial 3x2x2 (doses de irradiação x cultivares x tratamentos) para análise, comparação e discussão dos resultados obtidos. Os resultados mostraram diferenças nas medidas das análises físicas com a irradiação e com as diferentes cultivares. Além disso, as diferentes cultivares apresentaram diferenças na composição centesimal, digestibilidade, teor de fenólicos, isoflavonas e inibidor de tripsina. A cocção promoveu diferença em todos os componentes estudados, com exceção da digestibilidade protéica dos grãos. Por outro lado, a irradiação afetou os compostos antinutricionais, a digestibilidade protéica e o teor de isoflavonas agliconas. Os dados da análise sensorial mostraram que o sabor e a textura das amostras não diferiram entre os cultivares e não foram afetadas pela irradiação.

Palavras-chave: Soja; Lipoxigenase; Irradiação

ABSTRACT

Physical, chemical and sensorial effects of gamma irradiation and cooking on soybean cultivars (*Glycine max*) with and without lipoxygenase

The soybean is a vegetable with high nutritional value, mainly due to its high protein content. Among the culture of grains, the soybean is the most important in Brazil, what represents a greater incentive for the consumption of this food. However, a great claim of occidental consumer is its characteristic odor and flavor, known as "beany flavor", which is provided by the action of lipoxygenase enzyme. The catalytic action exerted by this type of isoenzyme on polyunsaturated fatty acids, linolenic and linoleic acid of the soy grains, is one of the main factors responsible for the appearance of the carbonyl compounds, which cause the unpleasant flavor in grains. To enhance the organoleptic characteristics of soybeans, researchers have developed new cultivars, without the presence of lipoxygenase. The objective of this study was to evaluate physical, chemical and sensorial differences between the two soy cultivar, with and without lipoxygenases (cultivars BRS 232 and BRS 257, of Embrapa, respectively) and to analyze the possible changes promoted by different radiation doses (0, 4 and 8 kGy) in raw and cooked soybean grains. The physical analyses were: time of cooking and hydration of the grains. The chemical analyses were: centesimal composition, protein digestibility, antinutritional factors, isoflavone content and antioxidant capacity (DPPH and ABTS). The sensory aspects were determined by sensorial analysis performed by applying analytical methods of differentiation for selection of panelists, and descriptive method to determine the quality of the soybean. At the end, factorial statistical analysis was performed 3x2x2 (irradiation doses X cultivars x treatment) for analysis, comparison and discussion of the obtained results. The results showed differences in physical analyses with the irradiation and between the two cultivars. Besides, the cultivars presented differences in the centesimal composition, digestibility, phenolic content, isoflavone content and trypsin inhibitor. Cooking promoted difference in all the studied components, except for the proteic digestibility of the grains. On the other hand, the irradiation affected the antinutritional contents, the proteic digestibility and the content of aglicone isoflavones. Data from sensory analysis showed that the taste and the texture of the samples didn't differ between the cultivars and were not affected by the irradiation.

Key words: Soybean; Lipoxygenase; Radiation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química de isofalvonas glicosiladas e agliconas encontradas em grão soja	26
Figura 2 – Peças do equipamento utilizado para a hidratação dos grãos	44
Figura 3 – Equipamento de hidratação contendo amostra	45
Figura 4 – Equipamento de cocção de Mattson	46
Figura 5 – Equipamento de cocção de Mattson com amostra	47
Figura 6 – Perfuração dos grãos pelo equipamento de cocção de Mattson	48
Figura 7 – Ficha de avaliação apresentada na 1 ^a fase da seleção de provadores, o teste de reconhecimento dos gostos básicos	54
Figura 8 - Ficha de avaliação apresentada na 2 ^a fase da seleção de provadores, o teste de sensibilidade ao sabor salgado	55
Figura 9 – Ficha utilizada no levantamento de termos descritivos	56
Figura 10 – Lista de definições dos termos descritivos para os atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos grãos de soja	57
Figura 11 - Fichas de ADQ, escalas	58
Figura 12 – Quantidade de água absorvida (em mL) pelas duas cultivares estudadas, no período de hidratação dos grãos	61

Figura 13 – Volume de água absorvido (em mL) dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação analisadas no experimento (Controle, 4 kGy e 8 kGy)63

Figura 14 – Tempo de cocção das duas cultivares estudadas: BRS 232 (com lipoxigenase) e BRS 257 (sem lipoxigenase)66

Figura 15 – Tempo de cocção dos grãos de soja, com diferentes doses de irradiação (4 kGy e 8 kGy) e controle67

Figura 16 – Terminologia e referências utilizadas para o treinamento dos provadores para a análise sensorial96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de hidratação total (horas) e volume total de água absorvido (mL) pelos grãos	65
Tabela 2 - Tempo médio de cocção dos grãos, nas diferentes doses de irradiação estudadas (4kGy e 8 kGy) e grupo controle	69
Tabela 3 - Tempo total de cocção dos grãos, nas diferentes doses de irradiação estudadas (4kGy e 8 kGy) e grupo controle	70
Tabela 4 - Médias obtidas referentes à composição centesimal em matéria seca (g/100g de amostra) dos dois cultivares de grãos de soja estudados no experimento (BRS 232 e BRS 257)	71
Tabela 5 - Médias obtidas referentes à composição centesimal em matéria seca (g/100g) dos grãos de soja crus e cozidos	73
Tabela 6 - Porcentagem da digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas encontradas nos grãos nos diferentes cultivares	74
Tabela 7- Médias da digestibilidade de proteínas <i>in vitro</i> (em porcentagem) dos grãos de soja crus e cozidos	75
Tabela 8 – Porcentagem de digestibilidade <i>in vitro</i> de proteínas nas diferentes doses de irradiação	76

- Tabela 9 - Médias obtidas referentes aos compostos fenólicos totais (mg/g de amostra fresca), taninos (mg/g de matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/g de amostra e UTI/g de proteína) dos dois cultivares de grãos de soja estudados no experimento77
- Tabela 10 - Médias obtidas referentes aos compostos fenólicos totais (mg/g de amostra); taninos (mg/g de amostras, matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/mg de amostra e UTI/mg de proteína) dos grãos de soja crus e cozidos.....79
- Tabela 11 - Valores obtidos de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra); taninos (mg/g de amostra, matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/mg de amostra e UTI/mg de proteína) nas diferentes doses de irradiação dos grãos83
- Tabela 12 – Atividade antioxidante das duas cultivares, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)86
- Tabela 13 – Atividade antioxidante das amostras cruas e cozidas, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)87
- Tabela 14 – Atividade antioxidante das amostras nas diferentes doses de irradiação, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)89
- Tabela 15 – Concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) de daidzina, gliciteína, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, nas duas cultivares de soja estudadas.....90

Tabela 16 – Concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) de daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, nas amostras cruas e cozidas	92
Tabela 17 – Concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) de daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, das amostras, nas diferentes doses de irradiação.....	95
Tabela 18 – Média dos resultados de ADQ para a aparência dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257	98
Tabela 19 – Média dos resultados de ADQ da aparência para os grãos de soja com diferentes doses de irradiação	99
Tabela 20 - Média dos resultados de ADQ para o odor dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257	100
Tabela 21 - Média dos resultados de ADQ para o odor dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação	101
Tabela 22 - Média dos resultados de ADQ para o sabor dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257	102
Tabela 23 - Média dos resultados de ADQ para o sabor dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação	104
Tabela 24 – Média dos resultados de ADQ para a textura dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257	106
Tabela 25 - Média dos resultados de ADQ para a textura dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação	106

1 INTRODUÇÃO

A soja é conhecida na China desde 3000 anos a.C caracterizando-se por uma das culturas mais antigas do mundo. Foi levada para a Europa e, posteriormente, para a América, no século XVII. Porém, somente em 1930 foram desenvolvidas novas variedades da planta, que, a partir daí, passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos. No Brasil, a soja foi introduzida no Rio Grande do Sul, em 1914, quando era utilizada apenas como forragem. A partir da década de 70 passou a ter importância comercial e ganhou popularidade como fonte de óleo e proteína para alimentação humana e animal (ALMEIDA, 1985).

É um alimento muito utilizado pelos orientais e seu consumo vem crescendo no ocidente (CIABOTTI, 2004).

Graças à sua versatilidade de uso tanto para alimentação humana quanto animal, e ao seu valor econômico no mercado nacional e internacional, a soja é um produto agrícola de grande interesse mundial. A leguminosa é produzida em várias regiões do Brasil (MELLO FILHO et al., 2004).

A área plantada de soja na safra de 2008/2009 é de 21,56 milhões de hectares, e estima-se uma produção de 57,63 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2009). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, perdendo apenas para os Estados Unidos. Na safra de 2006/2007, a cultura ocupou área de 20,687 milhões de hectares, o que gerou produção de 58,4 milhões de toneladas de grãos. A produtividade média da soja brasileira é de 2823kg por hectare, chegando a alcançar 3000kg/ha no Mato Grosso, o maior estado com maior produção do grão no país (EMBRAPA-SOJA, 2009a).

Na indústria de alimentos, são conhecidos e comercializados além da soja em grãos, farinha de soja, concentrados e isolados de soja, soja texturizada, “leite” de soja, tofu e derivados fermentados, como miso, shoyo, tempeh (CIABOTTI, 2004).

A soja e seus derivados são matérias-primas muito promissoras para uso na indústria de alimentos, principalmente em produtos à base de cereais e carnes (AMAYA-GUERRA; ALANIS-GUZMAN; SALDÍVAR, 2004). A adição apropriada de derivados de soja resulta em produtos menos calóricos, mais baratos e com as características físicas e sensoriais dos produtos tradicionais (DHINGRA; JOOD, 2001;

McMINDES, 1991). Além disso, o uso proteínas de soja em alimentos industrializados apresenta diversas vantagens tecnológicas, como o aumento de retenção de umidade, melhoria da textura, ligamento, coesão e rendimento final, retenção dos atributos de qualidade em geral, maior teor protéico, cor agradável, maior vida de prateleira, melhor palatabilidade, melhor aparência e valor nutricional (ARAÚJO; CARLOS; SEDIYAMA, 1997).

Uma das alternativas para a conservação da enorme produção é utilizar a técnica da irradiação, um processo que estende a vida útil e previne problemas fitossanitários, em produtos consumidos *in natura* ou processados, inibindo brotações, matando insetos e microorganismos (THAKUR; SINGH, 1994).

Alimentos irradiados são aqueles tratados por um determinado tipo de radiação, em condições de segurança controladas, para obtenção de ganhos tecnológicos (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA, 1992).

O uso da irradiação como tratamento para preservação de alimentos foi aprovado pela Organização da Agricultura e Alimentos para a dose de até 10 kGy pois não oferece efeito negativo sob o ponto de vista nutricional e toxicológico nos alimentos (FAO, 2000).

A soja é uma semente oleaginosa, com aproximadamente 40% de proteínas. Possui ainda aminoácidos essenciais, cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A e do complexo B (B1, B2 e B6) (HALL, 1971).

A inclusão da soja e seus derivados como parte da dieta diária é altamente recomendável, pois contribui para prover os nutrientes necessários para o desenvolvimento, crescimento e manutenção do organismo, além de fornecer componentes, tais como antioxidantes naturais, isoflavonas e fosfolipídios, entre outros, que auxiliam no bem-estar físico, melhorando o funcionamento do organismo e prevenindo doenças crônico-degenerativas (MONTEIRO et al., 2004).

Para os consumidores, as características desejáveis para grãos de feijão são a rápida hidratação, baixo tempo de cocção, produção de um caldo espesso, bom sabor, boa textura, grãos moderadamente rachados, casca fina e estabilidade da cor do grão. Para a aplicação industrial, a estabilidade dos grãos após o cozimento é muito importante. A coloração e o tamanho dos grãos são os atributos avaliados em primeiro

lugar pelos consumidores na hora da compra, apresentando papel decisivo na aceitação do produto (BRESSANI, 1989).

Rockland e Jones (1974), estudando feijões, demonstraram que o processo de cocção envolve no mínimo quatro mudanças químicas e físicas nos grãos, como: liberação parcial de cálcio e magnésio na água de cocção; rápida gelatinização intracelular do amido; solubilização parcial dos componentes da lamela média com separação e ruptura das células do grão; desnaturação lenta e progressiva das proteínas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivos

O objetivo do estudo foi o de avaliar diferenças físicas, químicas e sensoriais entre cultivares de soja com lipoxigenase e sem lipoxigenase (cultivar BRS 232 e BRS 257, da Embrapa, respectivamente) e analisar as possíveis alterações promovidas por diferentes doses de radiação (0, 4 e 8 kGy) nos grãos de soja crus e cozidos.

2.2 Revisão de literatura

A mídia, nos últimos anos, vem divulgando alimentos com alegação de saúde, dentre os quais, destaca-se a soja. Suas características químicas e nutricionais a qualificam como um alimento funcional, pois além de possuir proteína de alta qualidade, pode ser usada de forma preventiva no tratamento de doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose e sintomas da menopausa (HASLER, 1998).

A relação entre o consumo de soja e a saúde humana tem sido amplamente estudada pelas características nutricionais do grão, que possui elevado teor de proteínas de boa qualidade nutricional, além de conteúdo significativo de fibras, minerais, e quantidade reduzida de gordura saturada e colesterol (MORAIS; SILVA, 2000). Além disso, esse grão possui os ácidos graxos linoléico e linolênico (NAWAR, 1985) e algumas vitaminas (FRANCO, 2001).

A Food and Drug Administration relata que a ingestão de 25g de proteínas de soja por dia, associada a uma dieta com pouca gordura saturada e colesterol, pode reduzir o risco de doenças cardíacas (ANDERSON; JOHNSTONE; COOK-NEWELL, 1995).

A dieta rica em soja parece ser benéfica para o sistema cardiovascular, pelo efeito favorável sobre o perfil lipídico (DE KLEIJN et al., 2002).

Os grãos de soja, além de possuírem em sua composição todos os aminoácidos essenciais, contêm lecitina, um fosfolípido composto por colina, inositol e fósforo. A lecitina é um emulsificador biológico, por isso é capaz de conservar suspensas as gorduras do organismo, permitindo assim que elas passem pelas paredes das artérias, e prevenindo seu acúmulo, o que diminui sua concentração na circulação sanguínea.

Portanto, a lecitina colabora na prevenção de doenças do coração e baixa a taxa de colesterol do sangue (COSTA, 2002).

Estudos com animais e humanos mostraram que as proteínas da soja quando comparadas às proteínas de origem animal, possuem propriedades com ação hipocolesterolêmica, sendo que causam diminuição significativa do LDL-colesterol e dos triacilgliceróis (CARROL; KUROWSKA, 1995).

A ação da soja no câncer ginecológico e alívio dos sintomas da menopausa são atribuídos às isoflavonas, compostos fenólicos heterocíclicos, já que estes competem com estrógenos de origem endógena, cuja função biológica está ligada ao desenvolvimento de alguns tipos de cânceres em mulheres (HASLER, 1998).

Os cânceres de mama, cólon, endométrio e ovário, têm menor incidência nos países asiáticos, quando comparados com países ocidentais (MURKIES; WILCOX; DAVIS, 1998). As propostas dos mecanismos relacionados com a dieta rica em soja e a possível prevenção de tumores malignos incluem a inibição do sistema tirosinoquinase, a suspensão da angiogênese e os efeitos antioxidantes (KASS-ANNESE, 2000).

Nos países da Ásia, o consumo de isoflavonas é de 40 a 80mg por dia (HERMAN et al., 1995), enquanto na América esse valor diminui para 1 a 3 mg por dia (KIM; KWON, 2001).

2.2.1 Isoflavonas

As isoflavonas são encontradas em grãos de soja, brotos de alfafa, sementes de linhaça, trevo vermelho e outros vegetais. Sua maior concentração é observada no gérmen dos grãos de soja. Estes compostos apresentam atividade antioxidante, bactericida, antifúngica, anticarcinogênica, antiinflamatória, antimutagênica, antihipertensiva, antiviral, antiproliferativa, estrogênica e às vezes antiestrogênica (FERREIRA, 2002).

A evidência de que esses compostos protegem contra doenças crônicas é baseada em estudos experimentais e epidemiológicos, feitos com humanos e animais (BRANDI, 1997).

A soja cada vez mais vem ganhando destaque devido aos potenciais benefícios apresentados quanto à saúde, que provavelmente estão relacionados com os seus

componentes. Entre eles, destacam-se o efeito preventivo em doenças cardiovasculares, osteoporose e câncer, além de alívio dos sintomas da menopausa. As atividades dos componentes presentes nos produtos de soja que são responsáveis por esses efeitos ainda têm que se melhor estudados, mas acredita-se que as isoflavonas, um fitoestrógeno, são uma das responsáveis por esses benefícios observados (LEE et al., 2005).

Os mecanismos relacionando ao câncer e isoflavonas são provavelmente derivados da atividade de várias enzimas, principalmente a topoisomerase II e as tirosina quinases, que são inibidas pela genisteína ou outras isoflavonas (MOLTENI; BRIZIO-MOLTENI; PERSKY, 1995). A genisteína, em particular, é um potente inibidor da tirosina quinase. A inibição dessa enzima resulta na proteção do organismo contra diversos tipos de câncer do intestino, da próstata e da mama. Essa isoflavona apresenta grande poder de controle de células cancerosas, inibindo mais o crescimento de células tumorais da próstata humana que sua forma glicosilada (MATSUDA et al., 1992).

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).

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).

As isoflavonas se apresentam em 4 formas químicas, somando-se, portanto, 12 isômeros: as agliconas daidzeína, genisteína e gliciteína; os β -glicosídeos daidzina, genistina e glicitina; e os derivados glicosilados acetilados 6"-O-acetildaidzina, 6"-O-

acetilgenistina, 6"-O-acetilglicitina; e os derivados glicosilados malonilados 6"-O-malonildaizina, 6"-O-malonilgenistina e 6"-O-maloniglicitina (KUDOU et al., 1991).

A figura 1 mostra algumas das estruturas químicas dessas isoflavonas.

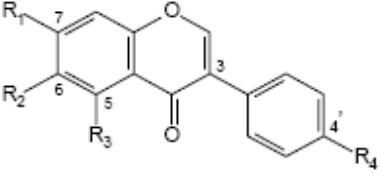
<i>Estrutura molecular plana</i>	<i>Isoflavona</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>
	Daidzina	O-glicosil	H	H	OH
	Daidzeína	OH	H	H	OH
	Glicitina	O-glicosil	OCH ₂	H	OH
	Gliciteína	OH	OCH ₂	H	OH
	Genistina	O-glicosil	H	OH	OH
	Genisteína	OH	H	OH	OH

Figura 1 – Estrutura química de isoflavonas glicosiladas e agliconas encontradas em grão soja

Fonte: Aguiar, (2002).

A proporção que cada tipo químico de isoflavona é absorvida é pouco conhecida, mas foi proposto que as agliconas são absorvidas prontamente no intestino delgado, os conjugados β -glicosídeos são absorvidos na parte distal do intestino delgado após hidrólise para a forma aglicona, e os conjugados malonils e acetis são absorvidos no intestino grosso após hidrólise (BARNES et al., 1996).

Para que ocorra absorção após administração oral, as isoflavonas glicosídicas dos grãos de soja requerem hidrólise inicial do açúcar para serem convertidas em daidzeína e genisteína, que são as formas biologicamente ativas (SETCHELL et al., 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). A concentração de isoflavonas nos grãos de soja varia de 0,1 a 5mg/g (COWARD et al., 1993).

A 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; WIESENBERN,

2005). Segundo Song et al. (1998), o teor de isoflavonas na maioria dos alimentos à base de soja varia de 100 a 300mg/100g.

Os principais compostos fenólicos da soja são as isoflavonas (GENOVESE; HASSIMOTTO; LAJOLO, 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 processamento pode afetar grandemente a quantidade total e o perfil da distribuição das isoflavonas em suas formas conjugadas e agliconas. Um tratamento com etanol 60% praticamente não alterou o perfil de distribuição do concentrado protéico e de seu sobrenadante. Já tratamentos com ácido promovem a hidrólise, aumentando o teor de isoflavonas agliconas. As maiores perdas de isoflavonas nos processos de obtenção estudados ocorrem nos sobrenadantes: 90% para processo de obtenção de concentrado protéico com etanol 60%; 52% para o processo de obtenção de isolado protéico e 47% para o processo de obtenção de concentrado protéico isoelétrico.

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 adequados, 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 et al. (2006) demonstraram que um suplemento à base de gérmen 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, mas também de sua distribuição e formas presentes.

2.2.2 Antinutricionais

Apesar desses compostos benéficos à saúde, a soja crua apresenta quantidades satisfatórias de fatores antinutricionais, especialmente inibidores de tripsina, que contribuem para a redução da digestibilidade de suas proteínas (CARVALHO et al., 2002). A porção antinutricional das leguminosas, quando consumidas cruas ou processadas inadequadamente, podem provocar efeitos fisiológicos adversos ao homem ou reduzir a biodisponibilidade de determinados nutrientes (LIENER, 1994).

Os inibidores de proteases são substâncias protéicas, alfa-globulinas, que se complexam com a tripsina e a quimotripsina, formando compostos que não se dissociam facilmente, o que prejudica a digestão das proteínas (LIENER, 1994). Os inibidores de proteases podem ser denominados de inibidor de tripsina de Kunitz e o de Bowman-Birk (WOLF; COWAN, 1975).

A presença dos inibidores no organismo de animais impede a ação de enzimas responsáveis pela digestão das proteínas, o que provoca uma hiperestimulação de enzimas pelo hormônio colecistoquinina (CCK), levando a uma hipertrofia e hiperplasia do pâncreas. As enzimas digestivas secretadas são eliminadas pelas fezes, o que representa perda endógena considerável de aminoácidos sulfurados, que já são deficientes na soja. Essa deficiência prejudica o crescimento de animais (LIENER, 1994).

A porcentagem de digestibilidade indica a quantidade de proteínas que foram hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo, sendo, portanto, um dos fatores principais que afetam a eficiência da utilização protéica da dieta (BRESSANI; ELIAS, 1974).

A digestibilidade das proteínas das leguminosas é afetada por diversos fatores, como os taninos, presentes na casca, os inibidores protéicos, fitatos, contidos nos cotilédones, além do armazenamento e processamento (BRESSANI, 1993).

Segundo Carvalho et al. (2002), a digestibilidade *in vitro* das proteína da soja pode aumentar de 25% a 39% com um tratamento térmico, pois o aquecimento possibilita a abertura da estrutura da proteína por meio da desnaturação e/ou inibe total ou parcialmente os inibidores de tripsina.

Liener (1994) constatou que, em geral, a inativação do inibidor de tripsina pelo calor ocorre em função do binômio tempo/temperatura, do tamanho das partículas de amostra e das condições de umidade. Quando essas variáveis são controladas durante o processamento da soja, é possível obter-se produtos com alto valor nutritivo.

