

# Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama

## Composition, protein digestibility and deamidation in Brazilian soy cultivars subjected to gamma radiation

Taís Carolina Franqueira de TOLEDO<sup>1</sup>, Solange Guidolin Canniatti BRAZACA<sup>1\*</sup>,  
Valter ARTHUR<sup>1</sup>, Sônia Maria de Stefano PIEDEDE<sup>1</sup>

### Resumo

A soja é reconhecidamente um alimento rico em proteínas e lipídios e sua inclusão na alimentação humana no Brasil tem se tornado cada vez maior. Devido à importância comercial e nutricional da soja, possíveis alterações promovidas por métodos de conservação aplicados a ela devem ser estudadas. O presente trabalho visa avaliar a composição química, a digestibilidade in vitro de proteínas e a porcentagem de desaminação de grãos de cinco diferentes cultivares de soja (BRS 212, BRS 213, BRS 214, BRS 231 e E48) submetidas à irradiação (doses de 2, 4 e 8 kGy). Dentro da composição química foram encontrados valores para cinza que variaram de 4,90 a 6,08%, para proteína de 21,23 a 36,99%, para lipídeos de 19,22 a 24,84%, para fibras solúveis de 1,37 a 4,03% e para fibras insolúveis de 15,97 a 18,87%. A porcentagem de desaminação nas diferentes amostras variou de 17,34 a 57,79% e a digestibilidade in vitro de 84,45 a 89,11%. O tratamento de irradiação nas doses utilizadas não promoveu alterações na composição centesimal e na digestibilidade, mas promoveu aumento na porcentagem de desaminação das amostras conforme aumento das doses.

**Palavras-chave:** soja; irradiação; composição química; digestibilidade de proteína; desaminação.

### Abstract

Soy is known to be rich in proteins and lipids and its inclusion in the diet of Brazil's population is increasing. Due to the commercial and nutritional importance of soy, possible alterations resulting from the methods of conservation to which they are subjected must be studied. The present work evaluated the chemical composition, the in vitro digestibility of proteins and the percentage of deamidation of grains of five different soy cultivars (BRS 212, BRS 213, BRS 214, 231 BRS and E48) subjected to irradiation (doses of 2, 4 and 8 kGy). The chemical composition showed ashes varying from 4.90 to 6.08%, proteins from 21.23 to 36.99%, lipids from 19.22 to 24.84%, soluble fibers from 1.37 to 4.03%, and insoluble fibers from 15.97 to 18.87%. The percentage of deamidation in the various samples varied from 17.34 to 57.79% and the in vitro digestibility from 84.45 to 89.11%. Irradiation treatment in the doses applied here did not change the chemical composition or digestibility, but increased the percentage of deamidation of the samples as the dosage increased.

**Keywords:** soy; irradiation; chemical composition; protein digestibility; deamidation.

## 1 Introdução

A soja constitui excelente fonte de proteína para a alimentação humana e animal. Os grãos se caracterizam por conter muito pouco ou nenhum amido, cerca de 20% de óleo e 40% de proteína, que são de elevado valor nutritivo<sup>6</sup>.

Vários estudos têm demonstrado que o consumo dos grãos ou produtos derivados de soja está frequentemente associado com a redução do risco de inúmeras doenças, tais como câncer de esôfago, pulmão, próstata, mama e cólon/reto, doenças cardiovasculares, osteoporose, diabetes e sintomas da menopausa<sup>6,13</sup> e isso fez com que o consumo da soja na alimentação humana quadruplicasse nos últimos cinco anos – atingindo hoje 4% do total produzido no Brasil<sup>14</sup>.

Na safra 2002/2003, o Brasil passou a ser o maior produtor e exportador mundial, com área colhida de 18,1 milhões de hectares, contribuindo com 50,3 milhões de toneladas de grãos produzidos, contra os 41,9 milhões de toneladas da safra anterior (2001/2002)<sup>7</sup>. Os estados do Rio Grande do

Sul, Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são os maiores produtores de grãos no país<sup>9</sup>.

Para a conservação desta produção há a necessidade de utilização de técnicas de armazenamento seguras, sendo a irradiação uma das alternativas. Este processo estende a vida útil e previne problemas fitossanitários em produtos consumidos in natura ou processados, inibindo brotações e matando insetos e microorganismos<sup>24</sup>.

