

EFEITO DA PROPORÇÃO SOJA:ÁGUA E AQUECIMENTO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE PROTÉICA DO LEITE DE SOJA¹

SIN-HUEI WANG², KELLY R. A. BIET³, LUCIENE M. BARROS e NAIR L. SOUZA⁴

RESUMO - Com a finalidade de maximizar rendimento e qualidade protéica do leite de soja, foi otimizado seu preparo, variando-se a proporção de soja:água, bem como o processo de aquecimento durante sua obtenção. Por meio de análises químicas e bioquímicas, verificou-se que o leite de soja extraído com proporção de soja:água de 1:10 e autoclavado (121°C) por 5 minutos após coagem, mostrou maior extração de proteína, nenhuma atividade do inibidor de tripsina, boa digestibilidade da proteína *in vitro* (86,41%), e alto valor de metionina disponível (1,22 g/16 g de N), tendo, portanto, melhor qualidade protéica.

Termos para indexação: tratamento térmico, rendimento, inibidor de tripsina, digestibilidade *in vitro*, metionina disponível.

EFFECT OF SOYBEAN:WATER RATIO AND HEAT TREATMENT ON YIELD AND PROTEIN QUALITY OF SOYMILK

ABSTRACT - The soymilk elaboration process was optimized, with the purpose of obtaining a product with higher protein extraction and better protein quality. Different soybean:water ratios and different processes of heating were utilized for soymilk elaboration. Through both biochemical and chemical analysis, it was verified that soymilk extracted with a 1:10 soybean:water ratio and autoclaved (121°C) during 5 minutes, showed a higher protein extraction, no trypsin-inhibitor activity, a good digestibility of protein *in vitro* (86.41%), and high value of available methionine (1.22 g/16 g N).

Index terms: heating, yield, trypsin inhibitor, digestibility *in vitro*, available methionine.

INTRODUÇÃO

O leite de soja é um extrato aquoso obtido dos grãos de soja. Seu teor de proteína e sua aparência leitosa são semelhantes aos do leite bovino. Contribui para a nutrição infantil, particularmente de crianças com intolerância ao leite bovino, além de substituí-lo onde sua produção é insuficiente.

De acordo com vários autores (Wilkens & Hackler, 1969; DeMan et al., 1975; Bourne et al., 1976; Turatti et al., 1979), a composição e o rendimento do leite de soja dependem da variedade da soja, do tempo e das condições de armazenamento

do grão, do teor inicial de umidade, e dos procedimentos de extração, incluindo a espessura da massa moída, a proporção de soja:água utilizada e a temperatura de extração.

Um dos efeitos benéficos do tratamento térmico da soja é a destruição de substâncias antinutricionais termolábeis, principalmente o inibidor de tripsina. A melhoria da qualidade nutricional dos produtos de soja depende da temperatura, do tempo de tratamento térmico e do teor de umidade (Albrecht et al., 1966; Rackis, 1966; Gupta et al., 1976; Collins & Beaty, 1980).

Del Valle (1981) constatou que, em geral, a qualidade protéica da soja aumenta no período inicial de tratamento térmico, devido à inativação de fatores biologicamente ativos, passando por período de máxima qualidade, depois diminuindo, com a destruição de aminoácidos essenciais como cistina e lisina.

Por outro lado, o tratamento térmico pode também diminuir a solubilidade da proteína da soja.

¹ Aceito para publicação em 21 de maio de 1997.

² Bioq., Dr^a, Prof^a Adjunto, Dep. de Economia Doméstica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP 23851-970 Seropédica, RJ.

³ Nutricionista, M.Sc., Dep. Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA), CEP 37200-000 Lavras, MG.

⁴ Eng^a Agr^a, UFLA.

Segundo Johnson et al. (1981), a insolubilidade das proteínas pelo calor é imprevisível e a desnaturação parcial pode aumentar a solubilidade, sendo apenas a desnaturação extensiva responsável pela insolubilização.

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da proporção de soja:água e do tratamento térmico sobre rendimento e qualidade protéica do leite de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi a soja *Glycyne max* L. Merrill, variedade Santa Rosa, safra de 1992, com 11,47% de umidade. A composição centesimal do grão (% base seca) era: proteína, 40,39%; extrato etéreo, 23,62%; cinza, 3,15%; fibra crua, 5,94% e carboidrato, 26,90%.

Preparo do leite de soja

Os grãos (400 g) foram macerados em água à temperatura ambiente durante 16 horas. A água foi drenada e os grãos pesados. Os grãos macerados foram desintegrados em liquidificador, por três minutos, nas proporções de 1:8, 1:9, 1:10, 1:11 e 1:12 de soja:água. Após a desintegração, cada lote foi dividido em três, e os sublotos obtidos submetidos a tratamentos diferentes. O primeiro constou de coagem antes do tratamento térmico: dois sublotos foram transferidos para um coador de algodão para separação do resíduo. Desses, um foi novamente subdividido e submetido a fervura por 10, 15 e 20 minutos. O outro foi também subdividido e autoclavado (121°C) por 5, 10 e 15 minutos. O procedimento do segundo tratamento foi a coagem após tratamento térmico; o terceiro e último sublote foi subdividido e submetido a fervura durante 5, 10, 15 e 20 minutos; depois separou-se o resíduo em coador de algodão. O leite de soja obtido em cada tratamento foi medido e pesado, e ajustado o volume final (250 mL para cada tempo).

Análise química de leites de soja cru e tratado termicamente

Foram três as análises realizadas: sólidos totais, conforme a Association of Official Agricultural Chemists (1960), procedimento 15.014; proteína bruta e cinza, segundo a American Association of Cereal Chemists (1969); e matéria graxa, de acordo com Bligh & Dyer (1959).

A partir dos valores de proteína e de matéria graxa no leite e no grão e quantidade de leite obtido (em peso), foi calculado o rendimento de extração desses dois componentes, pela fórmula recomendada por Turatti et al. (1979):

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Peso do leite} \times \% (\text{em peso}) \text{ do componente no leite}}{\text{Peso do componente em 100 g de soja}}$$

Análise bioquímica de leites de soja cru e tratado termicamente

A atividade do inibidor de tripsina foi determinada, basicamente, segundo o método original de Kunitz (1947), conforme descrito por Kakade et al. (1969). Levando-se em conta a definição de unidade de tripsina (UT) como sendo o aumento de 0,01 unidade de absorvância a 280 nm nas condições do teste, calcularam-se as unidades de tripsina inibida (UTI) pela diferença entre as unidades de tripsina totais (UT) da atividade máxima e as da amostra contendo o inibidor.

Digestibilidade da proteína *in vitro* foi determinada conforme procedimento descrito por Akeson & