



# IMPACTOS DO PROCESSAMENTO DE SOJA NA RETENÇÃO DE MINERAIS, ISOFLAVONAS E PROTEÍNAS EM TOFUS

Vera de Toledo BENASSI \*  
Sandra Helena PRUDENCIO\*\*

■ **RESUMO:** Oito cultivares de soja brasileiras foram utilizadas como matéria-prima para obtenção de tofu, com o objetivo de verificar a retenção de proteínas, minerais e isoflavonas durante o processamento. O procedimento utilizado na produção de tofu provocou a redução na quantidade de todos os componentes analisados com exceção do cálcio e das agliconas, que aumentaram, respectivamente, 175 e 148% em relação aos grãos. A retenção média de proteínas nos tofus foi de 55% do total inicial. Os tofus produzidos apresentaram, em uma porção de 126 g do produto *in natura*, um teor médio de 8,8 g de proteína, 50,4 mg de cálcio absorvível e 40,2 mg de isoflavonas. Estes tofus podem ser considerados fontes de cálcio, possuindo também 5,4 mg de agliconas, as formas mais biologicamente ativas das isoflavonas. Entre as cultivares testadas, BRS 155 pode ser considerada a mais adequada para a produção de tofu, quando se pretende obter produtos ricos em agliconas.

■ **PALAVRAS-CHAVE:** Cultivares de soja brasileira; agliconas; conversão de isoflavonas; cálcio; sulfato de cálcio.

## INTRODUÇÃO

O tofu é um derivado não fermentado da soja e uma fonte de proteínas na dieta da população asiática há séculos. Nas últimas décadas, tem estado presente na dieta ocidental devido à tendência de redução na ingestão de produtos de origem animal e de gordura saturada (EVANS et al., 1997; HOU et al., 1997).

O tofu consiste em um gel proteico, obtido a partir do extrato de soja. A proteína é o componente bioquímico que mais influencia a textura deste produto (POYSA et al., 2004). A desnaturação térmica das proteínas é um pré-requisito para a formação do gel. O aquecimento do extrato de soja provoca o desdobramento das moléculas de proteínas e permite a exposição de grupos sulfidrila, pontes dissulfeto e cadeias laterais de aminoácidos hidrofóbicos. A adição de um agente coagulante possibilita interações entre as cadeias proteicas, levando à formação de uma matriz com estrutura de rede tridimensional, responsável pelas características de textura do tofu (LIU et al., 2004).

Os principais tipos de tofu são o *silken* e o *momen*. O primeiro é formado pela coagulação do extrato de soja dentro da própria embalagem, enquanto que o segundo é obtido pela prensagem e drenagem parcial do coágulo proteico em um molde. A textura do *silken* tofu é muito macia e homogênea, enquanto a do *momen* tofu é mais firme e menos uniforme, devido ao corte do coágulo e reformatação sob pressão (EVANS et al., 1997, CUI et al., 2004). Uma vez que o processamento deste último inclui uma etapa de dessoragem, compostos hidrossolúveis, nutricionalmente importantes, podem ser perdidos na fração líquida (soro).

Titchenal & Dobbs (2007) classificaram alimentos segundo seu conteúdo de cálcio absorvível. De acordo com o critério utilizado, para que um alimento seja considerado “fonte de cálcio”, uma porção padrão deste alimento (ou uma porção contendo 100 kcal) deve conter ao menos 30 mg de cálcio absorvível. Assim, de acordo com os autores, os grãos de soja cozidos, o extrato de soja e os tofus do tipo *silken* não preenchem este critério, enquanto que os tofus do tipo *momen* obtidos por coagulação com sais de cálcio, são considerados boas fontes deste mineral.

As isoflavonas são um grupo de compostos fenólicos que ocorrem nos grãos de soja, em 12 diferentes formas: três agliconas (daidzeína, genisteína e gliciteína), três formas glicosídicas (daidzina, genistina e glicitina) e as seis respectivas formas conjugadas acetil- ou malonil-glicosídicas. O processamento proporciona a interconversão entre estas diferentes formas e, por isso, a proporção entre elas varia conforme o produto. As formas malonil- $\beta$ -glicosídicas, que predominam na matéria-prima (grãos), são instáveis e podem ser convertidas a acetil- $\beta$ -glicosídicas por calor seco (tostagem ou extrusão). Estas, pela ação de calor e enzimas, como  $\beta$ -glicosidases, são convertidas nas formas  $\beta$ -glicosídicas e agliconas (COWARD et al., 1998; BARBOSA et al., 2006).

Estes compostos apresentam atividade biológica e a eles têm sido atribuídos vários benefícios à saúde, especialmente às agliconas, que são mais rapidamente assimiláveis pelo organismo que as formas glicosídicas. Estas últimas requerem uma hidrólise inicial do açúcar pelas enzimas  $\beta$ -glicosidases intestinais antes de serem absorvidas e pas-

\* Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos – Curso de Doutorado – Universidade Estadual de Londrina – UEL – 86051-990 – Londrina – PR – Brasil. E-mail: vera.benassi@embrapa.br.

\*\* Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UEL – 86051-990 – Londrina – PR – Brasil.

sarem à circulação sanguínea (SETCHELL et al., 2002). As isoflavonas apresentam propriedades antioxidantes que protegem as células dos radicais livres (os quais causam o envelhecimento e resultam em várias doenças crônicas e degenerativas) e têm efeito sobre a proliferação, crescimento e maturação de células. Além disso, por serem fitoestrógenos, podem exercer papel agonista ou antagonista ao estrogênio humano, possibilitando uma possível atuação sobre sintomas da menopausa, osteoporose e tipos de câncer dependentes de hormônios (JACKSON et al., 2002; BROUNS, 2002).

Embora estudadas há quase 20 anos, a comprovação dos efeitos das isoflavonas e a elucidação de seus mecanismos de atuação ainda demandam mais estudos. Atualmente, a única alegação de saúde permitida aos alimentos com soja é baseada em sua proteína (MESSINA et al., 2009). O FDA (*Food and Drugs Administration*) aprovou, em 1999, a alegação de que “a ingestão de 25 g de proteínas de soja por dia, associada a uma dieta com baixo teor de gordura saturada e colesterol pode reduzir o risco de doenças coronarianas” (UNITED, 1999). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, aprovou uma alegação de saúde para a proteína de soja, semelhante à do FDA, com algumas exigências explícitas quanto à rotulagem de alimentos à base de soja que utilizem a alegação: a quantidade de proteína de soja em uma porção do produto pronto para consumo deve ser declarada no rótulo, próximo à alegação; rótulo e material publicitário do produto não podem veicular qualquer alegação de funcionalidade relacionado com as isoflavonas (BRASIL, 2013).