Em geral, a perda de aminoácidos essenciais como resultado do tratamento de irradiação é equivalente às perdas de aminoácidos não essenciais, e os aminoácidos limitantes da soja não são afetados pela radiação gama<sup>12</sup>.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a composição centesimal, digestibilidade in vitro de proteínas e porcentagem de desaminação de grãos de diferentes cultivares de soja submetidas à irradiação.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Material

As cultivares utilizadas no presente trabalho são produtos da EMBRAPA Soja – Londrina, e fazem parte da safra agrícola de 2003/2004, tendo sido colhidas em março/abril

Recebido para publicação em 13/12/2006

Aceito para publicação em 4/5/2007 (002142)

<sup>1</sup> Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição,

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo,  
Av. Pádua Dias, 11, CP 9, CEP 13418-900, Piracicaba - SP, Brasil,

E-mail: sgcBRAZA@esalq.usp.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada

de 2004 com umidade em torno de 12% e armazenadas sob temperatura ambiente até a irradiação dos grãos, realizada em 30/03/2005. As cultivares são: BRS 212, BRS 213, BRS 214, BRS 231 e E48.

## 2.2 Irradiação dos grãos

Os grãos crus foram tratados com raios gama, nas doses de 2, 4 e 8 kGy, originados de um irradiador de Cobalto<sup>60</sup> (Irradiador Comercial Multipropósito, tipo compacto, com taxa de dose de 12 kGy/hora), no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), em São Paulo. A dose efetivamente recebida pelo material foi de 2,09 a 3,02 kGy nas amostras irradiadas com dose alvo de 2 kGy, de 3,50 a 5,08 para as irradiadas com dose alvo de 4 kGy, e de 7,04 a 9,12 nas irradiadas com dose alvo de 8 kGy, medidas com o dosímetro Amber, Batch: P, espectrofotômetro Genesys – 20, leitura 603 nm e temperatura 35 °C. Os grãos tratados foram comparados com o controle (sem irradiação).

## 2.3 Análises de composição química, digestibilidade e desaminação da proteína

As determinações dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e de cinza foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela AOAC<sup>3</sup>. O teor de fibra dietética foi determinado de acordo com o ASP et al.<sup>2</sup>. A digestibilidade in vitro da proteína foi determinada segundo metodologia descrita por AKESON e STAHMANN<sup>1</sup>. A metodologia utiliza solução ácida de pepsina e solução básica de pancreatina para promover a digestão. Para a determinação da porcentagem de desaminação foram determinadas: a quantidade de amônia através do método Mikrokjeldahl, segundo AOAC<sup>3</sup>, e a quantidade de nitrogênio amino, realizada segundo SHIH<sup>22</sup>.

% desaminação = (quantidade de amônia/quantidade de nitrogênio amino) x 100

## 2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste *F*, e a comparação das médias obtidas nos diferentes tratamentos analisada segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com utilização do programa SAS<sup>23</sup>. Foram utilizadas 3 repetições.

## 3 Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos para a composição química dos grãos de soja das 5 cultivares avaliadas.

Pela Tabela 1 nota-se que nenhuma cultivar irradiada apresentou diferenças significativas com relação ao material não irradiado quanto à composição química. As diferentes doses (2, 4 e 8 kGy) de irradiação também não alteraram significativamente a composição das amostras.

FARAG<sup>12</sup> reporta que grãos de soja tratados com doses de irradiação de até 10 kGy possuem teores normais de umidade, proteína bruta, gordura e cinza. Segundo o autor<sup>11</sup>, essas doses

não promoveram desnaturação das proteínas e não afetaram o conteúdo de nitrogênio das amostras.

BYUN et al.<sup>5</sup>, estudando o óleo extraído de grãos de soja com e sem irradiação, não encontraram alterações dos teores de lipídeos nas doses de 0, 2,5, 5 e 10 kGy, o que concorda com os resultados apresentados na Tabela 1.

Segundo a Universidade de São Paulo, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas<sup>26</sup>, os grãos de soja crus apresentaram valores de 21,67% de fibra total, valor semelhante aos apresentados pela somatória das fibras solúveis e insolúveis das cultivares não irradiadas estudadas no presente trabalho (Tabela 1). Nos Estados Unidos, o National Nutrients Databases<sup>10</sup> apresenta valores de 9,3% de fibra total para grãos de soja crus e de 6,0% de fibra total para grãos de soja cozidos.