De acordo com Monteiro et al. (2004), a eliminação genética do inibidor de tripsina Kunitz promove melhora acentuada na digestibilidade da proteína de soja, comprovando que essa substância é o principal fator antinutricional responsável pela diminuição da digestibilidade da proteína de soja, e, conseqüentemente, pela menor absorção desta pelo organismo animal.

Os compostos fenólicos englobam desde moléculas simples até aquelas com alto grau de polimerização (BRAVO, 1998). São antioxidantes primários que agem como seqüestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia. Eles são largamente distribuídos na natureza e são derivados dos ácidos benzóico e cinâmico, bem como flavonóides (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

Os compostos fenólicos, sendo um dos maiores grupos de componentes dietéticos não essenciais, têm suas pesquisas justificadas por estarem associados à inibição de doenças crônico-degenerativas como aterosclerose e câncer. A bioatividade dos fenólicos pode estar relacionada com o potencial antioxidante destes compostos, aos quais são atribuídas características como quelar metais, inibir a lipoxigenase e seqüestrar radicais livres. Porém, os compostos fenólicos podem também promover reação oxidativa *in vitro*, agindo como pró-oxidantes, ao atuarem sobre metais, reduzindo-os e aumentando a formação de radicais livres e peróxidos (SCHUBERT; LANSKY; NEEMAN, 1999).

Segundo Croft (1998) estas substâncias estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas.

Os taninos pertencem ao grupo dos compostos fenólicos que se apresentam como polímeros, ou seja, não estão na forma livre nos tecidos vegetais. Estes contem alto peso molecular, o que confere ao alimento a sensação de adstringência. Baseados em seu tipo estrutural, podem ser classificados de duas formas: taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os do primeiro grupo contêm um núcleo central de glicose ou um álcool polídrico, esterificado com ácido gálico ou elágico, e são prontamente

hidrolisáveis com ácidos, bases e enzimas. Os taninos condensados são polímeros de catequina e/ou leucoantocianidina, não sendo prontamente hidrolisáveis com o tratamento ácido (SOARES, 2002).

Taninos condensados são os compostos fenólicos predominantes em sementes de leguminosas, sendo encontrados em lentilhas, ervilhas, soja e feijões (AMAROWICZ et al., 2004).

Um exemplo de tanino hidrolisável é o ácido tânico, pois este libera uma molécula de glicose e sete ou menos de ácido gálico. Já o elagitanino é um exemplo de tanino não hidrolisável, ou condensado; ele apresenta diversas moléculas de ácido gálico e seus derivados (SALUNKHE et al., 1982).

Os taninos são caracterizados como compostos fenólicos, solúveis em água, com peso molecular de 500 a 3000 dáltons, que apresentam a propriedade de precipitar alcalóides e proteínas (STANLEY; AGUILERA, 1985).

Eles reagem com as proteínas por meio de ligações de hidrogênio, força iônica ou ligações covalentes, formando complexo tânico-protéico. Os taninos com peso molecular menor que 2000 dáltons formam complexos mais estáveis com as proteínas, por ligações covalentes (LOOMIS; BATTAILE, 1966).

Além da deficiência em aminoácidos sulfurados, a soja crua apresenta substâncias que atuando de maneira inter-relacionada sendo responsáveis por diferentes respostas biológicas e fisiológicas em animais. Entre essas substâncias encontram-se os inibidores de tripsina, hemaglutinina, saponinas, substâncias bocígenas, lipoxigenases, ureases e outros fatores, tais como oligossacarídeos causadores de flatulência provocada pela fermentação microbiana da rafinose e estaquiose, as quais não sofrem digestão pelos seres humanos, carentes de α -galactosidase (THANANUNKUL et al., 1976).

A enzima α -D-galactosídeo galactohidrolase (E.C. 3.2.1.22), conhecida como α -galactosidade ou melibiase, catalisa a hidrólise das ligações α -1,6 galactosídicas, que são encontradas em oligossacarídeos (MULIMANI; RAMALINGAN, 1995), os quais estão presentes em quantidades significativas na soja (100 a 150g/kg de peso) (De REU et al., 1997).

Para reduzir o teor desses compostos, há várias alternativas, como o tratamento enzimático, a hidratação dos grãos (MULIMANI; RAMALINGAN, 1995), o cozimento (REHMS; BARZ, 1995), e a germinação (BAU; VILLAUME; MÉJEAN, 2000). Segundo Góes e Ribeiro (2002) o método enzimático da enzima α -galactosidase em alimentos à base de soja é viável.

O processamento térmico adequado traz benefícios sobre a digestibilidade da soja integral. Além de aumentar a digestibilidade protéica, da fibra e do extrato etéreo, elevando o valor nutritivo do alimento, a inativação de fatores antinutricionais pelo calor e, conseqüentemente de seus efeitos deletérios, permite a utilização eficiente da soja por suínos (MENDES et al., 2004).

Esse tratamento tem sido muito usado para melhorar o valor nutricional da soja, porém, este deve ser controlado para evitar a destruição de aminoácidos importantes e a diminuição da biodisponibilidade de outros nutrientes (VASCONCELOS et al., 2001).

Apesar de todo conteúdo exposto, Thompsom (1993), propôs que a interação dos antinutrientes com outros elementos da dieta demonstraram evidências benéficas inegáveis a ponto de requerer uma reavaliação do próprio termo “antinutricional”.

2.2.3 Lipoxigenase

Apesar da soja possuir bom valor nutritivo, seus produtos ainda sofrem certa restrições por parte dos consumidores ocidentais, devido ao sabor característico denominado “*beany flavor*”. O “*beany flavor*” é originado da associação de compostos carbonílicos de cadeia curta com a fração protéica. Estes compostos são produtos finais de uma série de reações que se inicia com a hidroperoxidação de ácidos graxos poliinsaturados, catalisada por lipoxigenases. Estas enzimas constituem cerca de 1% do total de proteínas presentes no grão de soja (MONTEIRO et al., 2004).

Graças à essa grande quantidade de enzima, grãos de soja têm sido o material mais utilizado para estudos enzimológicos. A lipoxigenase está presente também em outros vegetais, como melão, alfafa, pêra, maçã, tomate, aspargo, banana, brócolis, repolho, sementes de pepino, entre outros (FOX, 1991).

Em vegetais, essas enzimas estão associadas a importantes efeitos fisiológicos como, biossíntese de compostos regulatórios, crescimento e desenvolvimento,

senescência, germinação de sementes, resposta a ferimento, proteína de reserva vegetativa e resistência a insetos e patógenos (SILVA et al., 2001).

As lipoxigenases estão presentes nos grãos de soja na forma de três isoenzimas, chamadas de lipoxigenases 1, 2 e 3. Os alelos que determinam ausência dessas nos grãos são recessivos, e possuem herança mendeliana simples. O loco da lipoxigenase 1 está ligado ao da lipoxigenase 2 e o loco da lipoxigenase 3 é independente (KITAMURA et al., 1983).

Estas isoenzimas diferem entre si em aspectos de atuação, como o pH ótimo, especificidade para o substrato, produtos formados e valor de K_m (AXELROD; CHEESBROUGH; LAASKO, 1981).

Elas antecedem a ação das lípases, sendo responsáveis pela oxidação na posição 13 da cadeia carbônica de um ácido graxo, e têm a capacidade de oxidar resíduos de ácidos graxos esterificados (FEUSSNER; KÜHN; WASTERNAK, 2001).

As lipoxigenases (linoleato:oxigenênio oxirredutase, E.C. 1.13.11.12) são dioxigenases que catalisam a adição de oxigenênio molecular em ácidos graxos polinsaturados que contém o grupo *cis, cis - 1,4 pentadieno*. O ácido linolênico ($C_{18,3}$) contém este grupo e é o ácido graxo mais abundante presente na maioria dos tecidos vegetais. O ácido linoléico, que também contém o grupo *cis, cis 1,4-pentadieno* é encontrado em altas concentrações em grãos e embriões (HILDEBRAND et al., 1988).

A peroxidação dos ácidos graxos polinsaturados pela ação de lipoxigenases leva à produção de hidroperóxidos que por reações subseqüentes produzem aldeídos e cetonas de cadeia curta (AXELROD; CHEESBROUGH; LAASKO, 1981).

As isoenzimas diferem entre si na especificidade do substrato, pH ótimo para atividade, ponto isoelétrico e estabilidade térmica (FOX, 1991).

O tratamento térmico tem sido usado para melhorar o valor nutricional da soja, porém este tratamento deve ser controlado para evitar a destruição de aminoácidos importantes e a diminuição da biodisponibilidade de outros nutrientes (VASCONCELOS et al., 2001).

Uma forma de resolver o problema dos inibidores e a consequência do tratamento térmico elevado sobre a qualidade da proteína seria a eliminação genética desses na soja (MONTEIRO et al., 2004).

Para melhorar as características organolépticas dos derivados da soja por meio de melhoramento genético, pesquisadores estão removendo essas isoenzimas das sementes de soja por meio de retrocruzamentos, resultando em linhagens com ausência de lipoxigenases, que produzem grãos com substancial melhoria de sua aceitação pelo consumidor (SEDIYAMA et al., 1998).

Segundo Martins et al. (2002), estudando a cultivar FT-Cristalina RCH, a eliminação genética das lipoxigenases das sementes não afeta negativamente as características agronômicas da soja analisada.

2.2.4 Irradiação

O processo de irradiação de alimentos, com o propósito de preservar por meio de eliminação de microrganismos e desinfestação de grãos, pode ser utilizado para estender a vida útil e reduzir as perdas de safras durante o armazenamento do produto. 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 irradiação de alimentos não causa prejuízos ao alimento no que tange a formação de novos compostos químicos que poderiam transmitir doenças ao ser humano quando da sua ingestão. Porém, como em todo processo de conservação, existem perdas no alimento de ordem nutricional e organoléptica (CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA - CENA, 2007).

A irradiação gama pode promover mudanças físico-químicas que afetam as propriedades nutricionais e funcionais dos alimentos tratados. As leguminosas constituem fonte importante de proteína de baixo custo em diversos países. No entanto, o seu consumo é limitado pela dificuldade na cocção e presença de oligossacarídeos que causam flatulência (THAKUR; SINGH, 1994). A irradiação em grãos com doses de 2,5kGy reduz o teor de oligossacarídeos em 20% (RAO; VAKIL, 1993).

A irradiação promove diminuição da dureza de sementes, e diminuição no tempo de cocção (CUNHA; SGARBIERI; DAMÁSIO, 1993), além de aumentar a quantidade de riboflavina (VILLAVICENCIO et al., 2000a), não alterar a digestibilidade das proteínas e seu valor biológico (DELINCÉE; VILLAVICENCIO; MANCINI-FILHO, 1998).

Reduções de cerca de 54% na atividade inibitória da tripsina foram encontradas em grãos de soja submetidos a doses de radiação de 10kGy (FARAG, 1999).

A irradiação gama também é capaz de degradar os inibidores de protease. Em grãos de soja, o nível de inativação desses compostos é proporcional à dose de irradiação, obtendo-se valores de 41,8; 56,3; 62,7 e 72,5% de redução da atividade com doses de radiação de 5, 15, 30 e 60 kGy, respectivamente (FARAG,1998). O autor sugere que a efetiva desativação desse fator antinutricional presente na soja pode ser obtida com doses de irradiação superiores a 60 kGy.

Essa diminuição pode ser explicada, provavelmente, pela destruição dos grupos dissulfeto (LEE, 1962).

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.

Farag (1998) concluiu que a irradiação em grãos de soja com doses de até 10 kGy não afetou os teores de umidade, proteína bruta, gordura e cinza das amostras. Essas doses não causaram a desnaturação das proteínas e não afetaram o conteúdo de nitrogênio dos grãos de soja.

A composição centesimal de fava irradiadas com doses de 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy e 10 kGy não sofreu alteração com esse tratamento (AL-KAISEY et al., 2003).

Há um desentendimento por parte dos consumidores, que acreditam que alimentos processados irradiados 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, o processo de radiação em soja também aumenta a qualidade nutricional dessa leguminosa aumentando os níveis de antioxidantes (VARIYAR; LIMAYE; SHARMA, 2004).

2.2.5 Antioxidantes

Os lipídios nos alimentos estão sujeitos a uma série de reações que podem levar a modificações de suas estruturas, afetando o valor nutricional e os padrões de qualidade, como cor, sabor, odor e textura (DONNELLY; ROBINSON, 1995).

A oxidação lipídica é uma das principais reações deteriorativas que podem ocorrer durante o processamento, distribuição, armazenamento e preparo final dos alimentos. Esse tipo de reação é responsável por características não desejáveis no alimento, afetando sua qualidade, integridade e segurança, por meio da formação de compostos potencialmente tóxicos ao organismo (KUBOW, 1993).

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^{\cdot}), a hidroxila (OH^{\cdot}), o hidroperóxido (HO_2^{\cdot}), o óxido nítrico (NO^{\cdot}) e o dióxido de nitrogênio (NO_2^{\cdot}). 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 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).

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, glutaciona-peroxidase e catalases fazem parte do sistema enzimático. Várias enzimas antioxidantes são metalenzimas, ou seja, contêm traços de minerais em sua estrutura. A glutaciona-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 da defesa 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, 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).

Na indústria de alimentos, a oxidação lipídica é inibida por compostos como o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), tércio-butil-hidroxiquinona (TBHQ) e propil-galato (PG), que são substâncias seqüestradoras de radicais livres. Porém, estudos toxicológicos demonstraram que estas substâncias podem apresentar algum efeito tóxico (WÜRTZEN, 1990).

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).

Atividades antioxidantes significantes e compostos fenólicos são comumente encontrados em leguminosas muito consumidas (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 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 mostra 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).

2.2.6 Análise Sensorial

Os métodos sensoriais são utilizados para identificar as características ou propriedades de interesse na qualidade sensorial do alimento. Os testes mais comuns são os de preferência-aceitação, os discriminativos e os descritivos (JACKSON, 1985).

As características sensoriais de alimentos e bebidas consistem na opinião dos provadores em relação à interpretação dos efeitos do estímulo sensorial segundo as impressões percebidas pelos órgãos do sentido (visão, olfato, tato, gosto e audição). Essas interpretações irão gerar descrições das propriedades intrínsecas da amostra. A forma de definir atributos sensoriais é descrever os atributos relativos à aparência, odor e aroma, textura sabor e gosto do produto (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

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 (ZENEBOON; 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 (ZENEBOON; 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 (ZENEBOON; 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).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é um método de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais de um produto (GILETTE, 1984). Este tipo de análise sensorial é utilizado para descrever as propriedades sensoriais e medir a intensidade que elas são percebidas pelos provadores, permitindo a descrição das características sensoriais com precisão em termos matemáticos (MOSKOWITZ, 1988).

Apesar da grande produção de grãos de soja no Brasil, há poucos estudos que caracterizam a aparência, o aroma, a textura e o sabor dos grãos das diversas variedades de soja. Ou seja, não se conhece o perfil sensorial do grão, apesar de ser conhecida a importância das características físicas e sensoriais quando se fala em aceitação dos alimentos pelos consumidores (CANTO; TURATTI, 1989).

2.3 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, em Piracicaba

2.3.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada no presente trabalho foram grãos de soja dos cultivares BRS 257 (ausência de lipoxigenases) e BRS 232 (presença de lipoxigenases), desenvolvidos e fornecidos pela Embrapa (Londrina/PR), da safra agrícola de 2007/2008.

A cultivar BRS 232 é uma cultivar de soja convencional, que possui flor roxa e hilo marrom-claro. Possui excelente potencial produtivo, com maior potencial nas regiões acima de 600 m em semeaduras a partir de 20 de outubro e durante o mês de novembro. Possui maturação semiprecoce. O peso de 100 sementes é de 18,5g. É resistente ao cancro da haste, à mancha “olho de rã”, à podridão parda da haste e ao

mosaico comum da soja. É adaptada aos Estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e sul do Mato Grosso do Sul (EMBRAPA-SOJA, 2009b).

A cultivar BRS 257 é uma cultivar de soja com características especiais. Possui excelentes características para a alimentação humana, já que não possui as três enzimas lipoxigenases, responsáveis pelo desenvolvimento de sabor desagradável observados em produtos a base de soja. Possui flor branca e hilo marrom claro. O peso de 100 sementes é de 14,4g. Sua genealogia é o cruzamento entre BR93-32109 e BR94-23396. Possui maturação semiprecoce. É resistente ao cancro da haste, à mancha “olho de rã”, à podridão radicular de fitóftora, ao mosaico comum da soja e ao nematóide de galha. É adaptada aos Estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (EMBRAPA-SOJA, 2009b).

Os grãos crus foram tratados com raios gama provenientes do Cobalto-60, nas dosagens de 0, 4 e 8 kGy, originados de um irradiador gammacell no CENA, na cidade de Piracicaba.

Após a irradiação, uma parte dos grãos foi utilizada para os testes de hidratação e cocção, e a outra parte foi dividida para análise dos grãos crus e cozidos. Para as análises dos grãos crus, as amostras foram trituradas em moinho de facas e peneiradas em malha de 30 “mesh” com a finalidade de obtenção de uma farinha. Essa farinha foi armazenada em saco de polietileno, fechado, e mantida em temperatura de refrigeração (4°C). As amostras destinadas à realização das análises nos grãos cozidos foram maceradas por 10 horas em água destilada e cozidas em autoclave à 121°C por 10 minutos. Após cocção foram colocadas em estufa a 55 – 60°C até secarem e foram posteriormente moídas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para comprovar a ausência das enzimas lipoxigenases na cultivar BRS 257, foi realizada a análise de determinação da atividade da enzima lipoxigenase nas duas cultivares de acordo com o método proposto por Axelrod, Cheesbrough e Laasko (1981). Os resultados não foram publicados.

2.3.2 Análises físicas

2.3.2.1 Tempo de hidratação

O tempo de hidratação dos grãos foi determinado à temperatura ambiente adicionando-se 50mL de água destilada em 10 gramas de soja. Foram feitas medidas do volume de água absorvido pelos grãos (mL) com intervalos de medidas de 1 em 1 hora, até que a leitura do volume absorvido estivesse estável em três leituras consecutivas (MORRIS; OLSON; BEAN, 1950). Os resultados foram expressos em volume de água absorvido pelos grãos de soja (em mL), e tempo gasto para a estabilização da absorção de água (em horas).

As figuras 2 e 3 mostram o equipamento utilizado para medir o tempo de hidratação dos grãos.



Figura 2 – Peças do equipamento utilizado para hidratação dos grãos



Figura 3 – Equipamento de hidratação contendo a amostra

2.3.2.2 Tempo de cocção

Os mesmos grãos utilizados para a análise de tempo de hidratação foram utilizados para a medida do tempo de cocção. Este foi medido pelo uso de equipamento de cocção de Mattson, um equipamento composto por 25 hastes, que perfuram os grãos conforme estes vão se tornando macios devido ao cozimento. O equipamento foi

colocado em Becker de 4L contendo 2L de água fervente até que todos os grãos fossem perfurados pelas hastes (BURR; KON; MORRIS, 1968). O tempo ótimo de cocção foi definido como o tempo necessário para que 13 hastes perfurassem os grãos.

As figuras 4, 5 e 6 apresentam o equipamento de cocção de Mattson, utilizado nesta análise.

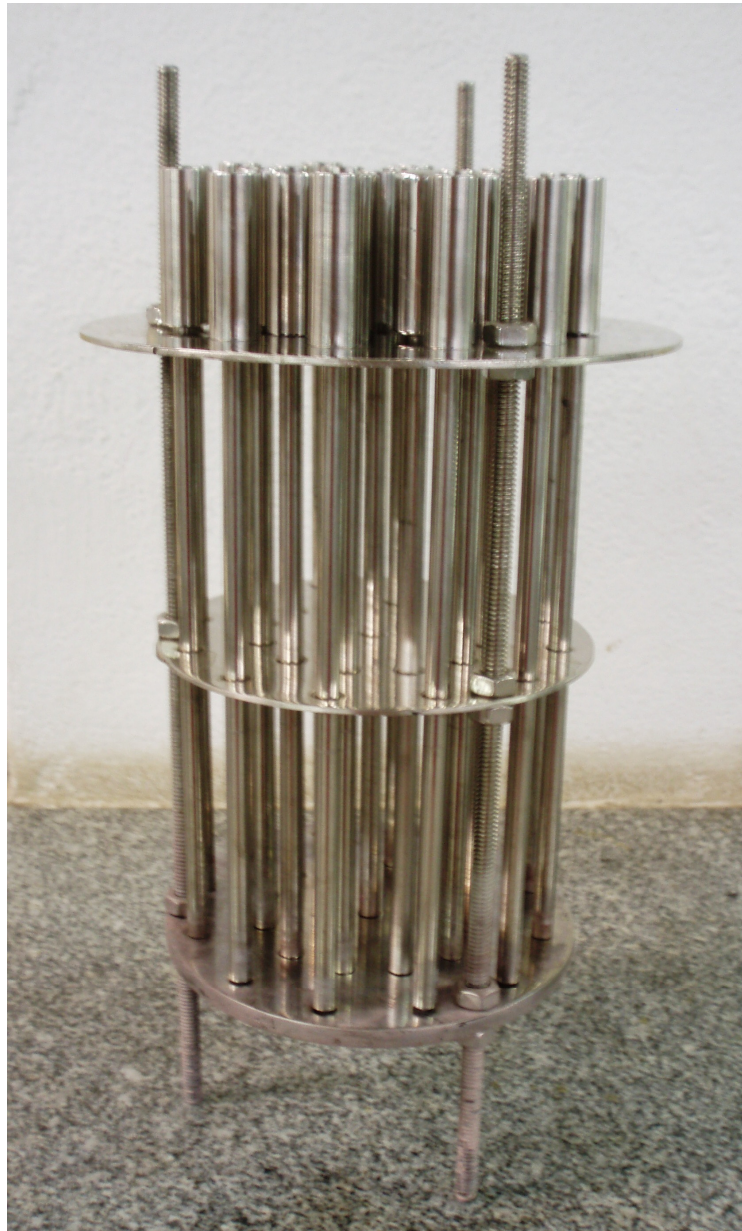


Figura 4 – Equipamento de cocção de Mattson



Figura 5 – Equipamento de cocção de Mattson com amostra

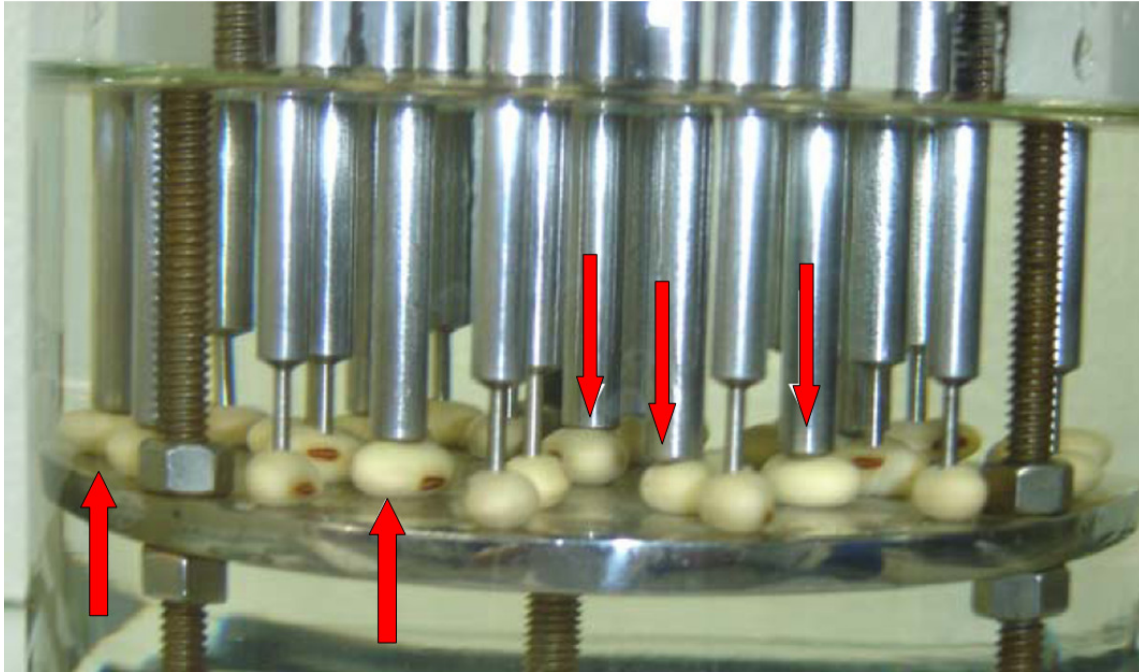


Figura 6 – Perfuração dos grãos pelo equipamento de cocção de Mattson

2.3.3 Análises químicas

2.3.3.1 Composição centesimal

As análises químicas de teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e de cinza foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1995).