Neste trabalho foram utilizadas oito cultivares de soja brasileiras como matéria-prima para obtenção de tofu em escala de laboratório. Foram determinados os conteúdos de proteínas, minerais e isoflavonas, tanto nos grãos como nos tofus, a fim de verificar o efeito do processamento sobre a retenção desses componentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Cultivares de soja: BRS 155, BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 258, BRS 262, BRS 267 e BRSMG 790A, desenvolvidas no programa de melhoramento genético da Embrapa Soja. Foram produzidas na safra 2007/2008, em Londrina e Ponta Grossa, com exceção da BRS MG 790A, proveniente do Triângulo Mineiro.

Tofus: produzidos com agente coagulante sulfato de cálcio diidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Wako, Japão), de acordo com procedimento desenvolvido por Benassi et al. (2011b), cujas principais etapas são: maceração dos grãos em água à temperatura ambiente por 16 h; drenagem; trituração em liquidificador doméstico, usando de água quente (90°C); filtração em tecido de nylon usando bomba de vácuo; aquecimento do extrato até a fervura, mais 10 min em banho-maria em ebulição; adição do coagulante, homogeneização e coagulação por 10 min a 75-76°C; corte do coágulo com auxílio de uma lira de inox; colocação do coágulo na

forma apropriada e prensagem por 30 min; retirada da forma e conservação em geladeira, coberto com água.

### Métodos

#### *Composição mineral de grãos e tofus*

Amostras moídas de grãos e tofus foram incineradas em mufla (EDG Equipments, mod. FI-1s) a 550°C por 3 h, após 2 queimas intermediárias a 200°C (2 h) e 400°C (2 h), com rampas de aquecimento de 10°C/min entre as queimas. A seguir, as cinzas foram solubilizadas em 10 mL de ácido clorídrico concentrado, e os teores de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinados por espectroscopia de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado – ICP-OES (Perkin Elmer, mod. Optima 3300 DV, USA).

#### *Determinação de isoflavonas em grãos e tofu*

O perfil e o teor de isoflavonas foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando equipamento da marca Waters (EUA), com bomba mod. W600, injetor W717 e detector PDA mod. W996. A metodologia de análise foi baseada em Berhow (2002) e Carrão-Panizzi et al. (2002). Amostras de 100 mg de material moído (grãos e tofu), previamente desengorduradas com N-hexano, foram colocadas em tubos para extração das isoflavonas; foram adicionados 4 mL etanol 70 % acidificado com ácido acético glacial a 0,01% e realizada agitação em vórtex a cada 15 min, durante 1 h, seguindo-se ultrassonificação por 30 min. Foram transferidos 1,5 mL do sobrenadante para eppendorfs e centrifugados a 21.000 g durante 15 min a 4°C. As alíquotas foram filtradas em membrana de 0,45 µm e transferidas para os tubos de injeção do equipamento. Foram injetados 20 µL de cada amostra, sob fluxo de arraste de 1,0 mL/min. A fase móvel foi constituída por um gradiente de metanol e água acidificados com ácido trifluoroacético a 0,025%, que variou linearmente desde a proporção 20:80 até 90:10 (metanol/água) em 35 min. Foi utilizada coluna C18 (YMC, EUA) de 250 mm x 4,6 mm x 5 µm. Para identificação dos picos, foram determinados os tempos de retenção de padrões (Sigma) das 12 formas de isoflavonas, solubilizados em metanol (grau HPLC). O limite de detecção (LD=0,5 ppm) e o limite de quantificação (LQ=1,5 ppm) do equipamento foram determinados com os padrões de daidzeína e genisteína. A quantificação dos 12 isômeros se deu por padronização externa (área dos picos), utilizando como referência as curvas padrão construídas para cada isômero. Os teores de isoflavonas foram expressos em mg/100g de amostra em base seca.

#### *Delineamento experimental e análise estatística dos dados*

O experimento foi conduzido de acordo com delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Os resultados foram tratados por ANOVA, teste de Tukey e Correlação linear de Pearson (5%).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO****Conteúdo de Minerais dos Grãos e Tofus**

Durante o processo de obtenção do tofu, que se inicia com a incorporação de água e finaliza com a remoção de soro do coágulo proteico, as quantidades de minerais podem sofrer algumas alterações. A composição mineral dos grãos e tofus das cultivares brasileiras de soja, expressa em mg/100 g de matéria seca, está na Tabela 1.

Observa-se que os conteúdos de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) praticamente não diferiram entre as cultivares e que os teores médios existentes nos grãos não se alteraram com o processamento.

Quanto ao conteúdo de macronutrientes (Ca, K, Mg e P), houve variação entre os grãos das cultivares, mas tendeu a ser similar nos tofus. As alterações mais notáveis devidas ao processamento foram relacionadas ao Ca e K. Nos grãos, o K foi o mineral presente em maior quantidade, a qual se reduziu aproximadamente à metade nos tofus, possivelmente devido à solubilização aquosa e arraste no soro. Quanto ao Ca, a quantidade introduzida no processo por meio do agente coagulante  $\text{CaSO}_4$  (3g) foi pelo menos dez vezes superior à inicialmente existente nos grãos. Nota-se, então, que todos os tofus apresentaram conteúdo final mais elevado de Ca que os grãos, não variando com as cultivares.

De modo geral, os grãos e tofus das cultivares analisadas mostraram conteúdo de minerais compreendido entre o mínimo e o máximo apresentados na literatura (TSAI et al., 1981; LIM et al., 1990; SUN; BREENE, 1991; SHEN et

al., 1991; CAI et al., 1997; CAI; CHANG, 1998; CIABOTTI et al., 2006; ROSSET, 2007; DA SILVA, 2009). Nestes trabalhos, os teores encontrados para os macronutrientes, em base seca, estavam compreendidos nas seguintes faixas: 160-410 mg Ca/100 g, 190-330 mg Mg/100 g e 360-770 mg P/100 g, para os grãos; e nos tofus, 1000-1870 mg Ca/100 g (exceção para tofu coagulado com GDL, com 500 mg/100 g), 150-490 mg Mg/100 g e 550-1100 mg P/100g. A determinação de K resultou em valores inferiores aos publicados, entre 1910-2040 mg/100 g nos grãos e 1810-1900 mg/100 g nos tofus.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006), uma importante referência nacional, mostra valores da mesma ordem de grandeza que os resultados médios obtidos, com poucas exceções. Considerando a matéria *in natura*, o teor de K encontrado nos grãos (1258 mg/100 g) e tofus (73 mg/100 g,) foi inferior ao tabelado (1922 e 182 mg/100 g para grãos e tofus respectivamente), enquanto que o Ca nos tofus (129 mg/100 g) foi superior ao tabelado (81 mg/100 g).

**Conteúdo de Isoflavonas dos Grãos e Tofus**

Na Tabela 2 está o conteúdo de cada uma das formas de isoflavonas presentes nos grãos e tofus das cultivares brasileiras de soja. O teor total de isoflavonas nos grãos foi diferente para cada cultivar. Os tofus BRS 216 e BRS 262 apresentaram conteúdo semelhante, do mesmo modo que os BRS 258 e BRSMG 790A; e os demais foram diferentes entre si.