A Tabela 2 apresenta os valores da digestibilidade in vitro, sendo que na cultivar 212 os grãos irradiados com dose de 8 kGy foram os que apresentaram maior porcentagem de digestibilidade in vitro das proteínas, embora não tenha diferido das doses de 2 e 4 kGy. O controle apresentou grãos com menor porcentagem de digestibilidade em relação aos que receberam a dose de 8 kGy. Nas cultivares 213, E48 e 214 não houve diferença significativa para a porcentagem de digestibilidade da proteína entre as amostras submetidas às diferentes doses de irradiação. Para a cultivar 231 o controle apresentou maior porcentagem de digestibilidade in vitro das proteínas, não apresentando diferença significativa com relação às doses de 4 e 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram menor porcentagem de digestibilidade e diferiram ( $p \leq 0,05$ ) somente do controle.

Proteínas de origem animal apresentam geralmente digestibilidades elevadas, acima de 95%, e as de origem vegetal, abaixo de 80%<sup>20,21</sup>. BARCELOS et al.<sup>4</sup> encontraram valores de digestibilidade para a soja madura crua de 64,6%, já LIENER<sup>16</sup> verificou valores da ordem de 70,1%.

RASMUSSEN<sup>19</sup> comparando o valor nutricional da soja verde fresca (85 dias de maturidade) e seca no campo (120 dias de maturidade), submetida a tratamento térmico, verificou valores de digestibilidade aparente da proteína de 85,9% (soja fresca) e 84,8% (seca no campo), sendo esses valores semelhantes aos apresentados na Tabela 2.

NIELSEN<sup>18</sup> discutiu a digestibilidade das proteínas das leguminosas, mas especialmente do *Phaseolus vulgaris*, apresentando os fatores gerais de limitação da digestibilidade, ele enumerou a estrutura compacta intrínseca de algumas proteínas; a complexação com o amido, a hemicelulose, outras fibras, aos minerais e a outras proteínas. Também citou os polifenóis (termoestáveis), que se ligam às proteínas fazendo com que percam a capacidade de hidrólise. Os polifenóis podem também sofrer alteração com a irradiação<sup>25</sup>.

NÉNÉ, VALUL e STREENVIVASAN<sup>17</sup> observaram aumento na digestibilidade in vitro das proteínas de grãos de feijão irradiados. Essa observação se baseia em digestão proteolítica, e os autores atribuem esse aumento à degradação das proteínas

**Tabela 1.** Composição química (g.100 g<sup>-1</sup> base seca) dos grãos das diferentes cultivares submetidas à irradiação com doses de 2, 4 e 8 kGy e controle.