O teor de nitrogênio total foi medido pelo método de Kjeldahl, sendo o teor protéico determinado pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio total pelo fator de correção de 5,71, específico para a soja.

O extrator Soxhlet foi utilizado para determinação da quantidade de extrato etéreo. O solvente utilizado para extração foi éter etílico, à temperatura de 45-50°C e refluxo contínuo da amostra durante 4 horas. O éter etílico foi recuperado, os tubos foram colocados em estufa por 20 minutos a 105°C. Após esse período, foram retirados e colocados em dissecador até esfriarem e então, foram pesados. A quantidade de lipídeos foi obtida pela diferença de peso do tubo.

As cinzas foram determinadas incinerando-se a amostra em mufla à temperatura de 550-600°C por 24 horas.

Os carboidratos foram obtidos por diferença.

O teor de fibra dietética foi determinado de acordo com o método de Asp et al. (1983), no qual determina-se o conteúdo de fibra solúvel e insolúvel dos alimentos usando a combinação de métodos gravimétricos e enzimáticos. As amostras desengorduradas foram tratadas com α -amilase sob calor e então digeridas com pepsina e pancreatina. Para precipitar a fibra solúvel foi adicionado etanol. Todos os resíduos foram filtrados e lavados com etanol e acetona, após secagem, os resíduos foram pesados e analisou-se o teor de proteína e cinzas. O total de fibra foi calculado como o peso do resíduo menos o peso da proteína e das cinzas.

2.3.3.2 Digestibilidade de proteína *in vitro*

Para determinar a digestibilidade *in vitro* das amostras, utilizou-se o método descrito por Akeson e Stahmann (1964), o qual se baseia na hidrólise enzimática das proteínas com pepsina e pancreatina, seguida da determinação do nitrogênio não precipitável com ácido pícrico.

As amostras foram misturadas com solução de pepsina na concentração de 3mg/mL em HCl 0,01M e deixada a 37°C por 3 horas. Posteriormente, a solução foi neutralizada com NaOH 0,1M sendo então adicionada a solução de pancreatina na concentração de 0,4% em tampão fosfato 0,1M em pH 8,0. Após isso, a mistura foi incubada por 24 horas sob agitação à 37°C. Foram retirados 2mL da mistura, na qual foram acrescentados 8mL de ácido pícrico a 1%. Após, centrifugou-se a 4000 rpm por 30 minutos. Foi determinado o nitrogênio do sobrenadante através do método de Kjeldahl (AOAC, 1995).

2.3.3.3 Fatores antinutricionais

2.3.3.3.1 Fenólicos totais

A determinação da concentração de fenólicos totais foi realizada através de extração com metanol, adição de reagente Folin-Denis, saturação com carbonato de sódio e posterior leitura de absorbância à 725 nm. A curva padrão foi feita com catequina, e os resultados foram expressos em mg/g de amostra (SWAIN; HILLS, 1959).

2.3.3.3.2 Taninos

Os taninos foram analisados por meio de extração com metanol e posterior reação colorimétrica com solução de vanilina e leitura a 500 nm em espectrofotômetro. Obteve-se assim a concentração de taninos a partir de uma curva padrão de catequina, sendo os resultados expressos em mg/g de amostra (PRICE; HAGERMAN; BUTHER, 1980).

2.3.3.3.3 Inibidores de tripsina

A atividade inibitória de tripsina foi determinada usando-se benzoil-DL-arginina- ρ -nitroanilida (BAPA) como substrato. Foram pipetados de 0,6 a 1,8 mL de extrato da amostra, sendo o volume final ajustado com 2 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de tripsina e 5 mL de solução de BAPA. A mistura permaneceu durante 10 minutos em banho-maria a 37°C, sendo a reação interrompida com a adição de 1 mL de ácido acético 30%. A absorbância foi lida a 410 nm, descontando-se o valor do branco.

Uma unidade de tripsina inibida (UTI), foi definida arbitrariamente como o aumento de 0,01 unidades de absorbância a 410 nm por 10 ml do meio de reação (KAKADE; SIMONS; LIENER, 1969). Os resultados foram expressos como UTI por g de amostra e UTI por grama de proteína (AOAC, 1995).

2.3.3.4 Capacidade antioxidante

2.3.3.4.1 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 absorbância 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 converte-se 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). O método DPPH se baseia na redução deste radical pela abstração do hidrogênio pelo antioxidante, ou seja avalia-se a habilidade do antioxidante em doar hidrogênio.

2.3.3.4.2 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. A TEAC foi calculada em relação a solução de Trolox (ARTS et al., 2004). A solução estoque de Trolox foi diluída em 5 concentrações (2,5 μ M (1:799); 5 μ M (1:399); 10 μ M (1:199); 15 μ M (1:132)).

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).

2.3.3.5 Isoflavonas

Para a extração das isoflavonas dos grãos, as amostras foram liofilizadas e foi realizada a extração com 10 volumes de metanol 80% (v/v) por 1 hora à temperatura ambiente, em tubos fechados sob agitação (PARK et al., 2002). A seguir, as amostras foram centrifugadas a 5.500g por 10 minutos e o sobrenadante filtrado em membrana de 0,22 μ m de poro (Milipore).

Os extratos metanólicos foram analisados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) em fase reversa, de acordo com o método descrito por Park et al. (2001). Alíquotas de 20 μ L foram injetadas automaticamente 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. A detecção foi feita pela absorção 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). As concentrações dos malonil conjugados foram calculados a partir das respectivas curvas-padrão de daidzina e genistina. Os valores foram normalizados considerando-se as diferenças de peso molecular das formas glicosiladas, multiplicando-se a massa de cada derivado pela razão entre o peso molécula da respectiva aglicona e o peso molecular da forma glicosilada (SONG et al., 1998).

2.3.3.6 Determinação da atividade da lipoxigenase

A extração foi feita da seguinte forma: os grãos crus e cozidos foram moídos, pesados e adicionados de metanol, em uma proporção 1:3 (p/v). Macerou-se por 30 minutos e após centrifugou-se por 15 minutos a 4000g.

Após isso, a atividade de lipoxigenases sobre o ácido linoléico foi determinando segundo o descrito por Axelrod, Cheesbrough e Laasko (1981). Nesse método, é determinado o aumento da absorbância a 234nm, resultante da formação de um sistema de duplas ligações conjugadas no hidroperóxido formado.

Preparou-se uma solução-estoque de linoleato de sódio 10mM, utilizando-se ácido linoléico, aproximadamente 99% (Sigma), como se segue: a um erlenmeyer envolvido por papel alumínio, contendo aproximadamente 10mL de água deionizada, previamente fervida, foram adicionados 78µL de ácido linoléico e 90µL de Tween 20 (Sigma). Em seguida, homogeneizou-se a solução, succionando-a com auxílio de uma pipeta automática e tomando cuidado para formar bolhas. Para o clareamento da solução, foram adicionadas gotas de solução de hidróxido de sódio 0,5M. Após o clareamento, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 25mL envolvido por papel-alumínio e o volume aferido com água.

Para as análises das atividades de lipoxigenases, misturaram-se 1µL do extrato e 4µL da solução-estoque de linoleato de sódio em 1mL de tampão fostato 50mM, pH

6,0. A velocidade da reação foi determinada de 30 em 30 segundos, a 234nm, por um período de 120 segundos. Sob as mesmas condições, procedeu-se com o branco, que consistiu da mesma quantidade de substrato e tampão.

2.3.4 Análise sensorial

Os indivíduos que participaram da análise sensorial foram alunos e funcionários da ESALQ, de 18 a 50 anos, consumidores de soja. A análise sensorial foi conduzida aplicando-se métodos analíticos de diferenciação para seleção de provadores e método descritivo para medir a qualidade da soja. Os testes de seleção foram desenvolvidos em duas fases distintas: seleção e treinamento dos provadores e avaliação sensorial para a qualidade dos tratamentos.

Para o teste de reconhecimento de gostos básicos, utilizou-se soluções quimicamente puras, com as seguintes concentrações: 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. Na cabine, foi oferecida para cada provador, uma bandeja com as quatro soluções de gostos básicos, uma ficha de avaliação, uma caneta, um copo com água, um guardanapo e a cuspidreira.

A Figura 7 mostra a ficha de avaliação apresentadas aos provadores para o teste de reconhecimento dos gostos básicos.

TESTE DE RECONHECIMENTO DE GOSTOS BÁSICOS

Instruções: Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita, identifique os gostos básicos (ácido, amargo, doce e salgado) e escreva na frente das numerações das amostras. Favor ingerir água após provar cada amostra. Obrigada.

Amostra nº

Sabor

131

532

329

965

Nome:

Data:

Figura 7 – Ficha de avaliação apresentada na 1ª fase da seleção de provadores, o teste de reconhecimento dos gostos básicos

Na segunda fase da seleção dos provadores foi realizado o teste de sensibilidade ao gosto salgado, empregando-se o Teste Triangular (Helm; Trolle, 1946; Garruti, 1976) com soluções quimicamente puras em diferentes concentrações de cloreto de sódio, de 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 gostos básicos. A Figura 8 apresenta a ficha para este teste.

TESTE DE SENSIBILIDADE AO SABOR SALGADO		
Instruções: Por favor, prove as amostras codificadas da esquerda para a direita. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Identifique a amostra DIFERENTE.		
125	347	294
Nome:		
Data:		

Figura 8 - Ficha de avaliação apresentada na 2ª fase da seleção de provadores, o teste de sensibilidade ao sabor salgado

Qualquer erro em uma das fases da seleção, anulava automaticamente a participação do provador no treinamento realizado posteriormente.

Amostras de soja convencional, sem irradiação e irradiadas com dose de 8 kGy cozidas em autoclave por 10 minutos, foram usadas nessa etapa para que se conseguisse o maior número de atributos possível ao produto.

Foram oferecidas aos membros da equipe as amostras de soja, e estes deveriam listar as características dos grãos.

Juntamente com as amostras, foi entregue uma ficha na qual deveriam escrever suas impressões com relação às amostras em relação à textura, cor, sabor e ao aroma.

A ficha para o levantamento da terminologia descritiva está apresentada na Figura 9.

LEVANTAMENTO DA TERMINOLOGIA DESCRITIVA

Por favor, prove uma amostra de cada vez. Escreva nas linhas abaixo quais foram suas impressões em relação a cada ítem.

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 9 – Ficha utilizada no levantamento de termos descritivos

A partir da análise das fichas, foi coletada uma lista de atributos referentes às características das amostras. Na sessão seguinte, 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: 5 atributos para aparência, 2 para odor, 3 para sabor e 2 para textura.

Após essa seleção dos atributos termos, foi feita uma lista com a definição de cada termo descritivo, como mostra a Figura 10.

TERMINOLOGIA DESCRITIVA

APARÊNCIA:

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

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

Tamanho uniforme: Refere-se em quantificar a dimensão geral 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, quebrados.

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

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 – pão torrado, torrada, pão assado, lembrando pinhão, amadeirado, semelhante à castanha cozida, terra, terra molhada.

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, torrado.

TEXTURA:

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, mole, suave.

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

Figura 10 – Lista de definições dos termos descritivos para os atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos grãos de soja

Após a seleção do vocabulário, 2 sessões de treinamento com soja convencional e livre de lipoxigenase foram realizadas, para total adequação do provador com as escalas dos atributos e os termos escolhidos.

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”, apresentada na Figura 11.

(continua)

Nome:
Data:

Por favor, avalie a APARÊNCIA de cada amostra e expresse a intensidade dos atributos, utilizando a escala. Você deve apenas olhar as amostras.

- CARACTERÍSTICO

0 |-----| 10
Pouco característico |-----| Muito característico

- COR

0 |-----| 10
Pouco escuro |-----| Muito escuro

- ÍNTEGRO

0 |-----| 10
Pouco íntegro |-----| Muito íntegro

- CASCAS SOLTAS

0 |-----| 10
Poucas cascas |-----| Muitas cascas

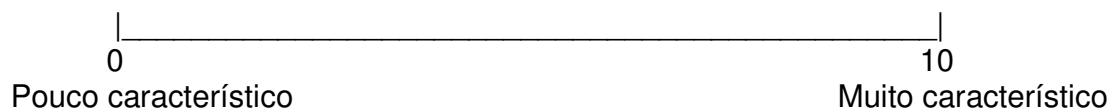
- TAMANHO UNIFORME

0 |-----| 10
Pouco uniforme |-----| Muito uniforme

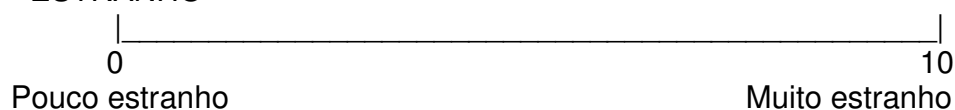
(continua)

Por favor, avalie o ODOR de cada amostra e expresse a intensidade dos atributos, utilizando a escala. Você deve apenas cheirar as amostras.

- CARACTERÍSTICO

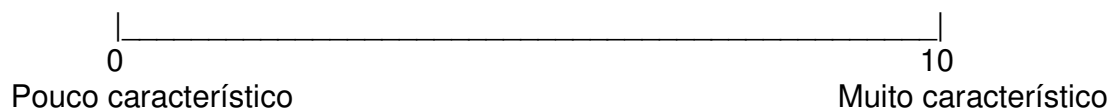


- ESTRANHO

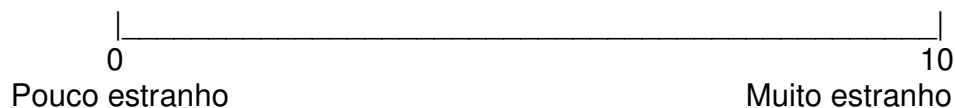


Por favor, avalie o SABOR de cada amostra e expresse a intensidade dos atributos, utilizando a escala. Você deve experimentar as amostras.

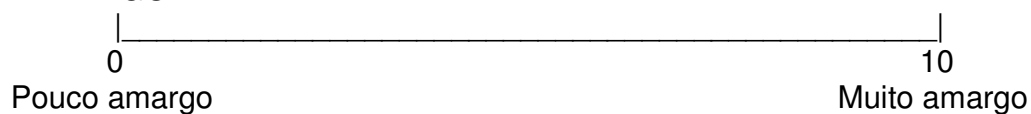
- CARACTERÍSTICO



- ESTRANHO

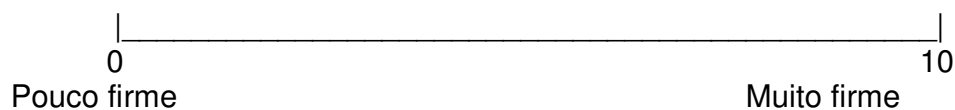


- AMARGO



Por favor, avalie a TEXTURA de cada amostra e expresse a intensidade dos atributos, utilizando a escala. Você deve experimentar as amostras.

- FIRME



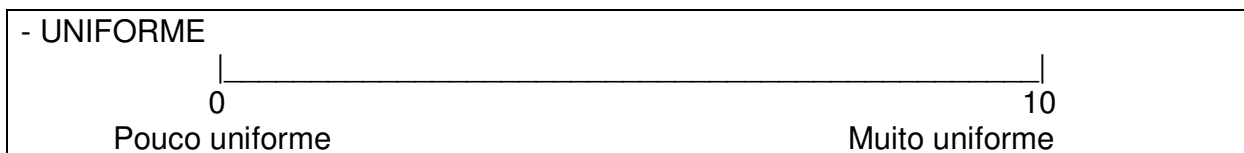


Figura 11 - Fichas de ADQ, escalas

As amostras foram preparadas cozidas em autoclave, por 10 minutos. Durante a realização dos testes, foram conservadas em banho-maria a 60°C. Foram oferecidas aos provadores em pratos de porcelana brancos, juntamente com talheres de inox, guardanapos de papel e copos descartáveis com água.

Onze provadores treinados, sendo 7 mulheres e 4 homens, participaram da ADQ. Cada provador recebeu 3 amostras de soja por teste (0, 4 e 8 kGy). Foram realizados 3 testes, ou seja, três repetições.

O projeto foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa para a realização da análise sensorial.

2.3.5 Análise estatística

O delineamento experimental empregado foi fatorial e inteiramente ao acaso, sendo 3 x 2 x 2, relacionando as três doses de irradiação empregadas, as duas cultivares e os dois tratamentos. Para a análise sensorial foi utilizado delineamento experimental em blocos completos casualizados, considerando cada provador um bloco. Foram realizados teste F e se significativo, teste de Tukey (5%), utilizado o programa SAS (1996).

2.4 Resultados e discussão

2.4.1 Análises Físicas

2.4.1.1 Tempo de Hidratação

A Figura 12 mostra o comportamento da absorção de água das duas cultivares estudadas.

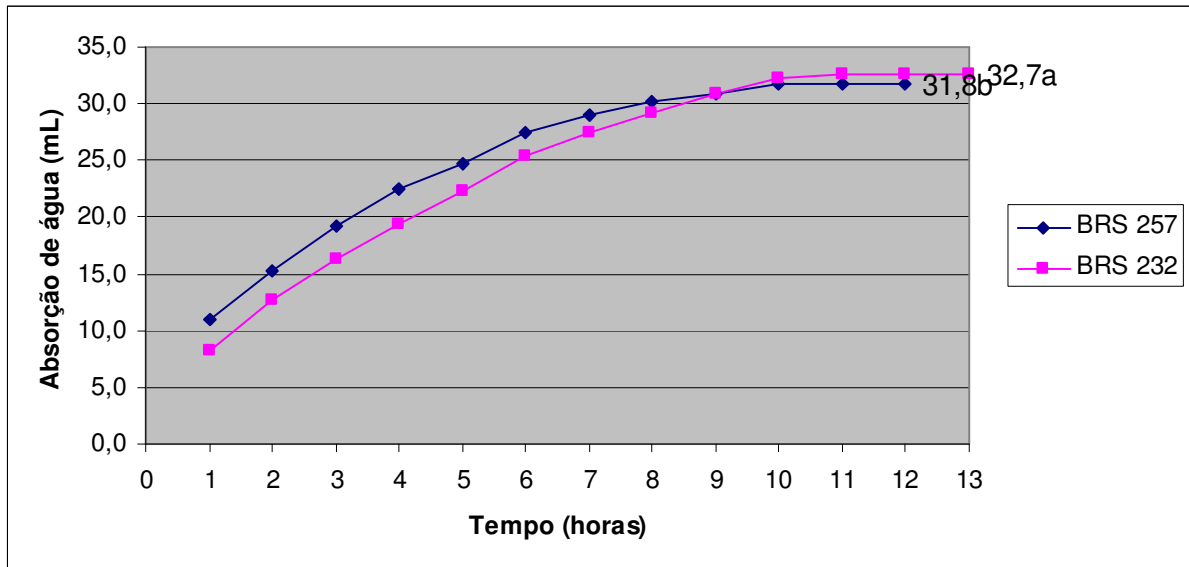


Figura 12 – Quantidade de água absorvida (em mL) pelas duas cultivares estudadas, no período de hidratação dos grãos

Por meio da análise da Figura 12, verifica-se que a cultivar BRS 257 absorveu mais água, quando comparado ao outro cultivar, o que ocorreu até a oitava hora. Nesse período, essa cultivar absorveu um total de 30mL.

Após nove horas de análise, as cultivares se igualaram na absorção de água (30,9 mL).

Depois de 10 horas de hidratação, a cultivar BRS 232 passou a absorver mais água.

Após a estabilização da absorção de água pelos grãos, verificou-se que a cultivar BRS 232 absorveu um total de 32,7 mL em 13 horas, enquanto o cultivar BRS 257 absorveu 31,8 mL em 12 horas. Os valores diferem estatisticamente.

A velocidade de absorção de água é proporcional à temperatura de maceração (EVANGELISTA; REGITANO-D'ARCE, 1997).

Nas duas primeiras horas da hidratação, a absorção de água é maior e, após esse período, o volume de água absorvido por hora, diminui (WANG et al., 1979). O mesmo estudo sugere que, além da temperatura da água de maceração, o tamanho do cultivar de soja afeta sua velocidade de absorção de água, indicando que grãos com maior volume apresentam maior velocidade de hidratação, embora haja também a

influência da cultivar. Essa afirmação está em desacordo com o presente trabalho, já que a cultivar BRS 232 tem tamanho superior que a BRS 257 e apresentou menor velocidade de hidratação durante a análise.

Segundo Bayran et al. (2004), o tempo médio de hidratação da soja é de até 12 horas, quando os grãos atingem 134,42% do seu peso inicial e ocorre a estabilização da absorção de água. Isso pode ser observado nesse experimento para o cultivar BRS 257.