Tabela 1 – Composição mineral de grãos e tofus de cultivares brasileiras de soja.

Cultivares	Umidade <sup>1</sup> (g/100 g)	COMPOSIÇÃO MINERAL (mg/100 g matéria seca)							
		Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>GRÃO</b>									
BRS 155	10,8	237,5±34,0 <sup>abc</sup>	1382,4±33,3 <sup>bcd</sup>	228,7±4,8 <sup>ab</sup>	485,4±22,1 <sup>a</sup>	1,4±0,1 <sup>a</sup>	12,0±0,1 <sup>a</sup>	3,7±0,9 <sup>ab</sup>	4,4±0,3 <sup>ab</sup>
BRS 216	10,5	146,9±5,8 <sup>c</sup>	1466,9±49,7 <sup>abc</sup>	241,3±7,6 <sup>a</sup>	451,7±17,2 <sup>ab</sup>	1,6±0,1 <sup>a</sup>	14,4±3,5 <sup>a</sup>	2,1±0,1 <sup>b</sup>	3,4±0,2 <sup>ab</sup>
BRS 232	9,8	176,9±78,7 <sup>bc</sup>	1190,8±27,1 <sup>de</sup>	203,3 ±9,6 <sup>bc</sup>	383,0±16,9 <sup>c</sup>	1,4±0,1 <sup>a</sup>	14,5±3,9 <sup>a</sup>	2,8±1,8 <sup>ab</sup>	3,2±1,1 <sup>b</sup>
BRS 257	9,9	177,3±7,6 <sup>bc</sup>	1127,7±58,4 <sup>c</sup>	197,2±13,9 <sup>c</sup>	396,9±30,7 <sup>bc</sup>	1,6±0,4 <sup>a</sup>	9,0±1,2 <sup>a</sup>	3,6±0,3 <sup>ab</sup>	4,5±0,7 <sup>ab</sup>
BRS 258	9,4	316,7±21,3 <sup>a</sup>	1624,4±165,3 <sup>a</sup>	234,5±4,5 <sup>ab</sup>	511,7±18,1 <sup>a</sup>	1,7±0,1 <sup>a</sup>	13,4±5,9 <sup>a</sup>	4,4±0,3 <sup>ab</sup>	4,9±0,2 <sup>a</sup>
BRS 262	9,6	204,6±22,8 <sup>bc</sup>	1313,4±53,2 <sup>cde</sup>	212,6±1,5 <sup>abc</sup>	397,9±24,2 <sup>bc</sup>	1,6±0,1 <sup>a</sup>	14,9±3,9 <sup>a</sup>	2,6±0,6 <sup>ab</sup>	4,1±0,3 <sup>ab</sup>
BRS 267	10,0	247,0±13,5 <sup>ab</sup>	1506,6±66,0 <sup>abc</sup>	224,4±18,2 <sup>abc</sup>	468,4±22,7 <sup>a</sup>	1,7±0,0 <sup>a</sup>	16,5±9,8 <sup>a</sup>	3,2±0,4 <sup>ab</sup>	4,3±0,2 <sup>ab</sup>
BRSMG 790A	8,8	263,3±32,5 <sup>ab</sup>	1549,5±48,0 <sup>ab</sup>	239,3±14,0 <sup>a</sup>	482,2±21,7 <sup>a</sup>	1,7±0,2 <sup>a</sup>	11,8±1,3 <sup>a</sup>	5,3±1,7 <sup>a</sup>	4,5±0,4 <sup>ab</sup>
<b>TOFU</b>									
BRS 155	87,0	1068,5±205,6 <sup>a</sup>	689,9±121,4 <sup>a</sup>	167,6±14,4 <sup>c</sup>	535,9± 1,9 <sup>a</sup>	1,5±0,3 <sup>a</sup>	12,1±0,9 <sup>ab</sup>	2,8±0,2 <sup>a</sup>	5,3±0,9 <sup>a</sup>
BRS 216	86,5	966,0±12,7 <sup>a</sup>	563,1±43,9 <sup>a</sup>	185,2±10,0 <sup>abc</sup>	658,1±39,0 <sup>a</sup>	1,3±0,2 <sup>a</sup>	10,9±1,6 <sup>b</sup>	5,2±0,5 <sup>a</sup>	6,1±0,1 <sup>a</sup>
BRS 232	86,5	1075,9±2,5 <sup>a</sup>	606,4±0,3 <sup>a</sup>	214,0±2,5 <sup>a</sup>	678,6± 2,9 <sup>a</sup>	1,2±0,1 <sup>a</sup>	12,3±0,6 <sup>ab</sup>	5,2±0,0 <sup>a</sup>	6,2±0,0 <sup>a</sup>
BRS 257	86,2	958,5±104,8 <sup>a</sup>	438,5±54,2 <sup>a</sup>	191,8±12,5 <sup>abc</sup>	678,3±86,0 <sup>a</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	11,9±1,3 <sup>b</sup>	4,3±1,9 <sup>a</sup>	6,0±1,0 <sup>a</sup>
BRS 258	86,3	844,9±15,7 <sup>a</sup>	421,1±108,8 <sup>a</sup>	171,8±3,1 <sup>abc</sup>	552,8±13,9 <sup>a</sup>	1,2±0,0 <sup>a</sup>	11,0±0,4 <sup>b</sup>	4,1±1,5 <sup>a</sup>	5,7±0,2 <sup>a</sup>
BRS 262	86,1	915,7±13,9 <sup>a</sup>	471,8±49,2 <sup>a</sup>	185,5±3,4 <sup>abc</sup>	615,3± 5,4 <sup>a</sup>	1,3±0,0 <sup>a</sup>	16,8±2,0 <sup>a</sup>	3,2±0,4 <sup>a</sup>	6,7±0,8 <sup>a</sup>
BRS 267	88,0	966,4±33,4 <sup>a</sup>	726,8±60,3 <sup>a</sup>	190,5±0,2 <sup>abc</sup>	643,4±32,2 <sup>a</sup>	1,6±0,1 <sup>a</sup>	12,4±0,5 <sup>ab</sup>	4,9±0,2 <sup>a</sup>	6,2±0,2 <sup>a</sup>
BRSMG 790A	86,8	970,4±22,3 <sup>a</sup>	468,8±61,1 <sup>a</sup>	202,8±1,4 <sup>ab</sup>	675,0±19,3 <sup>a</sup>	1,2±0,0 <sup>a</sup>	11,1±0,2 <sup>b</sup>	5,9±0,4 <sup>a</sup>	6,5±0,3 <sup>a</sup>

<sup>(1)</sup> dados obtidos de Benassi et al. (2011a).

Média ± desvio padrão, para 3 repetições.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Tukey, p<0,05).

Tabela 2 – Isoflavonas presentes em grãos e tofus das cultivares brasileiras de soja.