Cultivares	Doses	Cinza	Proteína	Lipídeos	Fibra solúvel	Fibra insolúvel
212	Controle	5,54 ± 0,3 <sup>1 a2</sup>	31,32 ± 2,2 <sup>a</sup>	24,17 ± 2,1 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,5 <sup>a</sup>	17,41 ± 3,2 <sup>a</sup>
	2 kGy	5,69 ± 0,3 <sup>a</sup>	32,92 ± 1,4 <sup>a</sup>	23,04 ± 2,5 <sup>a</sup>	3,01 ± 0,1 <sup>a</sup>	17,82 ± 3,5 <sup>a</sup>
	4 kGy	5,65 ± 0,4 <sup>a</sup>	31,74 ± 2,8 <sup>a</sup>	24,48 ± 0,8 <sup>a</sup>	3,35 ± 0,2 <sup>a</sup>	17,59 ± 2,3 <sup>a</sup>
	8 kGy	5,60 ± 0,2 <sup>a</sup>	32,46 ± 2,0 <sup>a</sup>	24,84 ± 2,5 <sup>a</sup>	3,31 ± 0,4 <sup>a</sup>	17,45 ± 2,8 <sup>a</sup>
213	Controle	5,87 ± 0,3 <sup>a</sup>	32,87 ± 2,0 <sup>a</sup>	19,22 ± 3,0 <sup>a</sup>	4,03 ± 1,1 <sup>a</sup>	16,23 ± 2,3 <sup>a</sup>
	2 kGy	6,08 ± 0,1 <sup>a</sup>	34,45 ± 1,0 <sup>a</sup>	20,43 ± 2,8 <sup>a</sup>	3,72 ± 0,8 <sup>a</sup>	16,09 ± 2,3 <sup>a</sup>
	4 kGy	5,80 ± 0,4 <sup>a</sup>	31,99 ± 1,6 <sup>a</sup>	20,40 ± 3,0 <sup>a</sup>	3,64 ± 1,1 <sup>a</sup>	16,19 ± 2,7 <sup>a</sup>
	8 kGy	6,04 ± 0,4 <sup>a</sup>	31,64 ± 2,4 <sup>a</sup>	20,12 ± 2,0 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,2 <sup>a</sup>	15,97 ± 2,9 <sup>a</sup>
214	Controle	5,77 ± 0,3 <sup>a</sup>	36,99 ± 4,5 <sup>a</sup>	19,90 ± 1,9 <sup>a</sup>	1,51 ± 0,7 <sup>a</sup>	16,25 ± 1,1 <sup>a</sup>
	2 kGy	5,61 ± 0,3 <sup>a</sup>	36,81 ± 1,1 <sup>a</sup>	20,96 ± 2,3 <sup>a</sup>	1,53 ± 0,2 <sup>a</sup>	16,04 ± 1,4 <sup>a</sup>
	4 kGy	5,84 ± 0,6 <sup>a</sup>	36,08 ± 0,6 <sup>a</sup>	21,05 ± 1,4 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,1 <sup>a</sup>	16,16 ± 1,2 <sup>a</sup>
	8 kGy	5,43 ± 0,5 <sup>a</sup>	36,52 ± 1,2 <sup>a</sup>	20,98 ± 1,5 <sup>a</sup>	1,37 ± 0,3 <sup>a</sup>	16,23 ± 1,1 <sup>a</sup>
231	Controle	6,06 ± 0,3 <sup>a</sup>	33,09 ± 1,3 <sup>a</sup>	21,97 ± 1,2 <sup>a</sup>	3,26 ± 1,4 <sup>a</sup>	16,06 ± 1,3 <sup>a</sup>
	2 kGy	5,97 ± 0,5 <sup>a</sup>	32,15 ± 4,3 <sup>a</sup>	20,50 ± 3,7 <sup>a</sup>	3,38 ± 1,0 <sup>a</sup>	16,34 ± 1,4 <sup>a</sup>
	4 kGy	5,97 ± 0,5 <sup>a</sup>	31,34 ± 1,7 <sup>a</sup>	21,88 ± 1,5 <sup>a</sup>	3,32 ± 1,6 <sup>a</sup>	16,00 ± 0,9 <sup>a</sup>
	8 kGy	5,90 ± 0,1 <sup>a</sup>	31,75 ± 3,0 <sup>a</sup>	22,11 ± 2,1 <sup>a</sup>	3,81 ± 1,9 <sup>a</sup>	16,50 ± 0,8 <sup>a</sup>
E48	Controle	5,10 ± 0,5 <sup>a</sup>	32,85 ± 3,8 <sup>a</sup>	22,70 ± 2,0 <sup>a</sup>	2,70 ± 0,5 <sup>a</sup>	18,08 ± 1,5 <sup>a</sup>
	2 kGy	4,95 ± 0,7 <sup>a</sup>	32,99 ± 2,3 <sup>a</sup>	23,43 ± 1,4 <sup>a</sup>	3,36 ± 1,1 <sup>a</sup>	18,09 ± 1,7 <sup>a</sup>
	4 kGy	5,00 ± 0,5 <sup>a</sup>	35,65 ± 3,1 <sup>a</sup>	23,55 ± 1,7 <sup>a</sup>	3,02 ± 0,6 <sup>a</sup>	17,81 ± 1,4 <sup>a</sup>
	8 kGy	4,90 ± 0,3 <sup>a</sup>	32,97 ± 2,2 <sup>a</sup>	23,57 ± 1,9 <sup>a</sup>	2,99 ± 1,1 <sup>a</sup>	18,87 ± 1,2 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Média ± desvio padrão; e <sup>2</sup>médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na vertical dentro da mesma cultivar diferem significativamente em nível de p ≤ 0,05.