Toledo et al. (2007b), analisaram 5 cultivares de soja brasileiras, e dentre elas estava a BRS 213, sem lipoxigenase. Foi observado que essa cultivar obteve a menor absorção de água, de 14,3 mL, em 8 horas. Os valores encontrados para absorção de água foi bem inferior ao presente estudo, e, além disso, a cultivar sem lipoxigenase desse estudo absorveu mais água quando comparada ao outro cultivar até a 8ª hora de análise. Essa diferença pode ser devido a cultivar, local de cultivo, tempo e condições de armazenamento.

Rios, Abreu e Corrêa (2003), avaliando o efeito da estocagem e das condições do colheita sobre propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão, observaram que a colheita antecipada (15 dias antes do período normal) provoca maiores valores de capacidade de absorção de água, porém, o armazenamento ocasiona prejuízos na capacidade de hidratação, ao contrário do tratamento estudado neste experimento.

Vieira, Cabral e Paula (1997), estudando as características físicas e tecnológicas de seis cultivares de soja plantadas no Brasil, observaram que o tempo de maceração para atingir a absorção máxima de água variou de 12 a 15 horas, e a quantidade de água absorvida variou de 125,67g de água por 100g de soja a 132,54g de água por 100g de soja.

Xu e Chang (2008) não encontraram diferenças no tempo de hidratação total de grãos de soja amarelos e pretos, que foi de 16 horas. Porém, a água utilizada para a maceração da soja preta ficou escura, indicando possível perda de alguns pigmentos solúveis, incluindo compostos fenólicos, que estão presentes na casca do grão.

Alguns fatores interferem na absorção de água pelo grão, sendo que o principal é a casca, já que esta é a primeira barreira do processo de penetração da água no grão

(MANCINI-FILHO, 1990). Sefa-Dedeh e Stanley (1979), demonstraram que a grossura da casca e o tamanho do hilo influenciam a quantidade de água absorvida pela semente nas doze primeiras horas do período de maceração.

A absorção de água, durante a maceração, envolve uma série de aspectos como características anatômicas, espessura da casca, matriz amídica do cotilédone, temperatura, formas de estocagem, entre outros fatores. No que se refere à curva de absorção de água obtida durante a maceração, comumente os grãos de soja começam a absorver água bastante rapidamente. A velocidade de absorção, então, começa a decrescer até que a absorção atinge seu máximo, ou seja, saturação. A partir de então, os índices de absorção podem se manter constantes por determinado intervalo de tempo (Gonçalves, Cabral e Oliveira, 1998).

A Figura 13 mostra o comportamento da absorção de água dos grãos de soja nas diferentes doses de irradiação estudadas.

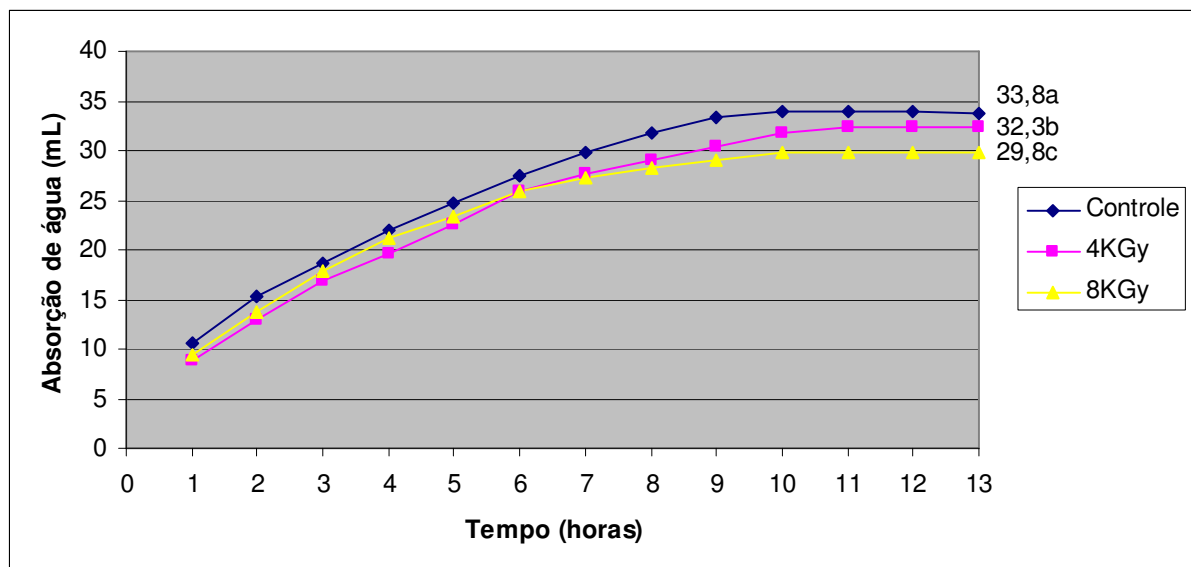


Figura 13 – Volume de água absorvido (em mL) dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação analisadas no experimento (Controle, 4 kGy e 8 kGy)

O grupo controle teve a maior absorção durante todo o tempo de análise.

Quando compara-se apenas os grãos irradiados (4 kGy e 8 kGy), percebe-se que os irradiados com a maior dose absorveram mais água até a 5 hora, e essa situação se inverteu a partir desse momento, e se manteve até o final.

A hidratação total dos grãos do grupo controle foi de 33,8 mL, a dos grãos com irradiação de 4 kGy foi de 32,3 mL e a dos grãos com dose de 8 kGy foi de 29,8mL.

Os resultados encontrados diferem dos encontrados por Carvalho et al. (1991), que, compararam feijões não-irradiados e irradiados com 500 e 1000 krad (5 e 10 kGy). Os autores observaram que até uma hora e meia de embebição, não houve diferença estatística entre os tratamentos, e a partir daí os grãos irradiados absorveram mais água que os não irradiados. Além disso, a velocidade de hidratação foi bastante rápida até a quinta hora de análise, e bem mais lenta a partir desse momento.

Cunha, Sgabieri e Damásio (1993), estudando os efeitos da irradiação e das microondas na estabilidade de armazenamento de feijões, observaram que antes do período de armazenamento, as amostras não tratadas e as tratadas com microondas mostraram uma menor taxa inicial de hidratação, quando comparadas às amostras irradiadas. Entretanto, após 9 horas de hidratação, o volume de água absorvido pelas três amostras foi o mesmo.

Toledo (2007b), verificou que a quantidade de água absorvida por grãos de soja irradiados com 8kGy (15,6mL) não diferiu dos grãos irradiados com 4kGy (15,4mL). Grãos irradiados com doses de 2kGy e controle absorveram 15,3mL e não diferiram dos tratamento com 4kGy.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de água absorvida (em mL) e o tempo total de hidratação dos grãos de soja, nas diferentes doses de irradiação estudadas.

Tabela 1 - Tempo de hidratação total (horas) e volume total de água absorvido (mL) pelos grãos

Cultivares	Controle		4 kGy		8 kGy		Média Cultivares	
	Tempo (h)	Volume (mL)	Tempo (h)	Volume (mL)	Tempo (h)	Volume (mL)	Tempo (h)	Volume (mL)
BRS 232	10	32,8	11	33,0	10	32,2	10,3 ^{A2}	32,7 ^A
BRS257	9	34,8	10	31,7	7	27,5	8,7 ^B	31,3 ^B
Média	9,5 ^{b1}		10,5 ^a		8,5 ^c			
Doses		33,8 ^a		32,3 ^b		29,8 ^c		

¹médias com letras minúsculas diferentes na horizontal diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

²médias com letras maiúsculas diferentes na vertical diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o tempo de hidratação total dos grãos variou, de 7 horas a 11 horas. Nos grãos com dose de irradiação de 4 kGy, os tempos de hidratação foram os maiores, para ambas as cultivares.

Os grãos da cultivar BRS 232 irradiados com dose de 4 kGy foram os que tiveram maior tempo de hidratação, porém não foram os grãos que mais absorveram água, em volume.

Os grãos sem lipoxigenase (BRS 257) irradiados com 8 kGy tiveram o menor tempo de hidratação e o menor volume de água absorvido.

A cultivar BRS 257 teve maior variação no tempo de hidratação (de 7 a 10 horas) e no volume de água absorvido pelos grãos (27,5mL a 34,8mL).

No estudo de Carvalho et al. (1991), os feijões irradiados com 5kGy e 10 kGy não apresentaram diferenças na velocidade e capacidade de hidratação, diferente do presente estudo.

Armelin et al. (2007), estudando as alterações em grãos de feijões submetidos a diferentes doses de radiação gama, verificaram que para todos os tratamentos (controle, 2, 4, 6 e 10kGy), não houve diferença no tempo de hidratação dos grãos, porém, numericamente os feijões irradiados absorveram mais água quando comparados ao grupo controle, com exceção da dose de 6 kGy. Nesse estudo, a quantidade de água absorvida pelos grãos de feijão variou de 13mL, com o grupo

controle, a 16,33 mL, com os feijões irradiados com 10 kGy. O tempo para estabilização variou de 4 a 8 horas.

2.4.1.2 Tempo de Cocção

A Figura 14 mostra o comportamento de cocção das diferentes cultivares estudadas.

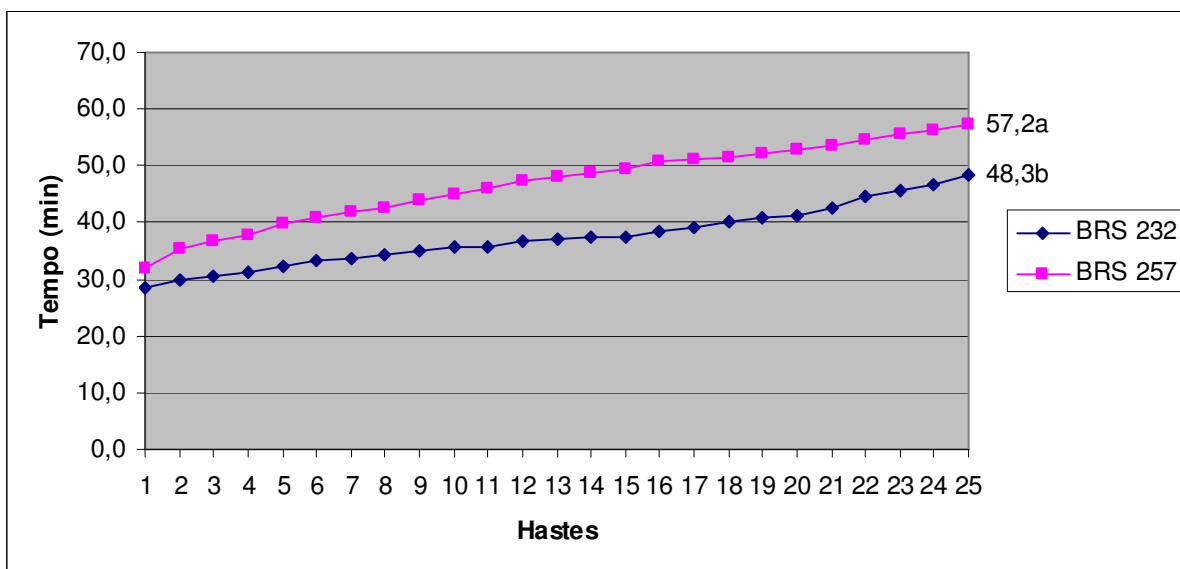


Figura 14 – Tempo de cocção das duas cultivares estudadas: BRS 232 (com lipoxigenase) e BRS 257 (sem lipoxigenase)

Observando a Figura 14 percebe-se que a cultivar BRS 232, que contém lipoxigenase, teve o menor tempo de cocção, ou seja, foi a cultivar mais fácil de amolecer. A média de tempo que a primeira haste demorou para penetrar no grão foi de 28,6 e a última haste foi com 48,3 minutos.

Para a cultivar com ausência de lipoxigenase (BRS 257), a média de tempo para que a primeira haste caísse foi de 31,8 minutos, e para a última haste foi de 57,2 minutos.

Considerando 50% mais uma haste o tempo para a cocção para a BRS 232 foi menor que para a BRS 257, indicando diferença na qualidade de cocção dos grãos das diferentes cultivares.

Toledo et al. (2007b) estudaram cinco variedades de grãos de soja, dentre elas a variedade BRS 213, que não contém as enzimas lipoxigenase. Essa cultivar, ao final da análise, apresentou o segundo maior tempo de cocção entre todas as estudadas, e não diferiu de alguns cultivares convencionais, o que indica que a presença/ausência das enzimas não influenciaram nessa variável.

Vieira, Cabral e Paula (1997), estudando a caracterização física e tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil, observaram que o tempo de cocção das cultivares, medido através do aparelho de Bürr, variou de 155 a 219 minutos. O tempo de cozimento do estudo foi definido como o tempo no qual 80% dos grãos de soja são penetrados pelas hastes do aparelho, ou seja, 20 hastes. Os autores observaram ainda que o tempo de cocção dos grãos está relacionado com o tempo de absorção de água dos mesmos e ainda com o peso de cem sementes, o que corresponderia ao tamanho do grão.

A variedade, o período de armazenamento após a colheita e as condições dos grãos podem ter papel importante nas propriedades de cocção dos mesmos (OSORIO-DÍAZ et al., 2005). Porém no presente estudo as condições dos grãos e o período de armazenamento não variou para as duas cultivares.

A Figura 15 apresenta o comportamento de cocção dos grãos nas diferentes doses de irradiação.

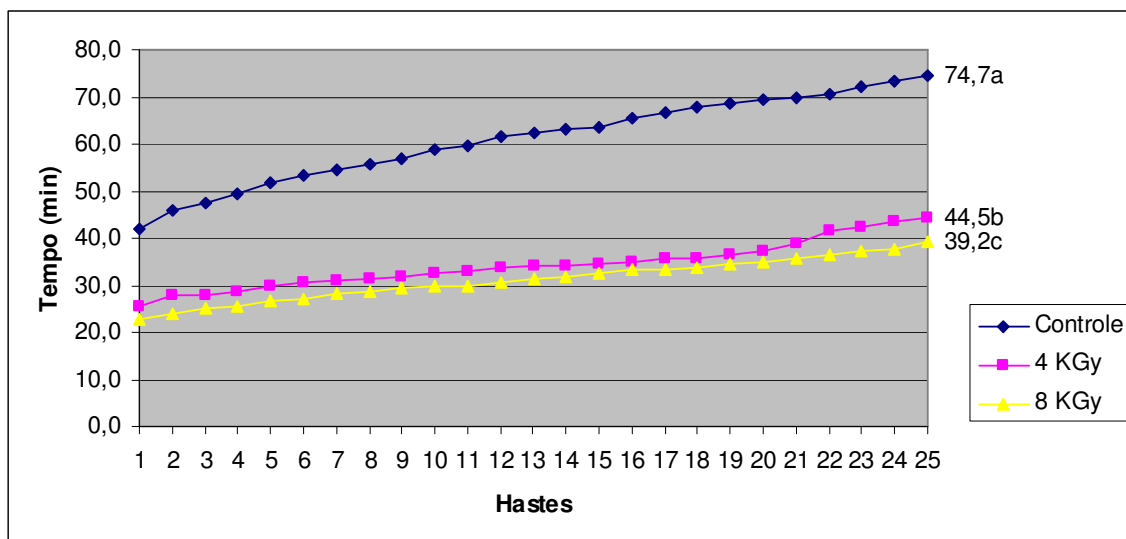


Figura 15 – Tempo de cocção dos grãos de soja, com diferentes doses de irradiação (4 kGy e 8 kGy) e controle

Pode-se observar claramente que os grãos de soja que não foram irradiados, ou seja, o grupo controle, apresenta maior tempo de cocção do que os grãos que foram irradiados. A média de tempo para que a primeira haste perfure os grãos do grupo controle é de 42 minutos, e de 74,7 minutos para a última haste e para a 13ª haste foi de mais de 1 hora.

Quando se compara os dois grupos de grão irradiados, percebe-se que os grãos com maior dose de irradiação (8 kGy) possuem tempo de cocção inferior ao outro grupo (4 kGy).

A média de tempo que demorou para que a primeira e última haste perfurarem os grãos irradiados com 4 kGy foi de 25,7 minutos e de 44,5 minutos, respectivamente e para os grãos com dose de 8 kGy, o tempo foi de 22,8 minutos e 39,2 minutos, respectivamente

Para feijões irradiados com 5kGy e 10 kGy, ocorreu o mesmo, o tempo de cocção é bem inferior ao grupo controle. Nesse caso, os feijões irradiados não diferiram entre si, tendo um tempo de cocção de 23 minutos, enquanto o grupo controle foi de 61 minutos (CARVALHO et al., 1991).

Os resultados apresentados (Figura 10) também estão de acordo com os de Toledo et al. (2007b) que observaram diminuição no tempo de cocção de grãos de soja com o aumento das doses de irradiação, que variou de 0kGy a 8kGy, e ainda observou relação inversa entre a hidratação e cocção dos grãos, onde as doses que promoveram maior absorção de água apresentaram menor tempo de cocção.

Armelin et al. (2007) não encontraram diferenças nos tempos de cocção de feijões irradiados com 1, 2, 6 e 10kGy. Porém, o controle diferiu significativamente dos irradiados, apresentando maior tempo de cocção.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), estudando o efeito de raios gama e microondas na estabilidade de armazenamento de feijões, observaram que, comparando os grãos dos dois tratamentos e o grupo controle (não tratado), a irradiação, com dose de 2 kGy, contribui significativamente para amolecer os grãos de feijão, e, em consequência o tempo de cocção.

Mancini-Filho (1990), estudando feijões, concluiu que a irradiação com dose de 10kGy promoveu reduções de 50% ou mais no tempo de cocção das variedades estudadas.

A Tabela 2 apresenta os tempos médios de cocção dos grãos de soja nas diferentes doses de irradiação estudadas (4 kGy e 8 kGy) e no grupo controle.

Tabela 2 – Tempo médio de cocção dos grãos, nas diferentes doses de irradiação estudadas (4kGy e 8 kGy) e grupo controle

Cultivares	Controle	4 kGy	8 kGy	Média Cultivares
BRS 232	47,3 ± 1,2 ^{1a2}	34,3 ± 0,6	29,7 ± 1,2	37,1 ± 8,0 ^{B3}
BRS 257	77,3 ± 1,5	34,0 ± 1,0	33,0 ± 1,0	48,1 ± 21,9 ^A
Média doses	62,3 ± 16,5 ^a	34,2 ± 0,8 ^b	31,3 ± 2,1 ^c	

¹ média ± desvio padrão

¹médias com letras minúsculas diferentes na horizontal diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

²médias com letras maiúsculas diferentes na vertical diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

O tempo médio de cocção é medido quando a haste número 13 perfura os grãos, ou seja, quando metade dos grãos mais um estão cozidos.

Por meio da Tabela 2 pode ser observado que a cultivar convencional (BRS 232) possui tempo médio menor de cocção, de 37,1 minutos, enquanto a cultivar BRS 257 possui média de 48,1 minutos.

Com o aumento da dose de irradiação, o tempo médio de cocção diminui, para ambas as cultivares.

Armelin et al. (2007) encontrou tempo médio de 40,34 minutos de cocção para feijão não irradiado, e aproximadamente 24, 22, 15 e 14 minutos para grãos irradiados com 1, 2, 6 e 10 kGy respectivamente.

Todos os valores aqui apresentados são muito inferiores dos resultados de tempo de cocção média dos cinco cultivares de soja estudados por Toledo et al. (2007b), que apresentaram média variando de 193,87 min no grupo controle a 132,53 para os grãos irradiados com 8kGy, provavelmente devido ao maior tempo de armazenamento utilizado por Toledo et al. (2007b).

A Tabela 3 mostra as médias de tempo total de cocção dos grãos, também nas diferentes doses de irradiação estudadas e do grupo controle.

Tabela 3 - Tempo total de cocção dos grãos, nas diferentes doses de irradiação estudadas (4kGy e 8 kGy) e grupo controle

Cultivares	Controle	4 kGy	8 kGy	Média Cultivares
BRS 232	60,0 ± 3,5 ^{1a2}	47,0 ± 0,0	38,0 ± 2,0	48,3 ± 9,8 ^{B3}
BRS 257	89,3 ± 0,6	42,0 ± 1,0	40,3 ± 0,6	57,2 ± 24,1 ^A
Média doses	74,7 ± 16,2 ^a	44,5 ± 2,8 ^b	39,2 ± 1,8 ^c	

¹ média ± desvio padrão

¹médias com letras minúsculas diferentes na horizontal diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

²médias com letras maiúsculas diferentes na vertical diferem significativamente ao nível de $p \leq 0,05$

O tempo total de cocção (momento em que a vigésima quinta haste perfura o grão) seguiu os padrões apresentados no tempo médio de cocção.

A cultivar que não apresenta lipoxigenase (BRS 257) possui tempo total de cocção mais alto que a outra, a BRS 232.

Quando se analisa as duas cultivares, nota-se que conforme aumenta a dose de irradiação, o tempo total de cocção diminui, fato que também foi observado por Toledo et al. (2007b). Porém o tempo total de cocção encontrado (TOLEDO et al., 2007b) para essas cultivares foi muito superior ao do apresentado (Tabela 3), variando de 241,73 minutos no grupo controle (não irradiado) a 164,46 minutos nos grãos irradiados com dose de 8kGy.

2.4.2 Análises Químicas

2.4.2.1 Composição centesimal

A tabela 4 mostra os resultados referents à composição centesimal dos grãos de soja das duas cultivares estudadas.

Tabela 4 - Médias obtidas referentes à composição centesimal em matéria seca (g/100g de amostra) dos dois cultivares de grãos de soja estudados no experimento (BRS 232 e BRS 257)

Cultivar	Proteína	Extrato Etéreo	Cinzas	Fibra solúvel	Fibra insolúvel	Carboidrato ¹
BRS 232	37,02 ± 1,9 ^{2a3}	19,93 ± 1,6 ^a	5,83 ± 0,4 ^a	3,77 ± 0,6 ^a	11,34 ± 5,4 ^a	22,11 ^a ± 2,5
BRS 257	41,10 ± 2,7 ^b	19,56 ± 1,3 ^a	6,24 ± 0,3 ^b	3,26 ± 0,7 ^b	12,93 ± 6,6 ^b	16,91 ^b ± 2,7

¹Carboidratos disponíveis obtidos por diferença

²média ± desvio padrão

³médias com letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$)

Os valores encontrados para proteína, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel dos grãos com lipoxigenase e dos grãos sem lipoxigenase diferiram entre si ($p \leq 0,05$).

A porcentagem de proteína, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel e carboidrato para a amostra com lipoxigenase foram de 37,02%, 5,83%, 3,77%, 11,34% e 22,11%, já para os grãos isentos da enzima foram de 41,10%, 6,24%, 3,26%, 12,93% e 16,91%, respectivamente.