Cultivares	Unidade <sup>1</sup> (g/100 g)	Formas Glicosídicas (mg/100 g matéria seca)										Agliconas (mg/100 g matéria seca)				TOTAL
		A-DAI	M-DAI	M-GEN	M-GLI	G-DAI	G-GEN	G-GLI	Parcial 1	DAI	GEN	GLI	Parcial 2			
<b>GRÃO</b>																
BRS 155	10,8	n.d.	74,2±4,1 <sup>b</sup>	105,2±1,0 <sup>a</sup>	17,9±1,4 <sup>d</sup>	75,9±0,7 <sup>a</sup>	104,7±0,6 <sup>a</sup>	14,5±0,2 <sup>c</sup>	392,4±8,0 <sup>a</sup>	9,9±0,1 <sup>a</sup>	11,7±0,1 <sup>a</sup>	0,99±0,1 <sup>a</sup>	22,5±0,3 <sup>a</sup>	414,9±8,3 <sup>a</sup>		
BRS 216	10,5	n.d.	90,5±3,1 <sup>a</sup>	96,6±2,8 <sup>b</sup>	27,2±1,0 <sup>b</sup>	66,0±1,8 <sup>b</sup>	66,7±1,1 <sup>d</sup>	16,0±0,1 <sup>b</sup>	363,0±9,9 <sup>a</sup>	3,6±0,0 <sup>d</sup>	2,5±0,0 <sup>d</sup>	0,45±0,1 <sup>b</sup>	6,5±0,1 <sup>d</sup>	369,6±10,0 <sup>c</sup>		
BRS 232	9,8	n.d.	27,2±0,9 <sup>c</sup>	44,1±0,3 <sup>f</sup>	6,8±0,4 <sup>c</sup>	24,7±0,6 <sup>c</sup>	38,1±0,3 <sup>b</sup>	4,8±0,2 <sup>f</sup>	145,7±2,7 <sup>g</sup>	2,6±0,0 <sup>f</sup>	2,8±0,1 <sup>c</sup>	n.d.	5,3±0,1 <sup>f</sup>	151,0±2,8 <sup>b</sup>		
BRS 257	9,9	n.d.	71,0±3,9 <sup>b</sup>	89,5±0,8 <sup>c</sup>	26,2±1,1 <sup>b</sup>	62,7±2,6 <sup>b</sup>	70,5±2,1 <sup>c</sup>	16,4±0,6 <sup>b</sup>	336,1±11,1 <sup>c</sup>	4,2±0,1 <sup>c</sup>	2,8±0,2 <sup>c</sup>	1,14±0,1 <sup>a</sup>	8,1±0,3 <sup>c</sup>	344,2±11,4 <sup>d</sup>		
BRS 258	9,4	n.d.	40,4±1,9 <sup>d</sup>	70,7±0,5 <sup>c</sup>	8,3±0,7 <sup>c</sup>	28,5±2,0 <sup>d</sup>	51,1±1,4 <sup>f</sup>	5,3±0,1 <sup>f</sup>	204,2±6,5 <sup>c</sup>	3,0±0,1 <sup>c</sup>	2,4±0,0 <sup>d</sup>	0,48±0,0 <sup>b</sup>	5,9±0,1 <sup>c</sup>	210,1±6,7 <sup>f</sup>		
BRS 262	9,6	n.d.	73,8±2,7 <sup>b</sup>	107,7±2,5 <sup>a</sup>	34,1±0,6 <sup>a</sup>	63,0±1,2 <sup>b</sup>	85,1±0,4 <sup>b</sup>	20,5±0,3 <sup>a</sup>	384,3±7,6 <sup>a</sup>	5,1±0,0 <sup>b</sup>	3,9±0,1 <sup>b</sup>	1,12±0,1 <sup>a</sup>	10,1±0,2 <sup>b</sup>	394,4±7,8 <sup>b</sup>		
BRS 267	10,0	n.d.	51,1±0,6 <sup>c</sup>	78,0±0,5 <sup>d</sup>	15,2±0,8 <sup>d</sup>	37,2±0,8 <sup>c</sup>	56,8±0,9 <sup>c</sup>	8,3±0,2 <sup>d</sup>	246,6±3,8 <sup>d</sup>	4,1±0,0 <sup>c</sup>	3,8±0,1 <sup>b</sup>	0,49±0,2 <sup>b</sup>	8,4±0,2 <sup>c</sup>	255,0±4,0 <sup>e</sup>		
BRSMG 790A	8,8	n.d.	41,0±0,6 <sup>d</sup>	71,4±0,2 <sup>c</sup>	19,3±0,7 <sup>e</sup>	17,7±0,5 <sup>f</sup>	35,0±0,1 <sup>b</sup>	7,2±0,3 <sup>e</sup>	191,6±2,5 <sup>f</sup>	1,8±0,2 <sup>g</sup>	1,3±0,0 <sup>e</sup>	n.d.	3,2±0,2 <sup>g</sup>	194,8±2,6 <sup>e</sup>		
<b>TOFU</b>																
BRS 155	87,0	3,2±0,4 <sup>a</sup>	34,1±0,2 <sup>b</sup>	67,3±1,0 <sup>a</sup>	6,7±0,2 <sup>c</sup>	60,5±0,3 <sup>b</sup>	102,6±1,6 <sup>a</sup>	11,4±0,3 <sup>d</sup>	285,8±3,8 <sup>b</sup>	20,7±0,5 <sup>a</sup>	31,0±0,2 <sup>a</sup>	2,5±0,1 <sup>b</sup>	54,2±0,8 <sup>a</sup>	340,0±4,9 <sup>a</sup>		
BRS 216	86,5	2,9±0,2 <sup>a</sup>	48,6±3,6 <sup>a</sup>	64,6±0,3 <sup>b</sup>	10,2±0,2 <sup>b</sup>	72,4±2,0 <sup>a</sup>	96,3±1,4 <sup>b</sup>	14,7±0,4 <sup>c</sup>	309,7±7,9 <sup>a</sup>	11,0±0,3 <sup>d</sup>	8,8±0,1 <sup>b</sup>	2,0±0,1 <sup>c</sup>	21,7±0,5 <sup>f</sup>	331,4±8,4 <sup>b</sup>		
BRS 232	86,5	2,1±0,0 <sup>c</sup>	9,6±0,2 <sup>c</sup>	21,0±0,3 <sup>f</sup>	2,7±0,2 <sup>b</sup>	19,1±0,6 <sup>c</sup>	34,7±1,0 <sup>c</sup>	5,2±0,1 <sup>b</sup>	94,3±2,4 <sup>f</sup>	9,7±0,2 <sup>e</sup>	13,9±0,2 <sup>f</sup>	n.d.	23,6±0,4 <sup>e</sup>	117,8±2,8 <sup>f</sup>		
BRS 257	86,2	2,7±0,2 <sup>abc</sup>	25,2±1,0 <sup>c</sup>	47,6±1,7 <sup>c</sup>	9,1±0,4 <sup>c</sup>	49,2±0,7 <sup>c</sup>	68,7±2,6 <sup>c</sup>	16,0±0,2 <sup>b</sup>	218,5±6,8 <sup>c</sup>	17,3±0,2 <sup>b</sup>	22,0±0,5 <sup>b</sup>	2,9±0,3 <sup>a</sup>	42,2±1,0 <sup>b</sup>	260,7±7,8 <sup>c</sup>		
BRS 258	86,3	0,9±0,1 <sup>d</sup>	16,4±1,2 <sup>d</sup>	38,2±0,3 <sup>c</sup>	3,9±0,2 <sup>g</sup>	26,0±0,3 <sup>d</sup>	56,8±0,5 <sup>d</sup>	6,2±0,3 <sup>g</sup>	148,4±2,8 <sup>c</sup>	9,2±0,1 <sup>c</sup>	15,5±0,1 <sup>e</sup>	0,7±0,0 <sup>d</sup>	25,4±0,3 <sup>d</sup>	173,8±3,1 <sup>c</sup>		
BRS 262	86,1	1,2±0,1 <sup>d</sup>	32,8±3,2 <sup>b</sup>	64,0±0,8 <sup>b</sup>	11,6±0,4 <sup>a</sup>	60,7±4,7 <sup>b</sup>	100,0±0,7 <sup>a</sup>	18,1±0,3 <sup>a</sup>	288,3±10,2 <sup>b</sup>	16,9±0,2 <sup>b</sup>	21,2±0,2 <sup>c</sup>	3,0±0,1 <sup>a</sup>	41,1±0,5 <sup>b</sup>	329,5±10,7 <sup>b</sup>		
BRS 267	88,0	2,5±0,3 <sup>c</sup>	16,6±0,8 <sup>d</sup>	36,3±0,4 <sup>c</sup>	5,2±0,1 <sup>f</sup>	29,4±0,2 <sup>d</sup>	55,1±0,6 <sup>d</sup>	8,9±0,2 <sup>f</sup>	153,8±2,4 <sup>c</sup>	13,8±0,1 <sup>c</sup>	20,0±0,3 <sup>d</sup>	1,7±0,1 <sup>c</sup>	35,5±0,5 <sup>c</sup>	189,4±2,8 <sup>d</sup>		
BRSMG 790A	86,8	0,9±0,1 <sup>d</sup>	22,2±0,1 <sup>c</sup>	42,4±0,4 <sup>d</sup>	7,5±0,2 <sup>d</sup>	24,4±0,8 <sup>de</sup>	57,9±1,8 <sup>d</sup>	10,1±0,0 <sup>e</sup>	165,4±3,3 <sup>d</sup>	5,1±0,1 <sup>f</sup>	9,6±0,1 <sup>g</sup>	0,6±0,0 <sup>d</sup>	15,2±0,1 <sup>g</sup>	180,6±3,4 <sup>c</sup>		