**Tabela 2.** Porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas encontradas nos grãos das diferentes cultivares de soja submetidas à irradiação nas doses 2, 4 e 8 kGy e controle.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	84,45 ± 5,8 <sup>1 b2</sup>	87,18 ± 4,6 <sup>ab</sup>	86,76 ± 4,5 <sup>ab</sup>	88,00 ± 3,8 <sup>a</sup>
213	86,79 ± 5,9 <sup>a</sup>	87,59 ± 4,1 <sup>a</sup>	87,60 ± 4,1 <sup>a</sup>	85,97 ± 6,2 <sup>a</sup>
214	87,83 ± 4,9 <sup>a</sup>	89,11 ± 3,5 <sup>a</sup>	87,90 ± 4,3 <sup>a</sup>	88,26 ± 3,9 <sup>a</sup>
231	87,74 ± 4,4 <sup>a</sup>	86,13 ± 6,4 <sup>b</sup>	86,71 ± 4,6 <sup>ab</sup>	87,24 ± 4,9 <sup>ab</sup>
E48	86,68 ± 5,8 <sup>a</sup>	87,18 ± 5,2 <sup>a</sup>	87,49 ± 4,7 <sup>a</sup>	87,63 ± 4,5 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Média ± desvio padrão; e <sup>2</sup>médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de p ≤ 0,05.

em pequenos fragmentos, mais susceptíveis à ação de enzimas ou à parcial destruição dos inibidores de tripsina.

As cultivares 212, 213, 214 e E48 (Tabela 3) apresentaram diferença significativa (p ≤ 0,05) de desaminação entre todos os tratamentos. O controle apresentou menor porcentagem de desaminação. Houve aumento na porcentagem de desaminação conforme aumentou a dose de irradiação utilizada.

Na cultivar 231 também houve esse aumento, porém o controle e as amostras irradiadas com dose de 2 kGy não diferiram entre si.

DOGBEVI, VACHON e LACROIX<sup>8</sup> estudaram as alterações promovidas em feijões (leguminosa de valor nutricional semelhante ao da soja) irradiados com doses de 2, 4 e 8 kGy,

e encontraram aumento da porcentagem de desaminação proteica e diminuição das ligações sulfúricas com o aumento das doses utilizadas. A desaminação é importante na quantificação do valor nutritivo das proteínas. A hidrólise dos grupamentos finais e ligações peptídicas estão diretamente relacionadas com a digestibilidade, quanto maior a hidrólise maior a digestibilidade<sup>15</sup>. A consequência direta da desaminação é o aumento da solubilidade da proteína devido a uma conversão de grupos aminos em grupos hidrofílicos<sup>8</sup>.

#### 4 Conclusões

- o tratamento de irradiação não promoveu alterações na composição química dos grãos de soja das cultivares estudadas;

**Tabela 3.** Porcentagem de desaminação dos grãos das diferentes cultivares submetidas à irradiação com doses de 2, 4 e 8 kGy e controle.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	17,45 ± 1,0 <sup>1 d2</sup>	20,15 ± 0,7 <sup>c</sup>	32,36 ± 0,8 <sup>b</sup>	56,44 ± 2,4 <sup>a</sup>
213	17,34 ± 0,7 <sup>d</sup>	23,52 ± 1,3 <sup>c</sup>	32,09 ± 1,5 <sup>b</sup>	57,09 ± 3,6 <sup>a</sup>
214	19,67 ± 0,7 <sup>d</sup>	22,80 ± 0,6 <sup>c</sup>	34,90 ± 1,8 <sup>b</sup>	56,13 ± 2,3 <sup>a</sup>
231	18,85 ± 0,8 <sup>c</sup>	22,82 ± 1,0 <sup>c</sup>	33,50 ± 3,8 <sup>b</sup>	54,41 ± 1,3 <sup>a</sup>
E48	18,91 ± 0,7 <sup>d</sup>	22,08 ± 0,5 <sup>c</sup>	33,31 ± 2,0 <sup>b</sup>	57,79 ± 1,3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Média ± desvio padrão; e <sup>2</sup>médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente em nível de p ≤ 0,05.