Os teores de extrato etéreo não apresentaram diferença significativa entre os cultivares, sendo de 19,93% para o cultivar convencional e 19,56% para o cultivar sem lipoxigenase.

De acordo com os resultados, a composição dos grãos com lipoxigenase diferiram estatisticamente dos grãos sem lipoxigenase, exceto para o conteúdo de extrato etéreo, não corroborando com os resultados obtidos por Ciabotti (2004), que estudou grãos convencionais e livres de lipoxigenase para a obtenção de extratos de soja e tofu. A composição centesimal dos grãos utilizados para o preparo desses produtos não diferiram estatisticamente. Os valores da composição centesimal de grãos com lipoxigenase encontrados foram de 32,77% de proteína, 15,74% de lipídeos, 3,64% de cinzas e 7,56% de fibras. Já para os grãos livres de lipoxigenase, os valores encontrados foram de 33,29%, 15,30%, 3,84% e 7,09%, respectivamente para proteínas, lipídeos, cinzas e fibras (CIABOTTI, 2004). Comparando esses valores com

os obtidos (Tabela 4), tem-se que todos os teores encontrados por Ciabotti (2004) foram inferiores.

Em estudo sobre componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja, Ávila et al. (2007) encontraram teores de proteínas entre 29,96% e 34,85% em cultivares diferentes, plantadas em dois locais de semeadura, Umuarama e Maringá, o que foi muito inferior ao encontrado por este experimento. Porém, o teor de extrato etéreo encontrado pelos autores, com média variando de 18,01% a 19,65%, foi muito próximo ao encontrado nas cultivares estudadas.

Genovese, Hassimotto e Lajolo (2005), estudando 14 variedades de soja brasileiras, desenvolvidas pela EMBRAPA, encontraram variação de 17,6 a 24,2% nos teores de lipídeos dos grãos e de 38,0 a 43,6% no teor de proteínas, estando em acordo com os dados apresentados na Tabela 3.

O efeito da temperatura pode explicar as variações na concentração de proteínas, tanto entre locais, como entre anos em um mesmo local (PÍPOLO, 2002). Além disso, a quantidade desse macronutriente pode ser influenciada pela disponibilidade de nitrogênio.

A variabilidade e as mudanças globais no clima e na composição atmosférica podem interferir no comportamento da cultura da soja, aumentando ou diminuindo a quantidade e qualidade das sementes, influenciando os principais componentes, como óleo, proteína e carboidratos (BORDIGNON; LONG; ENGESETH, 2006).

A composição do grão de soja pode ser influenciada por muitos fatores, como genótipo, ambiente, local e safra de produção, causando alterações no rendimento e qualidade de alguns produtos derivados (BHARDWAJ et al., 1999).

A Tabela 5 mostra os valores da composição centesimal dos grãos crus e cozidos.

Tabela 5 – Médias obtidas referentes à composição centesimal em matéria seca (g/100g) dos grãos de soja crus e cozidos

Tratamento	Proteína	Extrato etéreo	Cinzas	Fibra solúvel	Fibra insolúvel	Carboidrato ¹
Cru	36,98	18,41	6,34	3,03	17,97	17,28
	±	±	±	±	±	±
	1,8 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,5 ^a	1,5 ^a	2,9 ^a
Cozido	41,22	21,07	5,74	4,01	6,30	21,66
	±	±	±	±	±	±
	2,7 ^b	0,9 ^b	0,2 ^b	0,5 ^b	0,4 ^b	2,6 ^b

¹Carboidratos disponíveis obtidos por diferença

²média ± desvio padrão

³médias com letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$)

Todos os fatores estudados obtiveram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em grãos crus e cozidos.

Para os grãos crus, os valores encontrados foram de 36,98% de proteínas, 18,41% de extrato etéreo, 6,34% de cinzas, 3,03% de fibra solúvel, 17,97% de fibra insolúvel e 17,28% de carboidratos.

Os grãos cozidos apresentaram 41,22%, 21,07%, 5,74%, 4,01%, 6,30% e 21,66% para proteínas, extrato etéreo, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel e carboidratos, respectivamente.

O teor de proteínas e de fibras totais encontrado nos grãos cozidos está de acordo com o observado por Silva et al. (2006) que realizaram maceração do grão por 12 horas e cozimento em panela de pressão de uso doméstico, por 20 minutos, sendo a porcentagem de proteína encontrada foi de 40,4% e de fibras foi 9,31%.

Toledo et al. (2007c) verificaram conteúdo de 35,09% de proteínas para grãos crus, semelhante ao obtido (Tabela 5), porém, verificaram diminuição desse componente com a cocção em autoclave, o que discorda dos dados do presente estudo.

Dembogurski (2003) encontrou teores de óleo e proteínas para grãos crus de 19,5% e 36,6%, respectivamente, o que foi similar aos dados apresentados na Tabela 5. A média do teor de proteína de várias cultivares de grãos de soja crua encontrado por Sbardelotto e Leandro (2008) foi de 37,6%.

O teor de lipídios dos grãos cozidos estudados foi menor que o encontrado por Silva et al. (2006), de 24,55% e por Toledo et al. (2007c), de 23,81%.

A porcentagem de cinzas e carboidratos dos grãos cozidos foi maior que a encontrada por Silva et al. (2006), de 2,88 e 17,26%, respectivamente, porém semelhantes ao encontrados por Toledo et al. (2007c).

Para grãos crus Toledo et al. (2007c) encontraram teores de carboidrato, fibra solúvel e insolúvel similares ao da Tabela 5.

2.4.2.2 Digestibilidade de proteína *in vitro*

A porcentagem de digestibilidade foi determinada correlacionando-se o nitrogênio total da amostra analisada com o nitrogênio contido no hidrolisado.

A tabela 6 contém os resultados da digestibilidade *in vitro* das duas cultivares de soja estudadas.

Tabela 6 – Porcentagem da digestibilidade *in vitro* das proteínas encontradas nos grãos nas diferentes cultivares

Cultivar	Digestibilidade <i>in vitro</i>
BRS 232	92,98 ± 0,6 ^{1a2}
BRS 257	93,44 ± 1,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$)

A porcentagem da digestibilidade de proteína *in vitro* foi diferente estatisticamente entre os dois cultivares. Para os grãos com lipoxigenase o valor encontrado foi de 92,98% e, para os grãos livres de lipoxigenase foi de 93,44%.

Monteiro et al. (2003), estudaram cultivares de soja com presença e ausência de inibidores de tripsina (KTI+ e KTI-) e com presença e ausência das enzimas lipoxigenases (LOX+ e LOX-). As cultivares KTI+LOX- e KTI+LOX+ não diferiram entre si em relação à digestibilidade *in vivo*, apresentando valores de 89,81% e 88,16%, respectivamente, valores um pouco abaixo dos encontrados no presente estudo.

Toledo et al. (2007c) quantificaram a porcentagem de digestibilidade *in vitro* de cinco cultivares de soja, entre elas a BRS 213, que é isenta das enzimas lipoxigenase,

verificando que esta cultivar não apresenta diferenças de digestibilidade com a maioria das outras cultivares estudadas que possuem lipoxigenase, diferindo dos dados apresentados na Tabela 6. Os valores mostrados por Toledo et al. (2007c) variaram de 86,96% a 88,27%, nas diferente cultivares.

Carvalho et al. (2002) estudando cinco cultivares de soja, verificaram correlação negativa significativa entre a atividade de inibidores de protease e a digestibilidade das amostras.

Os valores de digestibilidade *in vitro* dos grãos crus e cozidos são apresentados na tabela 7.

Tabela 7– Médias da digestibilidade de proteínas *in vitro* (em porcentagem) dos grãos de soja crus e cozidos

Tratamento	Disgestibilidade <i>in vitro</i>
Cru	93,27 ± 1,1 ^{1a}
Cozido	93,15 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Os valores de digestibilidade de grãos crus e cozidos não diferiram estatisticamente e foram de aproximadamente 93%, assim como a porcentagem encontrada por Felix (2005) para grãos de soja tostados.

A cocção promove aumento na digestibilidade de proteínas de grãos de soja. A digestibilidade de grãos crus é de aproximadamente 83,0% e aumenta para 91,7% após tratamento térmico em autoclave (TOLEDO et al., 2007c).

Carvalho et al. (2002) quantificaram a digestibilidade da proteína *in vitro* de cinco cultivares de soja. Para amostras cruas, os valores variaram de 47 a 59% e para amostras cozidas os valores variam de 65 a 71%, muito abaixo da porcentagem encontrada no presente estudo. Além disso, os autores concluíram que o aquecimento das amostras aumentaram sua digestibilidade, o que não ocorreu no presente estudo.

Essa melhora pode ser atribuída a alterações estruturais das proteínas, aumentando a susceptibilidade às enzimas, que farão sua hidrólise (CARBONARO;

MARLETTA; CARNOVALE, 1992). Ou ainda pelo aumento da disponibilidade de alguns aminoácidos presentes nos grãos (KAKADE; EVANS, 1966).

A Tabela 8 mostra os valores de digestibilidade *in vitro* (%) dos grãos de soja nas diferentes doses de irradiação.

Tabela 8 – Porcentagem de digestibilidade *in vitro* de proteínas nas diferentes doses de irradiação

Dose de Irradiação	Digestibilidade <i>in vitro</i>
0 kGy	92,84 ± 0,7 ^{1a2}
4 kGy	93,37 ± 0,5 ^{ab}
8 kGy	93,42 ± 1,1 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

A digestibilidade de proteínas *in vitro* dos grãos de soja não irradiados, considerados o grupo controle, (92,84%) diferiu estatisticamente dos grãos irradiados com dose de 8kGy (93,42%). Os grãos irradiados com 4kGy (93,37%) não diferiram dos outros dois grupos estudados.

Delincée, Villavicencio e Mancini-Filho (1998), estudando os efeitos da irradiação na qualidade proteica duas variedades de feijões brasileiros por meio de ensaio biológico com ratos, concluíram que a qualidade protéica, o conteúdo de proteína líquido utilizado, a digestibilidade e o valor biológico dos grãos não são influenciados pela radiação com doses de até 10kGy.

Farag (1999) observou que a irradiação com doses de 10 e 20 kGy melhora significativamente a digestibilidade *in vitro* da proteína de girassol. Porém, o tratamento com autoclave (121 °C por 10 minutos) somado à irradiação, gera melhora substancial na digestibilidade da amostra, da ordem de 10% maior que o grupo controle, sem tratamento algum. Houve correlação da melhora da digestibilidade gerada pela combinação dos tratamentos com a diminuição do ácido clorogênico, um composto fenólico, considerado um antinutricional.

Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), estudando feijão preto irradiado, observaram que a digestibilidade dos grãos de feijão crus diminuiu com aumento das

doses utilizadas para radiação (de 2 a 10kGy), com exceção para a dose de 4kGy, que não diferiu do controle. Em relação aos grãos cozidos, a irradiação não influenciou a digestibilidade na dose de 6kGy, teve ação positiva na dose de 8kGy e nas doses de 2, 4 e 10kGy foi observado diminuição da digestibilidade.

Estudo realizado por Abu-Tarboush (1998) avaliou o efeito da irradiação em alguns fatores antinutricionais em sementes, e demonstrou que há aumento na digestibilidade de grãos de soja com a irradiação, com doses de 1, 3, 5, 7 e 10kGy.

Em contraste, Toledo et al. (2007c) verificaram que não houve diferença significativa na digestibilidade protéica de grãos de soja nas diferentes doses de irradiação utilizadas, que foram de 0kGy, 2 kGy, 4 kGy e 8 kGy.

2.4.2.3 Fatores antinutricionais

A Tabela 9 apresenta os valores de compostos fenólicos totais (mg/g de matéria fresca), taninos (mg/g de matéria seca) e inibidor de tripsina (UTI/g amostra e UTI/g de proteína) nas diferentes cultivares estudadas neste trabalho.

Tabela 9 - Médias obtidas referentes aos compostos fenólicos totais (mg/g de amostra fresca), taninos (mg/g de matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/g de amostra e UTI/g de proteína) dos dois cultivares de grãos de soja estudados no experimento

Cultivar	Fenólicos totais	Taninos	Inibidor de tripsina (UTI/mg de amostra)	Inibidor de tripsina (UTI/mg de proteína)
BRS 232	5,99 ± 1,2 ^{1a2}	0,02 ± 0,0 ^a	29,30 ± 34,3 ^a	88,48 ± 107,2 ^a
BRS 257	4,76 ± 1,7 ^b	0,02 ± 0,0 ^a	15,07 ± 18,6 ^b	45,02 ± 55,6 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% (p≤0,05).

Dos fatores antinutricionais estudados, apenas os taninos não apresentaram diferença significativa entre os cultivares estudados, sendo que o teor encontrado foi de 0,02mg por grama de amostra para ambos.

Para fenólicos totais, os valores encontrados foram de 5,99mg e 4,76mg por grama de amostra, respectivamente, para os grãos convencionais e os livres de lipoxigenase.

Com relação aos inibidores de tripsina, os grãos com lipoxigenase obtiveram 29,30 UTI/mg de amostra e 88,58 UTI/mg de proteína. E os grãos sem lipoxigenase obtiveram 15,07 UTI/mg de amostra e 45,02 UTI/mg de proteína.

Esse resultado está de acordo com o encontrado por Ciabotti (2004) para inibidores de tripsina, que apresentou teores de 36,58 UTI/mg de amostra e 45,25 UTI/mg de amostra, respectivamente para grãos convencionais e livres de lipoxigenase e também foi observada redução na quantidade de inibidor de tripsina com a ausência da enzima lipoxigenase nos grãos.

Carvalho et al. (1999), estudando a consequência que a eliminação genética da enzima lipoxigenase traria para a quantidade de inibidor de tripsina do grão de soja, encontraram que, quando a amostra não possui nenhum dos três tipos de lipoxigenase, há redução significativa no nível tanto do inibidor de tripsina de Kunitz quanto no inibidor de Bowman Birk. Porém, quando a amostra possui pelo menos um dos três tipos de lipoxigenase, essa redução nos níveis de inibidores (tanto de Kunitz quanto de Bowman Birk) não ocorre.

Existe uma associação entre o inibidor de protease Kunitz e as lipoxigenases, ou seja, na ausência do inibidor, o nível da enzima lipoxigenase 1 é reduzido (BARROS et al., 2008).

Por outro lado, Monteiro et al. (2003) apresentaram valores iguais para a inibição de tripsina e quimotripsina em amostras de soja (semente e farinha) com e sem as isoenzimas lipoxigenases, contendo inibidores de tripsina. Para as amostras que não continham inibidores de tripsina, ocorreu a mesma coisa, ou seja, não houve diferença entre a inibição de tripsina e quimotripsina das amostras com e sem lipoxigenase.

Genovese, Hassimoto e Lajolo (2005), estudando 14 variedades de soja da EMBRAPA, encontraram que a quantidade de fenólicos totais das amostras estudadas variou de 143 a 225mg equivalentes em catequina por 100g de amostra.

Os resultados para fenólicos totais divergem do encontrado por Toledo et al. (2007a), que analisaram cinco cultivares de soja, e dentre elas a BRS 213, que é isenta

de lipoxigenase. Essa cultivar especial apresentou teor bem maior em relação às outras. Por outro lado, as cultivares de soja convencionais apresentaram quantidade de fenólicos totais variando de 5,08 a 5,93mg/g de amostra, aproximando-se muito dos valores aqui apresentados.

Toledo et al. (2007a) também encontraram valores de 0,13 a 0,2mg/g para taninos, nas amostras de soja. A cultivar BRS 213, sem lipoxigenase, apresentou maior teor, diferindo significativamente dos demais. Essa diferença nos teores de acordo com a presença/ausência das lipoxigenases não pode ser observada (Tabela 9).

A Tabela 10 mostra os valores de compostos fenólicos totais (mg/g de matéria fresca), taninos (mg/g de matéria seca) e inibidor de tripsina (UTI/mg amostra e UTI/mg de proteína) de grãos de soja cru e cozidos.

Tabela 10 - Médias obtidas referentes aos compostos fenólicos totais (mg/g de amostra); taninos (mg/g de amostras, matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/mg de amostra e UTI/mg de proteína) dos grãos de soja crus e cozidos

Tratamento	Fenólicos totais	Taninos	Inibidor de tripsina (UTI/mg de amostra)	Inibidor de tripsina (UTI/mg de proteína)
Cru	5.59 ± 1,0 ^{1a2}	0,04 ± 0,0 ^a	43,36 ± 24,9 ^a	133,49 ± 78,4 ^a
Cozido	5,16 ± 2,0 ^b	0,00 ± 0,0 ^b	0,00 ± 0,0 ^b	0,00 ± 0,0 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% (p≤0,05).

O método baseia-se na quantificação de unidades de tripsinas inibidas (UTI) quando o inibidor (amostra) é adicionado ao sistema enzima-substrato (tripsina-BAPA) (CIABOTTI, 2004).

Quando se comparou grãos crus e cozidos, todos os fatores antinutricionais estudados apresentaram reduções significativas (Tabela 10).

Os grãos crus apresentaram, 5,59mg de fenólicos totais por grama de amostra, 0,04mg de taninos por grama de amostra, 43,36 UTI por miligrama de amostra e 133,78

UTI por miligrama de proteína. Já os grãos cozidos apresentaram apenas fenólicos totais, com teor de 5,16mg por grama de amostra.

A quantidade de inibidor de tripsina da amostra crua está de acordo com o encontrado por Toledo et al. (2007a), que foi de 47,48 UTI/mg de amostra. Nesse estudo, a cocção também diminuiu significativamente a quantidade desse antinutricional, sendo que a amostra cozida apresentou 28,81 UTI/mg de amostra.

Antunes e Sgarbieri (1980) obtiveram inativação total de inibidor de tripsina em feijões embebidos em água destilada por uma noite e submetidos à temperatura de 97°C por 7,5 minutos. No presente experimento, também ocorreu a inativação da atividade dos inibidores de tripsina com maceração seguida do cozimento dos grãos, que foi feito em autoclave, por 10 minutos, a 121 °C.

Machado et al. (2008), estudando duas cultivares de soja, uma convencional e outra sem inibidor de Kunitz e lectina, observaram que 15 minutos de cocção em autoclave foi suficiente para inativar os inibidores de tripsina e lectina, sem causar grande redução na solubilidade da proteína, promovendo melhora nutricional nas duas farinhas produzidas pelas diferentes cultivares de soja.

Carvalho et al. (2002) apresentaram valores muito superiores de inibidores de tripsina para soja, tanto para amostras cruas como cozidas. Para os grãos crus, os valores variaram 122 a 206 UTI/mg de amostra e para os cozidos, a variação foi de 46 a 95 UTI/mg de amostra. Apesar disso, os autores concluíram que o cozimento diminuiu significativamente o teor desse antinutricional nas amostras de soja, assim como foi apresentado no presente estudo. O mecanismo de inibição desses antinutricionais pode ocorrer pela sua complexação: com a ação do calor, os inibidores se ligam a outros componentes do grão, se tornando, assim, inativos. Assim, ao serem submetidos à hidrólise enzimática, apresentam-se novamente ativos.

Qin, Verstegen e Van Der Poel (1998), observaram que há diminuição na atividade dos inibidores de tripsina de soja chinesa e argentina, quando estas passam por tratamento de tostagem a vapor. Esse fator nutricional vai diminuindo com o aumento do tempo de tratamento de calor. Além disso, ocorre diferença entre as sojas chinesas e argentinas em relação à atividade dos inibidores de tripsina com a tostagem. Em tratamento com menor temperatura e/ou menor tempo, a soja argentina apresentou

maior sensibilidade na redução da atividade dos inibidores, mas, com o aumento da temperatura de tostagem e/ou do tempo, esta diferença na sensibilidade das duas amostras diminuiu. Na condição mais severa de tostagem (136°C por 10 min), a atividade de inibidores de tripsina das duas amostras foram reduzidas a valores indetectáveis.

Xu, Yuan e Chang (2007) estudaram a composição de fenólicos totais de muitas variedades de legumes crus de estação fria, e encontraram que a soja de variedade amarela possui 1,5 a 1,8 mg equivalentes de ácido gálico por grama.

Barbosa et al. (2006) também encontraram teor de 2mg de fenólicos totais por grama de amostra em grãos de soja crus. Os autores ainda observaram alta correlação linear entre o conteúdo de isoflavonas e fenólicos totais das amostras estudadas.

Villavicencio et al. (2000b), comparando grãos de feijão crus com cozidos, encontraram que os cozidos possuem maior conteúdo de compostos fenólicos, o que pode ser explicado por uma melhor extratibilidade desses compostos pela alteração nos componentes das paredes das células em maior temperatura ou por uma decomposição de certos compostos fenólicos insolúveis.

Por outro lado, Toledo et al. (2007a), reforçando os dados apresentados na Tabela 10, verificaram que a cocção de grãos de soja em autoclave promove redução significativa no conteúdo de fenólicos totais das amostras. A autora apresentou teores de 6,89 e 4,89mg/g de amostras para cultivares cruas e cozidas, respectivamente, se aproximando dos teores encontrados nas cultivares estudadas BRS 232 e BRS 257.

Xu e Chang (2008) estudaram o efeito de 4 tipos de cocção em grãos de soja amarelos e pretos: cocção por imersão, imersão com pressão, cocção por vapor e vapor com pressão. Todos os tipos de cocção causaram diminuição no teor de fenólicos, flavonóides, taninos e antocianinas dos grãos pretos. Para os grãos amarelos, os 4 tipos de cocção causaram aumento no teor de flavonóides e taninos. Com exceção do vapor com pressão, todos os outros tipos de cocção causaram diminuição no teor de fenólicos dessa amostra. As divergências entre as consequências da cocção para os dois tipos de amostra pode ser devida às diferenças na distribuição e no conteúdo de cada composto fenólico na casca e no cotilédone do grão.

Por outro lado, Korus et al. (2007), estudando cinco variedades de feijão, demonstraram que a extrusão diminui a quantidade de compostos fenólicos totais do grãos. Antes do tratamento, os grãos apresentaram teores que variaram de 7,87 a 10,55mg por grama equivalentes em ácido gálico, e após a extrusão, houve diminuição de 22 a 37% em relação ao feijão cru.

Em feijões cozidos por autoclave, há redução de aproximadamente 90% no teor de compostos fenólicos totais nas cascas. O teor de fenólicos dos cotilédones também diminuiu com a cocção, com exceção para a variedade Bayo Victória (Rocha-Guzmán et al., 2007).

Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), estudando feijões pretos, observaram que a cocção tem efeito altamente desejável na redução de taninos, ficando abaixo do nível de detecção pelo método empregado, o que está de acordo com o presente estudo.

Brigide e Canniatti-Brazaca (2006) demonstraram que a cocção de grãos de feijão causa redução significativa no teor de taninos, assim pode ser observado na Tabela 10. O mesmo ocorreu para Toledo et al. (2007a), estudando grãos de soja de diferentes cultivares.