<sup>(1)</sup> dados obtidos de Benassi et al. (2011a).

n.d.: não detectado.

Média ± desvio padrão, para 3 repetições.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Tukey, p≤0,05).

A comparação entre os resultados obtidos e os valores da literatura é difícil, uma vez que as metodologias de determinação variam e as matérias-primas e produtos avaliados também. Além da cultivar, condições distintas de plantio (ano, local e temperatura média) e de pós-colheita/armazenamento dos grãos (umidade, temperatura, tempo de armazenagem), podem influenciar o conteúdo de isoflavonas e sua forma química. No caso dos tofus, influem adicionalmente, as condições de processamento.

Esta variabilidade pode ser observada nos teores totais de isoflavonas em grãos de soja relatados por Kao et al. (2004) e por Jackson et al. (2002). Os primeiros reportaram 681 mg/100 g matéria seca, em uma cultivar de soja chinesa, enquanto os últimos encontraram 133 mg/100 g em uma cultivar canadense.

Quanto aos tofus, Jackson et al. (2002) obtiveram, em tofu coagulado com glucono-delta-lactona (GDL), 455 mg isoflavonas/100 g de matéria seca. Haron et al. (2009), em trabalho realizado com produtos comerciais da Malásia, encontraram aproximadamente a mesma quantidade de agliconas em tofus *soft* e firme, entre 41 e 43 mg/100 g matéria *in natura*.

Prabhakaran et al. (2006), em tofus elaborados com sete diferentes agentes coagulantes, encontraram teores de isoflavonas de 128 a 142 mg/100 g de matéria seca; o mais alto conteúdo resultou do emprego de  $\text{CaSO}_4$  0,4% (em relação ao extrato de soja), condições de processo semelhantes às utilizadas neste estudo.

Em relação às cultivares brasileiras, há várias publicações que utilizaram metodologia de análise e algumas cultivares comuns a este estudo. Nos grãos, o teor total de isoflavonas variou de 160-307 mg/100 g matéria seca (GENOVESE et al., 2005; CIABOTTI et al., 2006; DA SILVA et al., 2009; CARRÃO-PANIZZI et al., 2009; BENEDETI, 2010; BAVIA et al., 2012), enquanto o valor médio obtido neste trabalho foi de 292 mg/100 g matéria seca. Os tofus de cultivares brasileiras (CIABOTTI et al., 2006; CIABOTTI, 2007) apresentaram cerca de 105 mg/100 g matéria seca, menos da metade do valor médio obtido de 240 mg/100 g matéria seca. Genovese & Lajolo (2002) encontraram em tofu comercial extra soft 7 mg de isoflavonas (expressas como equivalentes de agliconas) em cada 100 g do produto *in natura*. Se este resultado for considerado em termos de matéria seca e expresso como a somatória de cada forma química (e não em equivalentes de aglicona), o valor seria de aproximadamente 90 mg/100 g matéria seca, cerca de 40% do teor observado no tofu do presente trabalho.

### Retenção de Compostos de Interesse no Tofu

Na produção de tofu a água da maceração dos grãos é descartada, assim como o soro liberado pela prensagem do coágulo; acarretando lixiviação de componentes solúveis na fase aquosa. Ademais, na etapa de filtração para obtenção do extrato, alguns componentes podem ser retidos no resíduo (*okara*). Todas estas perdas se refletem na composição do tofu e podem ser estimadas para cada processo específico.

A Tabela 3 exibe as quantidades de grãos e tofus do processamento, além de sua umidade e proteína, expressos em gramas, conforme publicado anteriormente por Benassi et al. (2011a); e também as quantidades existentes de isoflavonas e minerais. A partir destes valores, foi estimado o impacto do processamento sobre a retenção (% em relação à quantidade inicial) destes componentes e observou-se que, com exceção do cálcio e das agliconas, o conteúdo dos outros componentes diminuiu.

Em média, a quantidade de proteínas retida no tofu foi cerca de 55% da existente inicialmente nos grãos. A partir dos dados de Benassi et al. (2011a), estimou-se a correlação entre os conteúdos de proteína nos grãos e nos tofus, porém não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Portanto, a escolha de uma cultivar com maior conteúdo proteico para o processamento não resulta, necessariamente, em uma maior quantidade de proteínas ingerida pelo consumidor no tofu obtido.