- não houve alterações significativas na digestibilidade das proteínas dos grãos de soja com a irradiação; e
- a porcentagem de desaminação em grãos de soja aumentou com a elevação das doses de irradiação.

## Agradecimentos

À Embrapa Soja/Londrina pela doação das cultivares, ao IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) pela irradiação das amostras e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

## Referências bibliográficas

- AKESON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **J. Nutr.**, v. 83, n. 3, p. 257-261, 1964.
- ASP, N. G. et al. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **J. Agric. Food Chem.**, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**, 16<sup>o</sup> ed. 1995. 2 v.
- BARCELOS, M. F. P. et al. Aspectos químicos e bioquímicos de leguminosas enlatadas em diferentes estádios de maturação. **Ciência Tec. Alim.**, v. 19, n. 1, p. 59-72, 1999.
- BYUN, M. W. et al. Physicochemical properties of soybean oil extracted from  $\gamma$ -irradiated soybeans. **Radit. Phys. Chem.**, v. 46, n. 4-6, p. 659-662, 1995.
- CHUNG, T. K. et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study on the effect of oral estradiol on acute menopausal symptoms. **Maturitas**, v. 25, n. 2, p. 115-123, 1996.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Exportação complexo soja e trigo**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0304-oferta-e-demanda-mundial.pdf>>. Acesso em: 20 Set. 2005.
- DOGBEVI, M. K.; VACHON, C.; LACROIX, M. Physicochemical properties of dry red kidney bean proteins and natural microflora as affected by gamma irradiation. **J. Food Sci.**, v. 64, n. 3, p. 540-542, 1999.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa sobre Soja**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em 26 Ago. 2005.
- ESTADOS UNIDOS. DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **National nutrients databases**. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov>>. Acesso em: 14 Dec. 2005.
- FARAG, M. D. E. H. Radiation deactivation of antinutritional factors: trypsin inhibitor and hemagglutinin in soybeans. **Egypt J. Radiat. Sci. Applic.**, v. 6, p. 207-215, 1989.
- FARAG, M.D.E.H. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 73, n. 3, p. 319-328, 1998.
- GALLAGHER, J. C. et al. The effect of soy protein isolate on bone metabolism. **Menopause**, v. 11, n. 3, p. 290-298, 2004.
- HAN, K. K. et al. Efeitos dos fitoestrógenos sobre alguns parâmetros clínicos e laboratoriais no climatério. **Rev. Bras. Ginec. Obst.**, v. 24, n. 8, p. 547-552, set. 2002.
- LACROIX, M.; AMIOT, J.; BRISSON, G. J. Hydrolysis and ultrafiltration treatment to improve the nutritive value of rapheseed protein. **J. Food Sci.**, v. 48, n. 6, p. 1644-1645, 1983.
- LIENER, I. E. Legume toxins in relation to protein digestibility - a review. **J. Food Sci.**, v. 41, n. 5, p. 1076-1081, 1976.
- NÉNÉ, S. P.; VALUL, U. K.; STREENVASAN, A. Effect of gamma irradiation on flatulence-causing oligosaccharides in green gram (*Phaseolus vulgaris*) starch. **J. Food Sci.**, v. 58, n. 2, p. 389-394, 1993.
- NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. **Food Technol.**, v. 45, n. 9, p. 112-114, 1991.
- RASMUSSEN, A. I. Nutrient comparison of fresh and field-dried, green-seeded soybeans. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 72, n. 6, p. 604-608, 1978.
- SANT'ANA, L. F. R. et al. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Braz. J. Food Technol.**, v. 3, n. 45, p. 129-135, 2000.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos - propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996, 517 p.
- SHIH, F. F. Deamidation during treatment of soy protein with protease. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 1, p. 127-132, 1990.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc software: usage and reference (version 6)**. 2 ed. Cary, 1996. 1CD-ROM.
- THAKUR, B. R.; SINGH, R. K. Combination processes in food irradiation. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 6, n. 1, p. 7-11, 1995.
- TOLEDO, T. C. F. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de <sup>60</sup>Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.)**. Piracicaba, 2006. 114 p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP).
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. **Tabela brasileira de composição de alimentos: projeto integrado de composição de alimentos**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php>>. Acesso em: 22 nov. 2005.