Os resultados apresentados para taninos não estão de acordo com os apresentados por Villavicencio et al. (2000b) para feijões. Para a variedade Carioca, os autores concluíram que a hidratação seguida da cocção não altera a quantidade de taninos, e para a variedade Macaçar há aumento no teor desse antinutricional.

Os valores correspondentes à compostos fenólicos totais (mg/g de amostra mg/g de matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/g de amostra e UTI/g de proteína) nas diferentes doses de irradiação dos grãos são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores obtidos de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra); taninos (mg/g de amostra, matéria seca) e inibidores de tripsina (UTI/mg de amostra e UTI/mg de proteína) nas diferentes doses de irradiação dos grãos

Dose de Irradiação	Fenólicos totais	Taninos	Inibidor de tripsina (UTI/mg de amostra)	Inibidor de tripsina (UTI/mg de proteína)
0 kGy	5,73 ± 1,5 ^{1a2}	0,03 ± 0,0 ^a	29,98 ± 34,4 ^a	92,31 ± 107,0 ^a
4 kGy	5,49 ± 0,9 ^a	0,02 ± 0,0 ^b	26,97 ± 30,3 ^b	82,99 ± 94,01 ^b
8 kGy	4,90 ± 2,1 ^b	0,02 ± 0,0 ^b	8,09 ± 9,5 ^c	24,94 ± 29,6 ^c

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% (p≤0,05).

Quando se comparou o teor de fenólicos totais, os grãos irradiados com 8kGy (4,90mg/g de amostra) diferiram dos outros dois grupos, que apresentaram teores de 5,73mg e 5,49mg/grama de amostra pra o controle e dose de 4kGy, respectivamente.

Para taninos, o grupo controle apresentou 0,03mg/g de amostra, o que representa diferença estatística dos grãos irradiados, ambos com teores de 0,02mg de taninos por grama de amostra.

Em relação aos inibidores de tripsina, todos os grupos diferiram entre si. Para o grupo controle, os valores foram de 29,98 UTI/mg de amostra e 92,31 UTI/mg de proteína; para os grãos irradiados com 4kGy, os teores foram de 26,97 UTI/mg de amostra e 82,99 UTI/mg de proteína. Já os grãos irradiados com 8kGy apresentaram 8,09 UTI/mg de amostra e 24,94 UTI/mg de proteínas.

Villavicencio et al (2000b) estudando o efeito da irradiação na quantidade de compostos fenólicos, taninos e fitatos em duas variedades de feijões brasileiros encontraram que a radiação em doses de até 5kGy não causam efeito na concentração de compostos fenólicos em feijões crus, e, após a cocção, diminuição na concentração dos fenólicos foi encontrada com o aumento da dose de irradiação. Para taninos, a quantidade nas duas variedades de feijão diminuiu com o aumento da dose de irradiação, tanto para grãos crus como cozidos.

Brigide e Canniatti-Brazaca (2006) demonstraram o efeito da irradiação em taninos de feijões crus e cozidos. Os resultados encontrados mostram que feijões cozidos contêm baixa quantidade de taninos, que não foi afetada pela irradiação, mas em feijões crus, essa quantidade foi afetada, diminuindo de acordo com o aumento da dose de irradiação, que variou de 2 a 10kGy.

Os resultados para taninos diferem (Tabela 11) dos encontrados por Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), que não encontraram relação entre o teor de taninos e a intensidade de radiação recebida pelos grãos de feijão preto estudados.

Toledo et al. (2007a), estudando diferentes cultivares de soja, concluíram que o aumento da dose da irradiação (variando de 0kGy a 8kGy) promove diminuição no teor de taninos nos grãos. Grãos irradiados com dose de 8kGy apresentaram 0,05mg de taninos/g de amostra.

Abu-Tarboush (1998) demonstrou que a irradiação nas doses de 7 e 10kGy foram eficientes em reduzir a quantidade de taninos em sorgo da variedade Shahlla. As doses de irradiação inferiores estudadas (1 e 3 kGy) não apresentaram efeito satisfatório na diminuição desse antinutricional. O conteúdo de tanino do sorgo da variedade Hemaira não foi afetado pela irradiação nas doses estudadas.

Em cascas de amêndoas, a quantidade de fenólicos totais aumenta aproximadamente em doses acima de 4kGy, esse aumento é de aproximadamente 40%, quando comparado à amostra controle, não irradiada (HARRISON; WERE, 2007).

Os resultados encontrados (Tabela 11) para fenólicos totais difere dos apresentados por Khattak, Simpson e Ihasnullah (2008), que estudaram a espécie herbácea *Nigella sativa* e verificaram que a radiação nessas sementes aumentou significativamente a quantidade de fenólicos totais com extração por acetona. Nesse caso, é possível dizer que a radiação induz reações químicas em componentes dessa semente, que possivelmente degrada grandes moléculas em pequenas moléculas fenólicas, que são prontamente solúveis em acetona. Para sementes de *N. sativa* extraídas com metanol, a diferença na quantidade de compostos fenólicos foi insignificante. Já para a extração com água, a quantidade desse composto diminuiu com as doses de radiação de 12 e 16kGy. A diferença no efeito da radiação no conteúdo de fenólicos totais pode ser devido ao tipo de planta, condições geográficas e

ambientais, estado da amostra (sólida ou seca), composição de fenólicos, solvente da extração, procedimentos da extração, temperatura, doses da radiação gama, entre outros fatores.

Toledo et al. (2007a) verificaram redução nos teores de fenólicos totais de grãos de soja com o aumento da dose de irradiação até 4kGy, e aumento da quantidade desse componente com a dose de 8kGy. Para inibidores de tripsina, o aumento da dose de irradiação utilizada (0kGy, 2kGy, 4kGy e 8kGy) promoveu a diminuição nos valores desses antinutricionais, o que condiz com os resultados encontrados (Tabela 10).

Os resultados de inibidores de tripsina (Tabela 11) estão de acordo com o encontrado por Mancini-Filho (1990). O autor, que estudou variedades de feijão irradiadas, demonstrou que a atividade inibitória da tripsina teve diminuição proporcional à dose de irradiação. Assim como o resultado demonstrado por Al-Kaisey et al. (2003), que obteve reduções de 4,5%, 6,7%, 8,5% e 9,7% na atividade dos inibidores de tripsina de fava com doses de irradiação de 2,5kGy, 5kGy, 7,5kGy e 10kGy, respectivamente.

Abu-Tarboush (1998) estudou a inativação de alguns compostos nutricionais em sementes, provocadas pela irradiação, com doses de 1, 3, 5, 7 e 10 kGy. Ocorreu diminuição no teor de inibidor de tripsina e inibidor de quimotripsina com a irradiação, sendo que quanto maior a dose aplicada, maior foi a inibição desses fatores.

2.4.2.4 Capacidade antioxidante

A Tabela 12 mostra os valores encontrados para a atividade antioxidante das duas cultivares estudadas, com os métodos DPPH (equivalente em μL de Trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de Trolox por grama de amostra)

Tabela 12 – Atividade antioxidante das duas cultivares, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)

Cultivar	DPPH	ABTS
BRS 232	$9,81 \pm 3,6^{1a2}$	$6,99 \pm 2,1^a$
BRS 257	$10,38 \pm 3,0^b$	$7,14 \pm 3,1^a$

¹ média \pm desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Como se pode observar, de acordo com a Tabela 12, a cultivar BRS 257 (sem lipoxigenase) apresenta maior atividade antioxidante quando comparada à cultivar convencional. Na metodologia do DPPH, esta diferença é estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$), o que não ocorre com outra metodologia ($p > 0,05$).

Lee et al. (2004), estudando 17 cultivares diferentes de soja, cultivadas em Ohio, mostraram que há muita diferença na atividade antioxidante 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 por grama 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 14 variedades 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 por 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.

Cultivares com ausência das lipoxigenases 2 e 3 produzem menos hexanal e possuem menor valor de TBA, o ácido tiobarbitúrico (Moreira et al., 1993), que serve para avaliar a oxidação de lipídios em alimentos, por meio da quantificação do malonaldeído, um dos principais produtos da decomposição de hidroperóxidos.

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.

Os resultados encontrados entre os métodos (ABTS e DPPH) diferem entre si. Esta discrepância podem 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).

Os valores da atividade antioxidante dos grãos crus e cozidos, medidos por DPPH e ABTS são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Atividade antioxidante das amostras cruas e cozidas, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)

Tratamento	DPPH	ABTS
Cru	$13,25 \pm 0,7^{1a2}$	$4,99 \pm 1,1^a$
Cozido	$6,94 \pm 0,7^b$	$9,13 \pm 2,0^b$

¹ média \pm desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Como pode ser observado na Tabela 13, a cocção dos grãos de soja diminuem significativamente a atividade antioxidante do alimento. Isso foi verificado pelas duas metodologias utilizadas.

O valor encontrado de atividade antioxidante de grãos crus, pelo método de DPPH encontrado por Xu, Yuang e Chang (2007), foi de $1,27 \mu\text{mol}$ equivalente de Trolox por grama de amostra.

Barbosa et al. (2006), estudando os teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados, encontraram que o grão cru apresenta atividade antioxidante de $3,7 \mu\text{mol}$ equivalente de trolox por grama de amostra.

Diferentemente do resultado encontrado (Tabela 13), Xu e Chang (2008) observaram aumento na atividade antioxidante de grãos sojas amarelos com a cocção por imersão com pressão, cocção por vapor e vapor com pressão, medida por DPPH. A cocção por imersão (sem pressão) não modificou a atividade antioxidante da amostra. Já para os grãos pretos, houve redução na atividade, nos quatro tipos de cocção estudados pelos autores. Dentre os tipos de cocção utilizados, a cocção por vapor, com ou sem pressão, se mostrou mais efetiva, já que para as duas amostras, a atividade antioxidante foi maior com esse tipo de tratamento. Isso pode ser explicado porque os compostos fenólicos podem passar para a água no momento em que são cozidos por imersão, e/ou pela possível formação de novos compostos com atividade antioxidante pela cocção com vapor.

Huang, Fu e Ho (2003) detectaram que alimentos processados de soja, como o tofu, têm aproximadamente 50% da atividade antioxidante quando comparada com grãos crus.

A atividade antioxidante, medidas por meio do DPPH, de três cultivares de feijão cozidos por autoclave aumentou, quando comparada à atividade dos grãos crus (ROCHA-GUZMÁN et al., 2007).

Korus et al. (2007), estudando cinco variedades de feijão, observaram que após a extrusão, a atividade antioxidante, medida pelas metodologias do FRAC, DPPH e ABTS diminuiu significativamente quando comparada aos grãos crus.

Pyo, Lee e Lee (2005) estudando o efeito da fermentação nas isoflavonas e na atividade antioxidante da soja, observaram que com a utilização de 4 espécies de bactérias lácticas ácidas, há aumento da atividade antioxidante, medida pelos métodos ABTS e DPPH. Isso, se deve, provavelmente à transformação das isoflavonas glicosídeas para sua formas agliconas, pela β -glicosidase formada na fermentação. Foi demonstrada correlação positiva entre o teor de isoflavonas agliconas e a atividade antioxidante da soja (por DPPH e ABTS) das amostras.

Na Tabela 14 está apresentada a atividade antioxidante das amostras nas diferentes doses de irradiação, medidas por DPPH e ABTS.

Tabela 14 – Atividade antioxidante das amostras nas diferentes doses de irradiação, obtidas por DPPH (equivalente em μL de trolox por grama de amostra) e ABTS (equivalente em μmol de trolox por grama de amostra)

Dose de Irradiação	DPPH	ABTS
0 kGy	$10,06 \pm 3,1$ ^{1a2}	$7,57 \pm 0,0$ ^a
4 kGy	$10,21 \pm 3,6$ ^a	$6,76 \pm 0,0$ ^a
8 kGy	$10,01 \pm 3,4$ ^a	$6,86 \pm 0,0$ ^a

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

A atividade antioxidante das amostras não variou com a radiação, tanto pelo método do DPPH, como pelo ABTS.

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 pôde ser observado, como mostra a Tabela 17, porém, a atividade antioxidante das amostras não foi alterada.

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 16kGy), diferindo do resultado encontrado (Tabela 14).

O estudo de Byun et al. (2002) com produtos fermentados de soja coreanos (chungkookjang e doenjang), demonstrou que a atividade antioxidante das amostras irradiadas, com doses de 5, 10 e 20kGy, não difere do grupo controle, não irradiado. 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), encontraram aumento na atividade antioxidante, medida por ABTS, nas amostras irradiadas com doses acima de 4kGy.

2.4.2.5 Isoflavonas

As concentrações ($\mu\text{g/g}$ de amostra) das frações de isoflavonas agliconas e glicosiladas das duas cultivares estudadas estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) de daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, nas duas cultivares de soja estudadas

		BRS 232	BRS 257
Agliconas	Daidzeína	$1,87 \pm 1,8^{1a2}$	$3,34 \pm 3,2^b$
	Gliciteína	$5,89 \pm 2,5^a$	$5,36 \pm 4,5^a$
	Genisteína	$14,58 \pm 9,1^a$	$26,25 \pm 19,5^b$
Glicosídeas	Daidzina	$48,30 \pm 45,6^a$	$94,19 \pm 79,7^b$
	Glicitina	$149,48 \pm 137,4^a$	$288,31 \pm 244,2^b$
	Genistina	$157,39 \pm 125,9^a$	$247,93 \pm 183,3^b$
Malonil-glicosídeas	Malonil-daidzina	$21,80 \pm 7,6^a$	$45,41 \pm 14,3^b$
	Malonil-glicitina	$55,57 \pm 13,5^a$	$85,82 \pm 19,4^b$
	Malonil genistina	$49,80 \pm 13,8^a$	$98,01 \pm 26,9^b$

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Das frações de isoflavonas estudadas, apenas a gliciteína não apresentou diferença estatística entre os cultivares. Para os grãos com lipoxigenase, o teor foi de $5,89 \mu\text{g/g}$ de amostra. E para o cultivar sem lipoxigenase, o teor foi de $5,36 \mu\text{g/g}$ de amostra.

As frações glicosídeas daidzina, glicitina e genistina dos grãos convencionais apresentaram teores de $48,30 \mu\text{g}$, $149,48 \mu\text{g}$ e $157,39 \mu\text{g}$ por grama de amostra. Além disso, esse cultivar obteve $1,87 \mu\text{g}$ de daidzeína e $14,58 \mu\text{g}$ de genisteína por grama de amostra.

Para os grãos livres de lipoxigenase, os resultados foram: $94,19 \mu\text{g}$ de daidzina, $288,31 \mu\text{g}$ de glicitina, $247,93 \mu\text{g}$ de genistina, $3,34 \mu\text{g}$ de daidzeína e $26,25 \mu\text{g}$ de genisteína por grama de amostra.

Park et al. (2001) analisaram diferentes cultivares de soja da mesma região brasileira e observaram variação significativa na concentração de isoflavonas entre as mesmas.

Ciabotti (2004) encontrou valores de 34,48 μ g/g, 11,2 μ g/g e 30,01 μ g/g para daidzina, glicitina e genistina em grãos de soja convencionais e 38,84 μ g, 24,33 μ g e 33,36 μ g em grãos de soja livres de lipoxigenase, respectivamente, que foram bem menores que os apresentados (Tabela 15). Ávila et al. (2007) também encontraram menores quantidades dessas frações nos grãos estudados.

Com relação às frações agliconas, os valores encontrados (Tabela 15) também foram superiores aos encontrados por Ciabotti (2004). Para os grãos convencionais, a autora encontrou apenas genisteína (1,22 μ g/g de amostra) e nos grãos livres de lipoxigenase, apenas as frações daidzeína (2,43 μ g/g de amostra) e genisteína (1,94 μ g/g de amostra).

As frações malonil-glicosídicas também diferiram entre as cultivares. Na cultivar com lipoxigenase, o maior teor encontrado foi de 55,57 μ g de malonil-glicitina por grama de amostra. Já para a cultivar sem lipoxigenase, o maior teor foi de 98,01 μ g de malonil-genistina por grama de amostra.

Nos grãos que contém lipoxigenase, o resultado para malonil-genistina, de 49,80 μ g/g de amostra está próximo ao encontrado por Ciabotti (2004), também para grãos de soja com lipoxigenase, que foi de 42,71 μ g/grama de amostra.

A quantidade de malonil-daidzina em grãos isentos de lipoxigenase (45,41 μ g/grama de amostra) também se aproximou do encontrado por Ciabotti (2004), que foi de 51,14 μ g/grama de amostra.

O teor de malonil-daidzina das cultivares BRS 184 e BRS 213, cultivados em Umuarama e Maringá, foi em média 49mg em 100 gramas de amostra (Ávila et al. 2007), o que condiz com o resultado da cultivar BRS 257 desse estudo.

Já o teor de malonil-genistina da cultivar BRS 232 desse experimento condiz com a cultivar BRS 133 do estudo de Ávila et al. (2007), de 46,99mg por 100 gramas de amostra.

De acordo com Carrão-Panizzi et al. (1998) a concentração de isoflavonas na soja é geneticamente determinada, mas pode ser modificada por fatores ambientais, principalmente pela temperatura.

A Tabela 16 mostra as frações de isoflavonas agliconas e glicosiladas dos grãos de soja crus e cozidos, em µg/g de amostra.

Tabela 16 – Concentração (µg/g de amostra) de daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, nas amostras cruas e cozidas

		Cru	Cozido
Agliconas	Daidzeína	0,25 ± 0,1 ^a	4,96 ± 1,8 ^b
	Gliciteína	2,49 ± 1,2 ^a	8,76 ± 2,1 ^b
	Genisteína	8,10 ± 2,1 ^a	32,73 ± 14,4 ^b
Glicosídeas	Daidzina	12,16 ± 8,0 ^a	130,33 ± 45,7 ^b
	Glicitina	40,43 ± 22,7 ^a	397,36 ± 144,1 ^b
	Genistina	57,09 ± 21,3 ^a	348,22 ± 92,0 ^b
Malonilglicosídeas	Malonil-daidzina	42,24 ± 17,6 ^a	24,97 ± 9,5 ^b
	Malonil-glicitina	75,52 ± 25,9 ^a	65,87 ± 17,9 ^b
	Malonil genistina	88,52 ± 34,8 ^a	58,30 ± 20,5 ^b

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% (p≤0,05).

As formas agliconas e glicosídeas aumentaram suas concentrações com o cozimento das amostras, já as frações malonil-glicosídeas diminuíram com o cozimento.

Resultado semelhante foi encontrado por Xu e Chang (2008), que verificaram as mudanças no teor de isoflavonas de grãos de soja amarelos e pretos, com 4 tipos de cocção diferentes. Todos os tipos de cocção resultaram em aumento no teor de isoflavonas agliconas e glicosídeas e em redução no teor de derivados malonis.

O processamento em matérias primas com altos níveis de isoflavonas, podem favorecer maior desenvolvimento de isoflavonas agliconas (CARRÃO-PANIZZI; SIMÃO; KIKUCHI; 2003). No presente estudo, com o cozimento houve aumento das isoflavonas agliconas (Tabela 16).

Coward et al. (1998), estudando a modificação química de isoflavonas em alimentos com soja durante o cozimento e processamento, encontraram que a soja crua moída (farinha) contém predominantemente os conjugados malonis. Já após a tostagem da farinha, o conteúdo da fração β -glicosídea aumentou. Isso também pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 16, sendo que após cozimento a fração glicosídea aumentou bastante seu conteúdo.

De acordo com Park et al. (2001), que analisaram os teores de isoflavonas em diversas cultivares de soja e o efeito da temperatura na extração desses compostos, a extração após o aquecimento gerou aumento nos teores de glicosil-isoflavonas quando comparadas àquelas obtidas de extrações à temperatura ambiente, o que também pôde ser observado nesse estudo.

Um 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 β -glicosídeos foi maior, assim como pode ser observado na Tabela 16.

Barbosa et al. (2006) encontraram teor de 110mg de isoflavonas agliconas por grama de grãos de soja crua, o que foi muito semelhante ao encontrado nesse experimento, que foi de 108,4mg por grama de soja crua. Para conseguir esse resultado somou-se os teores das três isoflavonas agliconas analisadas.

Tanto nos grãos crus, como nos cozidos, na fração das isoflavonas agliconas, a genisteína foi a que predominou (Tabela 16), assim como no experimento de Coward et al. (1998).

Num estudo dos efeitos dos genótipos, ambientes e tratamentos hidrotérmicos na concentração de isoflavonas agliconas em grãos de soja, Carrão-Panizzi, Simão e Kikuchi (2003), encontraram que grãos de soja que não sofreram tratamento hidrotérmico apresentaram concentrações totais das agliconas muito reduzidas, e após os tratamentos estudados, as concentrações de agliconas nos grãos aumentaram oito vezes. Além disso, com o tratamento de 60°C, as isoflavonas glicosídicas daidzina e genistina aumentaram suas concentrações, e comparando os grãos que receberam

tratamento térmico com os não-tratados, as formas malonil foram acentuadamente reduzidas. Todos esses fatores também foram observados no presente trabalho.

De acordo com o estudo de Kudou et al. (1991) os compostos malonis são detectados como os principais constituintes no extrato de soja obtido a temperatura ambiente, enquanto os maiores constituintes obtidos com um extrato feito a 80°C são a daidzina, glicitina e genistina. Essas observações sugerem que os compostos malonis são termicamente instáveis, e são convertidos nas frações glicosídicas.

Com o processamento dos grãos de soja, pode ocorrer perda de isoflavonas ou mudança no perfil. Na soja não processada, as principais isoflavonas presentes são malonil-genistina, genistina, malonil-daidzina e daidzina, que se transformam em outras como, por exemplo, acetilglicosídeos e agliconas (WANG; MURPHY, 1994). Essa mudança não foi observada (Tabela 16).

Segundo Coward, Barnes e Setchell (1993), processos de aquecimento promovem descarboxilação de conjugados malonil originando conjugados acetilglicosídios, pois estes são detectados apenas em produtos submetidos a tratamento térmico durante a produção.

Barbosa et al. (2006), estudando os teores de isoflavonas da soja crua e produtos derivados encontraram teores de 0,5mg de malonilglicosídeos e 0,04mg de isoflavonas agliconas por grama de grãos de soja.

Os valores de concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) das isoflavonas agliconas e glicosiladas da soja, nas diferentes doses de irradiação são mostradas na tabela 17.