Os minerais diminuíram durante o processamento, com exceção do cálcio, com aumento médio de 175% em relação ao contido nos grãos, devido à adição do agente coagulante sulfato de cálcio. O principal intuito da escolha deste coagulante foi obter um produto com teor de cálcio aumentado, especialmente se o tofu for consumido em substituição ao queijo frescal. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006), o conteúdo médio de Ca no queijo frescal é de 579 mg/100 g de matéria *in natura*, com 56% de umidade, enquanto no tofu é de 81 mg/100 g de matéria *in natura*, com umidade de 86,6%. Comparando-se o consumo dos produtos, a ingestão de Ca seria de 6,04 mg/g de tofu e de 13,16 mg/g de queijo frescal, em matéria seca; ou seja, o consumidor de tofu teria ingestão 2,2 vezes menor em relação ao de queijo frescal.

De acordo com o estudo de Titchenal & Dobbs (2007), que considera a fração de Ca absorvível em uma porção de alimento, grãos de soja cozidos e tofu coagulado com GDL são fontes pobres de Ca (contendo, respectivamente, 21 mg e 12 mg de Cálcio absorvível por porção), enquanto que tofu elaborado com sulfato de cálcio é uma boa fonte (135 mg de Ca absorvível por porção), indicando que a produção de tofu com sulfato de cálcio aumenta a quantidade de cálcio ingerido e efetivamente absorvido pelo organismo.

Considerando-se os padrões de Titchenal & Dobbs (2007), cuja porção de tofu é de 126 g e 31% do cálcio ingerido é absorvido, estimou-se uma média de 50,4 mg de cálcio absorvível por porção nos tofus obtidos neste trabalho, o que permite classificá-los como fonte de cálcio ( $\geq 30$  mg Ca absorvível por porção).

A Tabela 4 contém a quantidade de minerais (para cada uma das cultivares e a média) presente em uma porção de 126 g de tofu, a IDR (ingestão diária recomendada) para cada mineral (BRASIL, 2005; ROSS et al., 2011) e o percentual do requerimento diário atendido pelo consumo de uma porção de tofu. Observa-se que o atendimento às necessidades diárias variou desde 2% para o potássio até 39% para o manganês, sendo 16% para o cálcio.

Tabela 3 – Material inicial e final no processamento, quantidades de proteína, minerais e isoflavonas nos grãos e tofus e estimativa dos impactos do processamento na retenção desses componentes.

Cultivares	Quantidade de material <sup>1</sup> (g)	Água <sup>1</sup> (g)	Proteína <sup>1</sup> (g)	Minerais (mg)								Isoflavonas (mg)		
				Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn	glicosídeos	agliconas	total
<b>Grãos</b>														
BRS 155	123,2	13,3	43,0	261,1	1519,3	251,3	533,5	1,56	13,23	4,12	4,84	431,3	24,7	456,0
BRS 216	126,5	13,3	44,8	166,3	1660,6	273,2	511,4	1,81	16,33	2,39	3,87	411,0	7,4	418,4
BRS 232	122,5	12,0	43,8	195,3	1315,2	224,5	423,0	1,59	16,04	3,08	3,53	160,9	5,9	166,8
BRS 257	123,5	12,2	43,3	197,4	1255,7	219,6	441,9	1,81	9,98	3,98	4,97	374,3	9,0	383,3
BRS 258	122,4	11,4	42,8	351,4	1802,2	260,2	567,7	1,86	14,90	4,90	5,46	226,5	6,5	233,1
BRS 262	124,6	12,0	39,9	230,4	1479,2	239,4	448,1	1,75	16,79	2,88	4,58	432,8	11,4	444,1
BRS 267	126,6	12,7	43,8	281,4	1716,5	255,7	533,6	1,95	18,79	3,59	4,95	280,9	9,6	290,5
BRSMG 790A	125,5	11,0	41,6	301,6	1774,8	274,2	552,3	1,97	13,49	6,05	5,17	219,5	3,6	223,1
Média	124,4	12,2	42,9	248,1	1565,4	249,8	501,4	1,79	14,94	3,87	4,67	317,2	9,8	326,9
<b>Tofus</b>														
BRS 155	327,0	284,4	22,5	454,9	293,7	71,4	228,2	0,65	5,16	1,20	2,26	121,7	23,1	144,8
BRS 216	334,3	289,3	25,5	434,7	253,4	83,3	296,1	0,58	4,90	2,32	2,74	139,3	9,8	149,1
BRS 232	328,7	284,4	24,0	477,1	268,9	94,9	300,9	0,51	5,43	2,28	2,74	41,8	10,5	52,2
BRS 257	325,0	280,2	23,6	428,9	196,2	85,8	303,6	0,47	5,32	1,93	2,68	97,8	18,9	116,7
BRS 258	334,7	288,8	23,7	387,7	193,2	78,9	253,7	0,56	5,03	1,86	2,60	68,1	11,6	79,7
BRS 262	329,5	283,6	23,0	420,6	216,7	85,2	282,6	0,57	7,74	1,46	3,08	132,5	18,9	151,3
BRS 267	365,2	321,5	23,3	422,1	317,5	83,2	281,0	0,68	5,40	2,15	2,69	67,2	15,5	82,7
BRSMG 790A	353,5	307,0	23,5	451,5	218,1	94,4	314,1	0,57	5,14	2,74	3,00	77,0	7,1	84,0
Média	337,2	292,4	23,6	434,7	244,7	84,6	282,5	0,57	5,52	1,99	2,72	93,2	14,4	107,6
Retenção (%) <sup>2</sup>			55	175	16	34	56	32	37	51	58	29	148	33

<sup>(1)</sup> dados obtidos de Benassi et al. (2011a)

<sup>(2)</sup> % em relação à quantidade inicial presente nos grãos

Tabela 4 – Quantidade de minerais (mg) contida em uma porção (126 g) de tofu, ingestão diária recomendada de minerais (RDA) e percentual da ingestão diária fornecida por uma porção de tofu.

Cultivares	Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn								
BRS 155	175,3	113,2	27,5	87,9	0,3	2,0	0,5	0,9								
BRS 216	163,8	95,5	31,4	111,6	0,2	1,9	0,9	1,0								
BRS 232	182,9	103,1	36,4	115,3	0,2	2,1	0,9	1,1								
BRS 257	166,3	76,1	33,3	117,7	0,2	2,1	0,8	1,0								
BRS 258	146,0	72,7	29,7	95,5	0,2	1,9	0,7	1,0								
BRS 262	160,8	82,9	32,6	108,1	0,2	3,0	0,6	1,2								
BRS 267	145,6	109,5	28,7	97,0	0,2	1,9	0,7	0,9								
BRSMG 790A	160,9	77,7	33,7	112,0	0,2	1,8	1,0	1,1								
Média	162,7	91,3	31,7	105,6	0,2	2,1	0,7	1,0								
Ingestão diária recomendada (mg)	IDR	%	IDR	%	IDR	%	IDR	%	IDR	%	IDR	%	IDR	%		
homem <sup>1</sup>	1000 <sup>3</sup>	16,3	4700	1,9	420	7,5	700	15,1	0,9	22,2	8	26,2	2,3	30,4	11	9,1
mulher <sup>1</sup>	1000 <sup>3</sup>	16,3	4700	1,9	320	9,9	700	15,1	0,9	22,2	18	11,6	1,8	38,9	8	12,5
adultos <sup>2</sup>	1000	16,3	-	-	260	12,2	700	15,1	0,9	22,2	14	15,0	2,3	30,4	7	14,3

<sup>(1)</sup> FONTE: Ross et al., 2006.

<sup>(2)</sup> FONTE: Brasil, 2005.

<sup>(3)</sup> 1200 mg/d de Ca (13,6%), para homens acima de 70 anos e para mulheres, acima de 50 anos (desconsiderados períodos de gestação e lactação).

Verificou-se que não houve correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre os teores de minerais nos grãos e nos tofus, ou seja, o conteúdo final de minerais no produto não dependo inicialmente contido na matéria-prima.

Quanto às isoflavonas, foi observada perda no processamento, com retenção média nos tofus de 33% do teor total dos grãos. Esta perda foi acompanhada da interconversão das formas químicas. As formas malonil nos grãos

representavam, em média, 55% da isoflavona total, passando a 34% nos tofus, pela conversão em acetil-daizina (de ausente passou a 1%) e em formas glicosídicas não esterificadas (de 42 passaram a 52%), provavelmente por ação do calor. As agliconas nos grãos representavam 3% e nos tofus passaram a 14% da isoflavona total, pela possível hidrólise enzimática dos glicosídeos.

Resultados semelhantes foram relatados por Jackson et al. (2002), que observaram retenção de 36% no tofu em relação a isoflavona total nos grãos. Além disso, estimaram perdas de 4%, 31% e 18% na maceração, filtração e prensagem, respectivamente. A perda de isoflavonas devido à prensagem de tofus produzidos com diferentes coagulantes foi observada por Prabhakaran et al. (2006), que quantificaram uma média de 10 mg isoflavonas/100 g de soro *in natura*.

Jackson et al. (2002) notaram que a etapa de aquecimento do extrato de soja não acarretou perdas, mas favoreceu a conversão das formas glicosídicas em agliconas. Kao et al. (2004) verificaram diminuição das formas glicosídicas e aumento das agliconas em grãos submetidos à maceração em diferentes condições, comprovando que este efeito foi diretamente proporcional ao tempo de maceração e à temperatura da água. Carrão-Panizzi et al. (2003) também observaram redução no teor total de isoflavonas e aumento nas formas agliconas em grãos tratados hidrotermicamente; a condição que mais favoreceu este aumento foi de 12 horas a 50°C, enquanto que a elevação da temperatura a 60°C ocasionou efeito contrário, devido a inativação das enzimas  $\beta$ -glicosídeos envolvidas no processo de conversão. Da Silva et al. (2009) verificaram diminuição das formas malonil-glicosídicas e aumento das  $\beta$ -glicosídicas e agliconas, como efeito do cozimento de grãos de soja de diferentes cultivares.

Ciabotti (2006) relatou retenção média de 53% das isoflavonas em tofus de cultivares brasileiras, sendo este valor a relação entre os teores nos tofus e nos grãos, ambos expressos em termos de matéria seca. Comparando-se na mesma base, a média obtida no processamento aqui estudado foi de 82%.

Verificaram-se correlações significativas ( $p \leq 0,85$ ) entre os teores de isoflavonas nos grãos e nos tofus ( $r \geq 0,85$  para as agliconas,  $r \geq 0,94$  para os glicosídeos e  $r \geq 0,97$  para as isoflavonas totais), demonstrando que, quanto maior o conteúdo de isoflavonas em uma dada cultivar, maior será o conteúdo no tofu resultante.

## CONCLUSÃO

O processamento para obtenção de tofu provoca a redução nas quantidades de proteínas, minerais e isoflavonas em relação aos grãos, com exceção do cálcio e das agliconas. O uso do coagulante  $\text{CaSO}_4$  permite a produção de tofus com teor de cálcio absorvível suficiente para serem considerados fontes deste mineral. O aumento nas agliconas é propiciado pelas condições de processamento, que favorecem a conversão de outras formas químicas das iso-

flavonas a esta forma mais ativa biologicamente. A escolha de uma cultivar de soja baseada em teor mais alto de isoflavonas proporciona a obtenção de tofu com teor também mais elevado, porém o mesmo não ocorre pela escolha de cultivares com teor superior de minerais ou de proteínas.

## AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador Adilson de Oliveira Jr., da área de Fertilidade de Solos da Embrapa Soja, por ter possibilitado a análise dos minerais nas amostras de grãos e tofu.

Ao analista Rodrigo dos Santos Leite, do Laboratório de Análises Físico-Químicas e Cromatográficas da Embrapa Soja, pela inestimável ajuda na quantificação de isoflavonas.

BENASSI, V. T.; PRUDENCIO, S. H. Impacts of soybean processing over the retention of proteins, minerals and isoflavones in tofu. **Alim. Nutr.= Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. xx-xx, jan./mar. 2013.

■ **ABSTRACT:** Aiming to verify the retention of proteins, minerals and isoflavones during processing, eight Brazilian soybean cultivars were utilized to obtain tofu. The production procedure caused a decrease in all components amount, except for calcium and aglycones, which increased respectively 175 and 148% compared to grains. The average retention of proteins in tofu was 55% of the initial amount. One portion (126 g) of tofu had an average content of 8.8 g protein, 50.4 mg of absorbable calcium and 40.2 mg of isoflavones. These tofu can be considered sources of calcium in addition to 5.4 mg of aglycones, the most biologically active form of isoflavones. Among cultivars, BRS 155 may be indicated as the most suitable for tofuf-making, if the primary goal is to produce tofu rich in aglycones.

■ **KEYWORDS:** Brazilian soybean cultivars; aglycones; conversion of isoflavones; calcium; calcium sulfate.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. C. L.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Influence of temperature, pH and ionic strength on the production of isoflavone-rich soy protein isolates. **Food Chem.**, v. 98, p. 757-766, 2006.
- BAVIA, A. C. F. et al. Chemical composition of tempeh from soybean cultivars specially developed for human consumption. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 32, n. 3, p. 613-620, 2012.
- BENASSI, V.T.; BENASSI, M.T.; PRUDENCIO, S. H. Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. **Semin-Cienc. Agrar.**, v. 32, supl. 1, p. 1901-1914, 2011a.