Tabela 17 – Concentração ($\mu\text{g/g}$ de amostra) de daidzina, glicitina, genistina, daidzeína, gliciteína e genisteína, das amostras, nas diferentes doses de irradiação

		Dose de Irradiação		
		0kGy	4kGy	8kGy
Agliconas	Daidzeína	$2,10 \pm 2,1^{1a2}$	$2,79 \pm 2,9^b$	$2,92 \pm 3,1^b$
	Gliciteína	$4,69 \pm 2,6^a$	$5,81 \pm 3,8^b$	$6,38 \pm 4,3^b$
	Genisteína	$14,78 \pm 8,2^a$	$22,17 \pm 17,0^b$	$24,29 \pm 20,3^b$
Glicosídeas	Daidzina	$63,35 \pm 60,4^{1a2}$	$78,33 \pm 76,4^b$	$72,06 \pm 71,7^{ab}$
	Glicitina	$196,66 \pm$	$238,19 \pm$	$221,84 \pm$
		$177,9^a$	$233,7^a$	$223,4^a$
	Genistina	$188,23 \pm$	$215,34 \pm$	$204,40 \pm$
$148,8^a$		$179,9^a$	$168,0^a$	
Malonil-glicosídeas	Malonildaizina	$32,78 \pm 18,2^a$	$32,95 \pm 13,4^a$	$35,10 \pm 18,5^a$
	Malonilglicitina	$64,26 \pm 19,4^a$	$67,12 \pm 18,4^a$	$80,71 \pm 27,0^b$
	Malonilgenistina	$70,73 \pm 33,2^a$	$72,61 \pm 28,4^a$	$78,38 \pm 37,0^a$

¹ média \pm desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Tabela 17, percebe-se que as isoflavonas agliconas aumentaram com a radiação, porém, as amostras irradiadas não diferiram entre si.

A daidzina tem aumento na quantidade com radiação de 4kGy, comparada ao grupo controle. A glicitina e a genistina não são modificadas pela radiação.

Entre as maloniglicosídeas, não há mudanças na quantidade, com exceção da malonilglicitina irradiada com a dose de 8kGy, que apresentou ligeiro aumento no teor.

Variyar, Limaye e Sharma (2004), estudando a estabilidade das isoflavonas sob radiação gama e os efeitos dessas possíveis mudanças na atividade antioxidante da soja, encontraram que houve significativa diminuição no conteúdo total de isoflavonas, assim como de isoflavonas glicosídeas, e isso ficou mais evidente em grãos com doses de radiação maior que 1 kGy. Por outro lado, o conteúdo de agliconas apresentou aumento. O resultado sugere que a radiação poderia quebrar as moléculas glicosídeas, transformando-as em isoflavonas livres. Entre as isoflavonas agliconas, os autores

observaram que a quantidade de genisteína aumentou conforme aumentou a dose de irradiação, o que condiz com os resultados encontrados (Tabela 17).

2.4.3 Análise sensorial

A terminologia descritiva das amostras incluiu 5 atributos para aparência, 2 para o odor, 3 para o sabor e 2 para textura, cujas definições e referências utilizadas nos treinamentos encontram-se apresentadas na Figura 16.

(continua)

ATRIBUTOS APARÊNCIA	DEFINIÇÕES	REFERÊNCIAS
Característico	Aparência característica de soja	Pouco característica: Aparência estranha. Muito característica: Aparência natural. Obs. Por seu um 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.	Pouco escuro: soja cozida na hora. Muito escuro: feijão preto
Tamanho Uniforme	Presença de apenas um tamanho de grão.	Pouco uniforme: Duas variedades de soja misturadas, com grãos de tamanhos diferentes. Muito uniforme: Presença de apenas um tamanho de grão.
Íntegro	Quebra do tegumento da soja causada pelo cozimento.	Pouco íntegro: Nenhum grão quebrado. Muito íntegro: Todos os grãos quebrados.
Cascas soltas	Descreve o fenômeno de soltura das cascas após o cozimento	Poucas cascas soltas: soja não irradiada cozida por 10 minutos em panela de pressão Muitas cascas soltas: soja irradiada cozida por 10 minutos em panela de pressão
<i>ODOR</i>		
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 estranho: grãos de soja cozidos. Muito estranho: grãos de soja tostados.

		(conclusão)
<i>SABOR</i>		
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 amargo: soja cozida, somente com 2% de sal sob o peso seco. Muito amargo: 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 estranho: grãos de soja cozidos. Muito estranho: torradas.
<i>TEXTURA</i>		
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	Pouco firme: soja cozida sem maceração durante 70 min, em panela de pressão. Muito firme: soja cozidas sem maceração por 25 min, em panela de pressão.
Uniforme	Caracteriza-se pela ausência de granulidade ao mastigar os grãos.	Pouco uniforme: Mistura de grãos cozidos com diferentes tempos de cocção (10, 30 e 45 minutos) em panela de pressão. Muito uniforme: Grãos de soja cozidos por 30 minutos sob pressão.

Figura 16 – Terminologia e referências utilizadas para o treinamento dos provadores para a análise sensorial

A Tabela 18 mostra a comparação dos resultados da ADQ dos 11 provadores em relação à aparência das cultivares estudadas, BRS 232 e BRS 257.

Tabela 18 – Média dos resultados de ADQ para a aparência dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257

Atributos	Cultivares	
	BRS 232	BRS 257
Característico	9,52 ± 0,6 ^{1a2}	9,59 ± 0,4 ^a
Cor	2,19 ± 1,2 ^a	2,79 ± 1,2 ^b
Íntegro	9,45 ± 0,5 ^a	9,16 ± 0,5 ^b
Cascas Soltas	1,29 ± 1,6 ^a	1,79 ± 1,5 ^b
Tamanho Uniforme	9,42 ± 0,6 ^a	9,46 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos, as duas cultivares de soja estudadas, com e sem lipoxigenase, diferem entre si em relação à cor, integridade dos grãos após a cocção e presença de cascas soltas.

A cultivar com ausência de lipoxigenase apresentou cor mais clara, maior integridade dos grãos e menos cascas soltas, quando comparada à cultivar convencional.

Em relação à aparência característica e uniformidade do tamanho dos grãos, não houve diferença entre as cultivares.

Torres-Penaranda et al. (1998), estudando características sensoriais de leite e tofu feitos a partir de grãos de soja sem lipoxigenase e convencionais, encontraram que o leite feito a partir da soja sem lipoxigenase foi considerado mais escuro e mais amarelo que o leite da soja tradicional. Com relação ao tofu, não foram encontradas diferenças.

Ciabotti (2004) comparando extratos de soja obtidos a partir cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase, concluiu que, pela análise sensorial, a aparência global das amostras não diferiram entre si. Em relação aos tofus, obtidos pelas mesmas cultivares de soja, não houve diferença estatística na aparência entre as amostras obtidas pela soja convencional e a livre de lipoxigenase, porém, estas diferiram da amostra obtida pela soja convencional branqueada, que foi considerado o produto de

pior aparência. A avaliação de cor foi realizada separadamente para produtos obtidos pelas duas cultivares de soja. Esse atributo não apresentou diferenças entre as amostras, tanto nos extratos de soja como nos tofus.

A Tabela 19 apresenta as médias dos resultados da ADQ dos 11 provadores em relação à aparência dos grãos de soja irradiados.

Tabela 19 – Média dos resultados de ADQ da aparência para os grãos de soja com diferentes doses de irradiação

Atributos	Doses de Irradiação		
	Controle	4 kGy	8 kGy
Característico	9,59 ± 0,5 ^{1a2}	9,58 ± 0,5 ^a	9,49 ± 0,6 ^a
Cor	2,53 ± 1,3 ^a	2,47 ± 1,2 ^a	2,46 ± 1,3 ^a
Íntegro	9,43 ± 0,5 ^a	9,37 ± 0,5 ^a	9,13 ± 0,6 ^b
Cascas Soltas	1,07 ± 1,6 ^a	1,41 ± 1,4 ^a	2,13 ± 1,5 ^b
Tamanho Uniforme	9,47 ± 0,5 ^a	9,50 ± 0,4 ^a	9,35 ± 0,6 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Conforme se pode observar os dados da tabela, apenas a integridade dos grãos e a presença de cascas soltas teve diferença entre as doses de irradiação estudadas.

Para os grãos irradiados com 8 kGy, houve aumento na presença das cascas soltas e diminuição da integridade dos grãos, provavelmente devido ao amolecimento causado pelo processo de irradiação conforme já constado pelos dados apresentados na Figura 10 e Tabela 2.

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 irradiação 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 feijões 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 pra 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 carioca não-irradiada com as irradiadas nas diferentes doses.

Tabela 20 - Média dos resultados de ADQ para o odor dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257

Atributos	Cultivares	
	BRS 232	BRS 257
Característico	9,59 ± 0,4 ^{1a2}	9,59 ± 0,5 ^a
Estranho	0,36 ± 0,4 ^a	0,34 ± 0,4 ^a

¹ média ± desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Os dados de ADQ mostram que não houve diferença significativa entre as cultivares nos atributos estudados para o odor.

Comparando-se leite de soja e tofu, obtidos a partir de grãos de soja sem lipoxigenase e a partir de grãos convencionais, Torres-Penaranda et al. (1998) encontraram que o leite obtido por grãos livres de lipoxigenase teve menor aroma de grão cozido, quando comparado ao leite obtido a partir do grão convencional. Em relação ao tofu, não houve diferença entre as amostras.

O aroma de “beany” e de ranço de leite de soja obtido por cultivar de soja sem a lipoxigenase 2 foi significativamente menor, quando comparado com as outras amostras: uma que faltava a lipoxigenase 1, outra faltando a lipoxigenase 3, outra

faltando as lipoxigenases 1 e 3, outra faltando as lipoxigenases 2 e 3 e outra com as três lipoxigenases (DAVIES; NIELSEN; NIELSEN, 1987).

A Tabela 21 apresenta as médias dos resultados da ADQ dos 11 provadores em relação ao odor dos grãos de soja irradiados com diferentes doses.

Tabela 21 - Média dos resultados de ADQ para o odor dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação

Atributos	Doses de Irradiação		
	Controle	4 kGy	8 kGy
Característico	9,68 ± 0,3 ^{1a2}	9,62 ± 0,4 ^{ab}	9,47 ± 0,6 ^b
Estranho	0,33 ± 0,3 ^a	0,33 ± 0,3 ^a	0,40 ± 0,4 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Em relação à irradiação, o odor diferiu apenas para as cultivares irradiadas com 8 kGy e o grupo controle.

Os provadores concluíram que o odor das amostra irradiadas com 8 KGY era um pouco menos característico de soja em relação às amostras do grupo controle e às irradiadas com 4 kGy.

No estudo de Carvalho et al. (1991), a irradiação provocou decréscimo significativo do odor natural de feijão cozido, ao mesmo tempo que provocou aumento de odor estranho das amostras de feijão carioca, porém, entre as amostras irradiadas (com 5kGy e 10 kGy), não houve diferença significativa. Em parte, isso condiz com o resultado encontrado (Tabela 21), que mostrou que os provadores observaram redução no sabor característico de soja cozida, porém não encontraram diferença significativa ($p > 0,05$) no atributo odor estranho, com as diferentes doses de irradiação.

Armelin et al. (2006), estudando o efeito da irradiação em feijões, avaliados através da análise descritiva quantitativa, encontraram que o aroma característico da amostra irradiada com 10 kGy foi o que apresentou a menor nota e diferiu significativamente das outras amostras irradiadas (com as doses de 1, 2 e 6 kGy) e do grupo controle. No presente estudo, a média das notas do atributo aroma característico

da amostra irradiada com 8 kGy diferiu do grupo controle, porém, não diferiu da amostra irradiada com 4kGy.

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. Além disso, não houve diferença estatística significativa entre o grupo controle e a amostra irradiada nas duas condições de armazenamento estudadas, (refrigeração e 30°C com 75% UR) por 2, 4 e 6 meses.

Diferentemente do presente trabalho, Moura et al. (2005) encontraram que feijões pretos irradiados com até 10kGy não teve aroma alterado pela irradiação.

A Tabela 22 apresenta as médias das notas dos atributos de sabor, comparando as duas cultivares desse estudo.

Tabela 22 - Média dos resultados de ADQ para o sabor dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257

Atributos	Cultivares	
	BRS 232	BRS 257
Característico	9,16 ± 0,8 ^{1a2}	9,30 ± 0,8 ^a
Estranho	0,68 ± 0,8 ^a	0,61 ± 0,7 ^a
Amargo	0,33 ± 0,4 ^a	0,42 ± 0,6 ^a

¹ média ± desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Como pode-se observar pela Tabela 22, não há diferenças de sabor entre as duas cultivares estudadas.

Davies, Nielsen e Nielsen (1987), estudaram vários tipos de cultivares de soja, com ausência de algumas das enzimas lipoxigenases. Os autores observaram que não houve diferença entre o sabor amargo de farinha de soja e leite de soja entre as

amostras. As amostras estudadas foram: cultivar sem a lipoxigenase 1, cultivar sem a lipoxigenase 2, cultivar sem a lipoxigenase 3, cultivar sem as lipoxigenases 1 e 3, cultivar sem as lipoxigenases 2 e 3 e cultivar convencional (com as três lipoxigenases).

Ciabotti (2004) estudou extratos hidrossolúveis e tofus produzidos a partir de soja convencional, soja livre de lipoxigenase e soja livre de lipoxigenase previamente branqueada. Concluiu-se que extratos de soja obtidos por soja convencional branqueada e livre de lipoxigenase não diferem entre si no sabor global, porém diferem da amostra obtida por soja convencional, provavelmente pela ação do calor, que inativou as enzimas lipoxigenases responsáveis pelo sabor desagradável dos extratos. Em relação a tofu, o estudo mostrou que o sabor de amostras obtidas por soja convencional não diferiram do sabor da amostra obtida por soja sem lipoxigenase. Porém estas diferiram do sabor da amostra obtida por soja convencional branqueada, que obteve menor nota, indicando que sua qualidade foi considerada inferior.

Torres-Penaranda e Reitmeier (2001) estudaram o sabor de extratos hidrossolúveis de soja obtidos de grãos de soja convencional e livres de lipoxigenase, e verificaram diferenças em quase todos os atributos de sabor estudados. O extrato hidrossolúvel obtido pela variedade de soja livre de lipoxigenase, foi considerada mais amarga que o obtido pela variedade normal.

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-PENARANDA et al., 1998).

Comparando leite de soja e tofu obtidos a partir de grãos de soja sem lipoxigenase e grãos de soja convencionais, Torres-Penaranda et al. (1998), encontraram diferenças no “sabor de grãos cozidos” nas amostras dos dois produtos estudados, sendo que a amostra convencional apresentou esse atributo mais acentuado.

Um estudo de Aplevicz e Demiate (2007) avaliou a qualidade sensorial e a aceitabilidade de pães de queijo suplementados com 5, 10 e 15% de okara, um subproduto do processamento do extrato aquoso de soja. A adição de okara contribuiu no aumento da concentração de lipídios, cinzas, proteínas e fibra alimentar nos pães de queijo. Os autores observaram, através de análise sensorial de aceitabilidade, que os pães de queijo suplementados com as três quantidades diferentes de okara foram aceitos pelos provadores.

A utilização de cultivares de soja sem lipoxigenase pode contribuir para a melhoria da qualidade do sabor dos produtos de extrato hidrossolúvel e a aceitação destes pelos consumidores. Bebidas preparadas com extratos de soja em pó, produzidos a partir de uma cultivar sem lipoxigenase, e de dois extratos em pó comerciais foram comparadas com análise sensorial em duas cidades, Rio de Janeiro e Londrina. Os resultados mostraram que o “leite de soja” feito com a cultivar sem lipoxigenase, diluído a 10% resulta em bebida de melhor aceitação, consistência próxima ao valor ideal e com maior porcentagem de intenção de compra (SILVA et al., 2007).

A Tabela 23 apresenta os resultados de ADQ dos atributos de sabor dos grãos de soja, com diferentes doses de irradiação.

Tabela 23 - Média dos resultados de ADQ para o sabor dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação

Atributos	Doses de Irradiação		
	Controle	4 kGy	8 kGy
Característico	9,27 ± 0,7 ^a	9,22 ± 0,7 ^a	9,19 ± 0,8 ^a
Estranho	0,52 ± 0,5 ^a	0,63 ± 0,6 ^a	0,78 ± 1,0 ^a
Amargo	0,35 ± 0,5 ^a	0,40 ± 0,5 ^a	0,38 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 23, a irradiação não modifica os atributos de sabor estudados.

Armelin et al (2006), estudando o efeito da radiação gama com doses de 1, 2, 6 e 10 kGy, em feijão, por meio da análise descritiva quantitativa, observaram que o sabor característico das amostras apenas difere para a dose de 10 kGy, sendo que as notas para essa amostra foram menor, 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.

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 sensorial da irradiação em feijão preto, concluíram que o sabor característico das amostras irradiadas não diferem da 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.

A Tabela 24 mostra a comparação dos resultados da ADQ dos 11 provadores em relação à textura das cultivares estudadas, BRS 232 e BRS 257.

Tabela 24 – Média dos resultados de ADQ para a textura dos grãos de das cultivares BRS 232 e BRS 257

Atributos	Cultivares	
	BRS 232	BRS 257
Firme	1,61 ± 1,7 ^{1a2}	1,49 ± 1,6 ^a
Uniforme	9,53 ± 0,5 ^a	9,52 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Não houve diferenças significativas entre os atributos de textura (Tabela 24) estudados quando compara-se as cultivares com e sem lipoxigenase.

Torres-Penaranda et al. (1998), estudando leite de soja e tofu obtidos a partir de grãos de soja livres de lipoxigenase e a partir de grãos convencionais, observaram que não houve diferenças de textura entre as amostras, nos dois produtos.

Ciabotti (2004) estudou tofus obtidos por soja convencional, soja livre de lipoxigenase e soja livre de lipoxigenase previamente branqueada. A textura dos tofus obtidos da soja convencional e da soja sem lipoxigenase não diferiram entre si, porém diferem da textura do tofu obtido por soja livre de lipoxigenase branqueada, que obteve a menor nota, indicando que sua qualidade foi considerada inferior.

A Tabela 25 apresenta as médias dos resultados da ADQ dos 11 provadores em relação à textura dos grãos de soja irradiados com diferentes doses.

Tabela 25 - Média dos resultados de ADQ para a textura dos grãos de soja com diferentes doses de irradiação

Atributos	Doses de Irradiação		
	Controle	4 kGy	8 kGy
Firme	1,61 ± 1,7 ^{1a2}	1,61 ± 1,7 ^a	1,49 ± 1,6 ^a
Uniforme	9,53 ± 0,5 ^a	9,55 ± 0,5 ^a	9,52 ± 0,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

²médias com letras minúsculas iguais na horizontal não diferem entre si ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

De acordo com o que nota-se na Tabela 25, a irradiação não promove mudanças significativas na textura dos grãos de soja.

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 do 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.

Embora o tempo de cocção dos grãos tenha sido menor para os grãos que receberam a maior dose de irradiação (Figura 2 e Tabela 10) isso não foi detectável para os provadores em relação a textura dos grãos irradiados.

3 CONCLUSÕES

Em relação aos cultivares, os grãos de soja isentos de lipoxigenases apresentaram maior teor de proteína, cinzas, fibra insolúvel, digestibilidade, isoflavonas, com exceção da gliciteína. A atividade antioxidante medida por DPPH também foi superior nesse cultivar. Os mesmos grãos apresentaram menores teores de fibra solúvel, carboidrato, fenólicos totais e inibidor de tripsina.

A cocção dos grãos promoveu aumento no teor de proteínas, extrato etéreo, fibra solúvel, carboidratos, capacidade antioxidante pelo método ABTS, isoflavonas agliconas e glicosídeas. Os grãos cozidos apresentaram menor atividade antioxidante por DPPH. A cocção, ainda, reduziu o teor dos fatores antinutricionais, cinzas, fibras insolúveis e isoflavonas maloniglicosídeas.

A irradiação promoveu menor hidratação, diminuição no tempo de cocção, aumento na digestibilidade das proteínas e no teor de isoflavonas agliconas. Esse tratamento reduziu o teor de antinutricionais. Os outros componentes não foram afetados.

De acordo com a análise sensorial, os grãos de soja sem lipoxigenase possuem cor mais escura e mais cascas soltas, porém a integridade dos grãos foi considerada inferior. O odor, sabor e textura dos dois cultivares não diferiram entre si. Por outro lado, a irradiação não afetou a aparência dos grãos, com exceção da integridade, que foi considerada inferior para os grãos irradiados com dose de 8kGy. O odor não foi afetado, com exceção da dose de 8kGy, que apresentou menor nota para sabor característico. O sabor e a textura não foram afetadas por esse tratamento.

As análises físicas, de modo geral, foram afetadas pela irradiação e pelos diferentes cultivares estudados.

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**, Londres, 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, n. 7, p. 2698 – 2702, 1998.
- 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.
- AKESON, W.R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 83, n.3, p. 257 – 261, 1964.
- AL-KAISEY, M.T.; ALWAN, A.-K.H.; MOHAMMAD, M.H.; SAEED, A.H. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors in broad bean. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 67, n. 3-4, p. 493 – 496, 2003.
- ALMEIDA, F.R.F. Melhora na competitividade da soja brasileira. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 24 - 26, 1985.
- AMAROWICZ, R.; TROSZYNSKA, A.; BARYLKO-PIKIELNA, N.; SHAHIDI, F. Polyphenolics extracts from legume seeds: correlations between total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. **Journal of Food Lipids**, St. Johns v. 11, n. 4, p. 278 - 286, 2004.
- AMAYA-GUERRA, C.A.; ALANIS-GUZMAN, M.G.; SALDÍVAR, S.O.S. Effects of soybean fortification on protein quality of tortilla-based diets produced from regular and quality protein maize. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v. 59, n. 2, p. 45 - 50, 2004.
- ANDERSON, J.W.; JOHNSTONE, B.M.; COOK-NEWELL, M.E. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. **New England Journal of Medicine**, Cambridge, v. 333, n. 5, p. 276 – 282, 1995.
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 305, n. 1, p. 103 – 108, 2000.
- ANTUNES, P.L.; SGARBIERI, V.C. Effect of heat treatment on the toxicity and nutritive value of dry bean (*Phaseolus vulgaris*, var. rosinha G2) protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 5, p. 9535 - 9380, 1980.

APLEVICZ, K.S.; DEMIATE, I.M. Análises físico-químicas de pré-misturas de pães de queijo e produção de pães de queijo com adição de *okara*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.5, p. 1416 – 1422, 2007.

ARAÚJO, J.M.A.; CARLOS, J.C.S.; SEDYAMA, C.S. Isoflavonas em grãos de soja: importância da atividade de β -glicosidase na formação do sabor amargo e adstringente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 137-141, 1997.

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.

ARTS, M.J.T.J.; DALLINGA, J.S.; VONS, H.P.; HAENEN, G.R.M.M.; BAST, A. A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC assay. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 4, p. 567 - 570, 2004.

ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H.; SILJESTRÖM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 31, n. 3, p. 476 - 482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**, 16th ed., Washington, 1995.