- BENASSI, V. T.; YAMASHITA, F.; PRUDENCIO, S. H. A statistical approach to define some tofu processing conditions. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 31, n. 4, p. 1-8, 2011b.
- BENEDETI, S. **Efeito do tratamento térmico em isoflavonas concentradas por nanofiltração**. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- BERHOW, M. A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. In: BUSLIG, B. S.; MANTHEY, J. A. (Ed.) **Flavonoids in the living cell**. New York: Kluser Academic, 2002. p. 61-76.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, constante do anexo desta resolução. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word=>. Acesso em: 21 mar. 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alegações de propriedade funcional aprovadas. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Avisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos/Assuntos+de+Interesse/Alimentos+Com+Alegacoes+de+Propriedades+Funcionais+e+ou+de+Saude/Alegacoes+d+e+propriedade+funcional+aprovadas>. Acesso em: 20 mar. 2011.
- BROUNS, F. Soya isoflavones: a new and promising ingredient for the health foods sector. **Food Res. Int.**, v. 35, p. 187-193, 2002.
- CAI, T. D.; CHANG, K. C. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. **Food Res. Int.**, v. 31, n. 4, p. 289-295, 1998.
- CAI, T. D. et al. Comparison of bench and production scale methods for making soymilk and tofu from 13 soybean varieties. **Food Res. Int.**, v. 30, n. 9, p. 659-668, 1997.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; FAVONI, S. P. G.; KIKUCHI, A. Extraction time for isoflavone determination. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 45, n. 4, p. 515-518, 2002.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SIMÃO, A. S.; KIKUCHI, A. Efeitos de genótipos, ambientes e de tratamentos hidrotérmicos na concentração de isoflavonas agliconas em grãos de soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n. 8, p. 897-902, 2003.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. et al. Environmental variation of isoflavone content of soybean seeds grow in Brazil. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, n. 11, p. 1444-1451, 2009.
- CIABOTTI, S. **Desenvolvimento de um produto similar ao tofu com base na combinação de extrato de soja e soro de leite**. 2007. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras - UFL, Lavras, 2007.
- CIABOTTI, S. et al. Avaliações químicas e bioquímicas dos grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenase. **Ciênc. Agropec.**, v. 30, p. 920-929, 2006.
- COWARD, L. et al. Chemical modification of isoflavones in soyfoods during cooking and processing. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 68, p. 1486S-1491S, 1998.
- CUI, Z. et al. Breeding specialty soybeans for traditional and new soyfoods. In: LIU, K. (Ed.) **Soybeans as functional foods and ingredients**. Champaign: AOCS, 2004. p. 290-295.
- DA SILVA, J. B. **Características de cultivares de soja convencionais e para consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos humanos e sensores eletrônicos)**. 2009. 187 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2009.
- DA SILVA, J. B.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PRUDENCIO, S.H. Chemical and physical composition of grain-type and food-type soybean for food processing. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, n. 7, p. 777-784, 2009.
- EVANS, D. E.; TSUKAMOTO, C.; NIELSEN, N. C. A small scale method for the production of soymilk and silken tofu. **Crop. Sci.**, v. 37, p. 1463-1471, 1997.
- GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Isoflavones in soy based foods consumed in Brazil: levels, distribution and estimated intake. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, p. 5987-5993, 2002.
- GENOVESE, M. I.; HASSIMOTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M. Isoflavone profile and antioxidant activity of Brazilian soybean varieties. **Food Sci. Technol. Int.**, v. 11, n. 3, p. 205-211, 2005.
- HARON, H. et al. Daidzein and genestein contents in tempeh and selected soy products. **Food Chem.**, v. 115, n. 4, p. 1350-1356, 2009.
- HOU, H. J.; CHANG, K. C.; SHIH, M. C. Yield and textural properties of soft tofu as affected by coagulation method. **J. Food Sci.**, v. 62, n. 4, p. 824-827, 1997.
- JACKSON, C.-J.C. et al. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochem.**, v. 37, p. 1117-1123, 2002.
- KAO, T. H. et al. Stability of isoflavone glucosides during processing of soymilk and tofu. **Food Res. Int.**, v. 37, p. 891-900, 2004.
- LIM, B.T. et al. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: calcium sulfate coagulant. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 4, p. 1088-1092, 1990.
- LIU, Z.S. et al. Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity and tofu's physical properties. **Food Res. Int.**, v. 37, n. 8, p. 815-822, 2004.

- MESSINA, M.; WATANABE, S.; SETCHELL, K.D.R. Report on the 8<sup>th</sup> international symposium on the role of soy in health promotion and chronic disease prevention and treatment. **J. Nutr.**, v. 139, p. 796S-802S, 2009.
- POYSA, V.; WOODROW, L.; YU, K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING UTILIZATION CONFERENCE, 4., 2004, Foz do Iguaçu. **Abstracts...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 68.
- PRABHAKARAN, M. P.; PERERA, C. O.; VALIYAVEETIL, S. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. **Food Chem.**, v. 99, n. 3, p. 492-499, 2006.
- ROSS, A.C. et al. (Ed.) **DRI Dietary reference intakes: calcium, vitamin D.** Washington, DC: The National Academies, 2011. p. 1108-1109. Disponível em: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=13050&page=1103](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13050&page=1103). Acesso em: 20 jul. 2011.
- ROSSET, M. **Distribuição de ácido fólico e minerais durante o processamento de extrato hidrossolúvel de soja e tofu.** 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2007.
- SETCHELL, K. D. R. et al. Evidence for lack of absorption of soy isoflavone glycosides in humans, supporting the crucial role of intestinal metabolism for bioavailability. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 76, n. 2, p. 447-453, 2002.
- SHEN, C.F. et al. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: glucono-delta-lactone. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 1, p. 109-112, 1991.
- SUN, N.; BREENE, W. M. Calcium sulfate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 6, p. 1604-1607, 1991.
- TITCHENAL, C. A.; DOBBS, J. A system to assess the quality of food sources of calcium. Short communication. **J. Food Compos. Anal.**, v. 20, p. 717-724, 2007.
- TSAI, S. J. et al. Studies on the yield and quality characteristics of tofu. **J. Food Sci.**, v. 6, p. 734-740, 1981.
- UNITED STATES. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration. Food labeling: health claims; soy protein and coronary heart disease. Final rule. **Federal Register**, v. 64, n. 206, p. 57700-57733, October 26, 1999: [Rules and Regulations]. Disponível em: [http://www.fda.gov/Food/LabelingNutrition/Label\\_Claims/HealthClaimsMeetingSignificantScientificAgreementSSA/ucm074740.htm](http://www.fda.gov/Food/LabelingNutrition/Label_Claims/HealthClaimsMeetingSignificantScientificAgreementSSA/ucm074740.htm). Acesso em: 12 mar. 2011.
- UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO.** 2. ed. Campinas, 2006. Versão 2., 113p. Disponível em: [http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_versao2.pdf](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf). Acesso em: 06 maio 2011.

Recebido em: 29/08/2011

Aprovado em: 11/12/2012