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 – 2, 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.

AXELROD, B.; CHEESBROUGH, T.M.; LAASKO, S. Lipoxygenases from soybeans. **Methods in Enzymology**, New York, v. 71, p. 441 - 451, 1981.

BARBOSA, A.C.L.; HASSIMOTTO, N.M.A.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 921 - 926, 2006.

BARNES, S.; KIRK.; COWARD, L. Isoflavones in soy foods: extraction conditions and analysis by HPLC-Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 2466 -2474, 1994.

BARNES, S.; SFAKIANOS, J.; COWARD, L.; KIRK, M.; PETERSON, T.G.; Soy isoflavonoids and cancer prevention: underlying biochemical and pharmacological issues. In: BUTRUM, R. (Ed.) **Dietary phytochemicals and cancer prevention**. New York: Plenun, 1996. p.87-100.

BARROS, J.G. de A.; MORAES, R.M.A. de.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G. de.; MOREIRA, ,A. Efeito do inibidor de protease Kunitz sobre níveis de lipoxigenases em sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1126 - 1132, 2008.

BAU, H.M; VILLAUME, C; MÉJEAN, L. Effects of soybean (*Glycine max*) germination on biologically active components, nutritional values of seeds, and biological characteristics in rats. **Nahrung**, Berlim, v. 4, n. 1, p. 2 - 6, 2000.

BAYRAM, M.; KAYA, A.; ONER, M.D. Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgur production. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 331 - 339, 2004.

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.

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**, London, v. 66, n. 4, p. 511 – 517, 1999.

BHARDWAJ, H.L.; BHAGSARI, A.S.; JOSHI, J.M.; RANGAPPA, M.; SAPRA, V.T.; RAO, M.S.S. Yield and quality of soymilk and tofu made from soybean genotypes grown at four locations. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 401 - 405, 1999.

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

BORDIGNON, J.R.; LONG, S.P.; ENGESETH, N.J. Influência da composição atmosférica no comportamento da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA SOJA, 4. 2006, Londrina. **Anais...** Curitiba: Embrapa, 2006 p.70 - 73.

BRANDI, M.L. Natural and syntetic isoflavones in the prevention and treatment of chronic diseases. **Calcified Tissue International**, New York, v. 61, suppl. 1, p. 1S – 8S, 1997.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v. 28, n. 1 p. 25 - 30, 1995.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, n. 11, p. 317 - 333, 1998.

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

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, n. 2, p.237 - 297, 1993.

_____. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 29, n. 3, p. 419 – 422, 1989.

BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. Legume Foods. In: ALTSCHUL, A.M. **New protein foods**. New York: Academic Press, 1974. p.230 - 297.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Antinutrients and *in vitro* availability of iron in irradiated common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Chemistry**, Londres, v. 98, n. 1, p. 85 – 89, 2006.

BURR, H.R.; KON, S.; MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, Chicago, v. 22, n. 3, p. 336 - 338, 1968.

BYUN, M.-W.; SON, J.-H.; YOON, H.-S.; JO, C.; KIM, D.-H. Effect of gamma irradiation on the physiological activity of Korean soybean fermented foods, chungkookjang and doenjang. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 64, n. 3, p. 245 – 248, 2002.

CAI, Y.; LUO, Q.; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. **Life Sciences**, Elmsford, 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.

CANTO, W.L.; TURATTI, J.M. Produção e Mercado de produtos intermediários de soja no Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 2, n. 7, p.111 - 139, 1989.

CARBONARO, M.; MARLETTA, L.; CARNOVALE, E. Factors affecting cystine reactivity in proteolytic digests of *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 40, n. 2, p. 169 – 173, 1992.

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.; KITAMURA, K.; BELÉIA, A.D.P.; OLIVEIRA, M.C.N. Influence of growth locations on isoflavone contents in brazilian soybean cultivars. **Breeding Science**, Tokyo, v. 48, n. 4, p. 409 - 413, 1998.

CARROL, K.K.; KUROWSKA, E.M. Soy consumption and cholesterol reduction: review of animal and human studies. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, n. 3, p.594s-597s, 1995. Supplement 3.

CARVALHO, M.R.B.; SILVA RODRIGUES, M.A.A.P.; 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, 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, W.L.C.; OLIVEIRA, M.G.de A.; BARROS, E.G. de.; MOREIRA, M.A. Lipoxygenases affect protease inhibitor levels in soybean seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, Nova Delhi, v. 37, n. 6, p. 497 – 501, 1999.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA - CENA, 2007. Disponível em: < <http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp> > Acesso em: 22 mar. 2007.

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. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2009. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento**. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_08.09.pdf > . Acesso em: 31 mar. 2009.

COSTA, E.A. Alimentos e suas composições químicas. In: _____. **Manual de nutrientes: prevenção de doenças através dos alimentos**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 2002. 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, 1993.

COWARD, L.; SMITH, M.; KIRK, M.; BARNES, S. Chemical modification of isoflavones in soy foods during cooking and processing. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 68, n. 6, p. 1486S - 1491S, 1998.

CROFT, K.D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids, **Annals of the New York Academic Science**, New York, v. 854, n. 1, p. 435 - 442, 1998.

CUNHA, M.F.; SGARBIERI, V.C.; DAMÁSIO, M.H. Effects of pretreatment with gamma rays or microwave on storage stability of dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 10, p. 1710 - 1715, 1993.

DAVIES, C.S.; NIELSEN, S.S.; NIELSEN, N.C. Flavor improvement of soybean preparations by genetic removal of lipoxygenase-2. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.64, n. 10, p. 1428 - 1433, 1987.

DE KLEIJN, M.J.; VAN DER SCHOUW, Y.T.; WILSON, P.W.; GROBBEE, D.E.; JACQUES, P.F. Dietary intake of phytoestrogens is associated with a favorable metabolic cardiovascular risk profile in postmenopausal US women: the Framingham study. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 2, p. 276 - 282, 2002.

DE REU, J.C; LINSSEN, V.A.J.M.; ROMBOUTS, F.M.; NOUT, M.J.R. Consistency, polysaccharidase activities and non-starch polysaccharides content of soya beans during tempe fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 73, n. 3, p. 357 - 363, 1997.

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, p. 43 - 46, 1998.

DEMOGURSKI, N.M.S.S. **Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão**. 2003. 86f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2003.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. **Food Chemistry**, Londres, v. 77, n. 4, p. 479 - 488, 2001.

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 (*Phaseolus vulgaris*). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3 - 6, p. 265 - 268, 2000.

DONNELLY, J.K.; ROBINSON, D.S. Free radical in foods. **Free Radical Research**, Yverdon, v. 22, n. 2, p.147 - 176, 1995.

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.

EMBRAPA-SOJA. **A soja**, 2009a. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16> Acesso em: 17 mar. 2009.

_____. **Cultivares 2008/2009**, 2009b. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=350&cod_pai=210>. Acesso em 17 mar. 2009.

EVANGELISTA, C.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Análise espectrofotométrica da ação das lipoxigenases em grãos de soja macerados em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 270 – 274, 1997.

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

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.

_____. The nutritive value for chicks os full-fat soybeans irradiated at up to 60kGy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, n. 3, p. 319 - 328, 1998.

FELIX, M.A. **Análise química e sensorial dos grãos de soja (*Glycine max. (L.) Merrill*) tostados por diferentes tratamentos**. 2005. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FERREIRA, R.A.S. Dossiê soja. **Nutrição Brasil**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 177 - 186, 2002.

FEUSSNER, I.; KÜHN, H.; WASTERNAK, C. Lipoxygenase-dependent degradation of storage lipids. **Plant Science**, Columbus, v. 6, n. 6, p. 268 – 273, 2001.

FOX, P.F. **Food enzymology**, London: Elsevier Applied Science, 1991. 636p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2001, 324p.

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

GILETTE, M. Applications of descriptive analysis. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 47, n. 5, p. 403 – 409, 1984.

GÓES, S.P de; RIBEIRO, M.L.L. α -galactosidase: aspectos gerais e sua aplicação em produtos à base de soja. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 111 - 119, 2002.

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.

GONÇALVES, E.B.; CABRAL, L.C.; OLIVEIRA, F.A. Métodos estatístico-sensoriais para “otimizar” absorção da água em soja durante a maceração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 289 – 294, 1998.

HALL, C.W. **Drying farm crops**. Westport: The Avi, 1971. 336 p.

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.

_____. Free radical, other reactive species and disease. In: _____. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Clarendon Press, 1999b. p. 617 – 783.

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

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

HASLER, C.M. Functional Foods: their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 11, p. 63 - 70, 1998.

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, n.28, p.181 - 194, 1946.

HERMAN, C.; ADLERCREUTZ, T.; GOLDIN, B.R.; GORBACH, S.L.; HÖCKERSTEDT, K.A.V.; WATANABE, S.; HÄMÄLÄINEN, E.K.; MARKKANEN, M.H.; MÄKELÄ, T.H.; WÄHÄLÄ, K.T.; HASE, T.A.; FOTSIS, T. Soybean phytoestrogen intake and cancer risk. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, n. 3, p. 757 - 770, 1995.

HILDEBRAND, D.F.; HAMILTON-KEMP, T.R.; LEGG, C.S.; BOOKJANS, G. Plant lipoxygenase: occurrence, properties and possible functions. **Current Topics in Plants Biochemistry and Physiology**, Columbia, v. 7, p. 201 – 219, 1988.

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.

HUANG, T.C.; FU, H.Y.; HO, C.T. Comparative studies on some quality attributes of firm tofu sterilized with traditional and autoclaving methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 1, p. 254 – 259, 2003.

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.

INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Use of irradiation as a quarantine treatment of food and agricultural commodities**. Vienna, 1992. 66p.

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

JACKSON, H.W. Oil flavors quality assessment. In: APPLEWHITE, T.H. **Bailey's industrial oil and fat products**. New York: Wiley-Interscience, 1985. v. 3, p. 243 - 272.

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.

KAKADE, M.L. EVANS, R.J. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 90, n. 2, p. 191 – 198, 1966.

KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the anti tryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 46, p. 518 - 526, 1969.

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.

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**, Londres, v. 100, n. 4, p. 967 – 972, 2008.

KIM, J.S.; KWON, C.S. Estimated dietary isoflavone intake of Korean population based on national nutrition survey. **Nutrition Research**, Oxford, v. 21, n. 7, p. 947 - 953, 2001.

KITAMURA, K.; DAVIES, C.S.; KAIZUMA, N.; NIELSEN, N.C. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase 3 in soybean seeds. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 924 – 927, 1983.

KORUS, J.; GUMUL, D.; FOLTA, M.; BARTÓN, H. Antioxidant and antiradical activity of raw and extruded common beans. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, Cracow, v. 10, n.4, 2007. Disponível em: <<http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue4/art-06.html>>. Acesso em: 17 mar. 2009.

KUBOW, S. Lipid oxidation products in food and atherogenesis. **Nutrition Reviews**, New York, v. 51, n. 2, p. 33 - 40, 1993.

KUDOU, D.; FLEURY, Y.; WELTI, D.; MAGNOLATO, D.; UCHIDA, T.; KITAMURA, K.; OKUBO, K. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 55, n. 9, p. 2227 - 2233, 1991.

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**, London, v. 90, n. 4, 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.

LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 1, p. 31 - 67, 1994.

LIU, J.; CHANG, S. K. C.; WIESENBORN, 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.

LOOMIS, W.D.; BATTAILE, J. Plant phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. **Phytochemistry**, New York, v. 5, p. 423 – 428, 1966.

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, suppl., p. 206 - 212, 2003.

MACHADO, F.P.P.; QUEIRÓZ, J.H.; OLIVEIRA, M.G.A.; PIOVESAN, N.D.; PELUZIO, M.C.G.; COSTA, N.M.B.; MOREIRA, M.A. Effects of heating on protein quality of soybean flour devoid of Kunitz inhibitor and lectin. **Food Chemistry**, Londres, v. 107, n. 2, p. 649 – 655, 2008.

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.

MANCINI-FILHO, J. **Efeito das radiações gama sobre algumas características físico-químicas e nutricionais de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados**. 1990. 100p. Tese (Livre Docência)- Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MARTINS, C.A.O.; SEDIYAMA, C.S.; MOREIRA, M.A.; REIS, M.S.; ROCHA, V.S.; OLIVEIRA, M.G. de A. Efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes sobre as características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1389 - 1398, 2002.

MATSUDA, S.; MIYAZAKI, T.; MATSUMOTO, Y.; OHBA, R.; TERAMOTO, Y.; OHTA, N.; UEDA, S. Hydrolysis of isoflavones in soybean cooked syrup by *Lactobacillus casei* subsp. *rharnosus* IFO 3425. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, Osaka, v. 74, n. 5, p. 301 - 304, 1992.

McMINDES, M.K. Applications of isolated soy protein in low-fat meat products. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 12, p. 61 - 64, 1991.

MECHI, R.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 109 – 114, 2005.

MELLO FILHO, O.L.; SEDIYAMA, C.S.; MOREIRA, M.A.; REIS, M.S.; MASSONI, G.A.; PIOVESAN, N.D. Grain yield and seed quality of soybean selected for high protein content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 445 - 450, 2004.

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, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O.; RODRIGUEZ, N.M.; MARINHO, P.C.; SILVA, F.O.; AROUCA, C.L.C.; SILVA, F.C.O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 2, p. 207 - 213, 2004.

MOLTENI, A.; BRIZIO-MOLTENI, L.; PERSKY, V. *In vitro* hormonal effects of soybean isoflavones. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 125, supp. 3, p. 751 – 756, 1995.

MONTEIRO, M.R.P.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M.G.de 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. 3, p. 195 – 205, 2004.

MONTEIRO, M.R.P.; MOREIRA, M.A.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G. de A.; PIRES, C.V. Avaliação da digestibilidade protéica de genótipos de soja com ausência e presença do inibidor de tripsina Kunitz e lipoxigenases. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 99 – 107, 2003.

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

MORAIS, A.A.C.; SILVA, A.L. Valor nutritivo e funcional da soja. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 306 - 315, 2000.

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.

MORRIS, H.J.; OLSON, R.L.; BEAN, R.C. Processing quality of varieties and strains of dry beans. **Food Technology**, Chicago, v. 4, n. 7, p. 247 - 251, 1950.

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

MOSKOWITZ, H.R. **Applied sensory analysis of foods**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 259p.

MULIMANI, V. H.; RAMALINGAN, N. Enzymic hydrolysis of raffinose and stachyose in soymilk by alpha-galactosidase from *Gibberella fujikuroi*. **Biochemistry and Molecular Biology International**, Marrickville, v. 36, n. 4, p. 897 - 905, 1995.

MURKIES, A.L.; WILCOX, G.; DAVIS, S.R. Phytoestrogens. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, Baltimore, v. 83, n. 2, p. 297 - 303, 1998.

NAIM, M.; GESTETNER, B.; BONDI, A.; BIRK, Y. Antioxidative and antihemolytic activities of soybean isoflavones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 24, n. 6, p. 1174 - 1177, 1976.

NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, C.R. (Ed.). **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1985, p. 139, 244.

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

ONOZAWA, M.; FUKUDA, K.; OHTANI, M.; AKAZA, H.; SUGIMURA, T.; WAKABAYASHI, K. Effects of 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.

OSORIO-DÍAZ, P.; TOVAR, J.; PAREDES-LÓPEZ, O.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; BELLO-PÉREZ, L.A. Chemical composition and *in vitro* starch bioavailability of *Phaseolus vulgaris* (L) cv Mayocoba. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 85, n. 3, p. 499 - 504, 2005.

PANDJAITAN, N.; HETTIARACHCHY, N.; JU, Z.Y. Enrichment of genistein in soy protein concentrate with β -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**, Oxford, v. 37, n. 9 – 10, p. 999 – 1007, 1999.

PARK, Y.K.; AGUIAR, C.L.; ALENCAR, S.M.; MASCARENHAS, H.A.; SCAMPARINI, A.R.P. Conversão de malonil-b-glicosil isoflavonas em isoflavonas glicosiladas presentes em algumas cultivares de soja brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p.130 - 135, 2002.

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.

PIMENTEL, B.M.V; FRANCKI, M; GOLLÜCKE, B.P. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela, 2005. 95p.

PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**, 2002. 128p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PRICE, M. L.; HAGERMAN, A.E.; BUTHER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeonpeas and mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 2, p. 459 - 461, 1980.

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.

PYO, Y.H.; LEE, T.C.; LEE, Y.C. Effect of lactic acid fermentation on enrichment of antioxidant properties and bioactive isoflavones in soybean. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 3, p. s215 – s220, 2005.

QIN, G.X.; VERSTEGEN, M.W.A.; Van Der POEL, A.F.B. Effect of temperature and time during steam treatment on the protein quality of full-fat soybeans from different origins, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 77, n. 3, p. 393 – 398, 1998.

RAO, V.S., VAKIL, U.K. Effects of gamma irradiation on flatulence causing properties of green gram (*Phaseolus aureus*) starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 389 - 394, 1993.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABST radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9 - 10, p. 1231 - 1237, 1999.

REHMS, H; BARZ, W. Degradation of stachyose, raffinose, melibiose and sucrose by different tempe-producing *Rhizopus fungi*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 44, n. 1-2, p. 47 - 52, 1995.

RIOS, A. de O.; ABREU, C.M.P de.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, supl., p. 39 – 45, 2003.

ROCHA-GUZMÁN, N.E.; GONZÁLEZ-LAREDO, R.F.; IBARRA-PÉREZ, F.J.; NAVABERÚMEN, C.A.; GALLEGOS-INFANTE, J. –A. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Londres, v. 100, n. 1, p. 31 – 35, 2007.

ROCKLAND, L.B.; JONES, F.T. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lima beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, n. 2, p. 342 – 346, 1974.

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**, Londres, v. 26, n. 1, p. 63 – 70, 1997.

SALUNKHE, D.K.; JADHAV, S.J.; KADAM, S.S.; CHAVAN, J.K. Chemical, biochemical and biological significance of polyphenols in cereal and legumes. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 17, n. 3, p. 277 – 305, 1982.

SBARDELOTTO, A.; LEANDRO, G.V. Escolha de cultivares de soja com base na composição química dos grãos como perspectiva para maximização dos lucros nas indústrias processadoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 614 - 619, 2008.

SCHUBERT, S.Y.; LANSKY, E.P.; NEEMAN, I. Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate oil and fermented juice flavonoids. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 66, n. 1, p. 11 - 17, 1999.

SEDIYAMA, C. S.; QUEIROZ, L. R.; MOREIRA, M. A.; REZENDE, S. T. Aldehyde production and physiological quality of soybean seeds lacking lipoxygenase isozymes. In. WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 5., 1994, Chiang Mai. **Proceedings**. Bangkok: Kasetsart University Press, 1998. p. 441-446.

SEFA-DEDEH, S.; STANLEY, D.W. Textural implications of the microstructure of legumes. **Food Technology**, Chicago, v. 33, n. 10, p. 77 – 83, 1979.

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.

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.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 62, n. 6, p. 1315 – 1321, 1995.

SILVA, J.B. da.; PRUDÊNCIO, S.H.; FELBERG, I.; DELIZA, R.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. Aceitabilidade de bebidas preparadas a partir de diferentes extratos hidrossolúveis de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1779 – 1784, 2007.

SILVA, M.D. da., O, M.G.de A.; LANNA, A.C.; PIRES, C.V.; PIOVESAN, N.D.; JOSÉ, I.C.; BATISTA, R.B.; BARROS, E.G. de.; MOREIRA, M.A. Caracterização da via das lipoxigenases em plantas de soja resistentes e susceptíveis a *Diaphorte phaseolorum* F.SP. *meridionalis*, agente causal do cancro-da-haste. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 316 - 328, 2001.

SILVA, M.S.; NAVES, M.M.V.; OLIVEIRA, R.B.de.; LEITE, O.de S.M. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 571 - 576, 2006.

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 de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71 - 81, 2002.

SONG, T.; BARUA, K.; BUSEMAN, G.; MURPHY, P.A. Soy isoflavon analysis: quality control and a new internal standard. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 68, suppl., p. 1474 - 1479, 1998.

STANLEY, D.W.; AGUILERA, J. M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes – The influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, n. 4, p. 277 – 324, 1985.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc software**: usage and reference. 2ed. NC: Cary, 1996. 2v. (version 6)

STONE, H.J.; SIDEL, S.; OLIVER, A.; WOOLSEY, R.C.; Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 11, p. 24 – 34, 1974.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *prunus domestica* L.- The quantitative Analysis of Phenolic Constituents. **Journal of Science and Food Agricultural**, London, v.10, n. 1, p. 63 – 68, 1959.

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.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K. Food Irradiation – Chemistry and applications. **Food Reviews International**, New York, v. 10, n. 4, p. 437 - 473, 1994.

THANANUNKUL, D.; TANAKA, M.; CHICHESTER, C.O.; LEE, T.C. Degradation of raffinose and stachiose in soybean milk by α -galactosidase from *Mortierella vinacea*. Entrapment of a α -galactosidase with polyacrylamide gel. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 3, p. 173 - 175, 1976.

THOMPSON, L.U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International**, Champaign, v. 36, n. 2, p. 131 – 149, 1993.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannins in soybean grains. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.76, n.10, p.1653-1656, 2007a.

_____. Efeito da radiação gama na absorção de água e no tempo de cocção de cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.565-570,2007b.

_____. Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.2, p.812-815, 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.

VARIYAR, P.S.; LIMAYE, A.; SHARMA, A. Radiation-induced enhancement of antioxidant contents of soybean (*Glycine max* Merrill). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 11, 2004.

VASCONCELOS, I.M.; MAIA, A.A.B.; SIEBRA, E.A.; OLIVEIRA, J.T.A.; CARVALHO, A.F.F.U.; MELO, V.M.M. et al. Nutritional study of two Brazilian soybean (*Glycine max*) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 55 - 62, 2001.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain 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.O. de.; 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.

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, A.L.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, n. 3, 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.

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.

_____. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 44, n. 8, p. 2377 - 2383, 1996.

WANG, H.L.; SWAIN, E.W.; HESSELTINE, C.W.; HEATH, H.D. Hydration of whole soybeans affects solid losses and cooking quality. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 44, n. 5, p. 1510 - 1513, 1979.

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.

WOLF, W.J.; COWAN, J.C. **Soybean as a food source**. Cleveland: CRC Press, 1975. 101p.

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.

WÜRTZEN, G. Shortcomings of current strategy for toxicity testing of food chemicals: antioxidants. **Food Chemistry and Toxicology**, Oxford, v. 28, n. 11, p. 743 - 745, 1990.

XU, B.; CHANG, S.K.C. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanins and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 16, p. 7165 – 7175, 2008.

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.

YILDRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 8, p. 4083 – 4089, 2001.

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.

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](#)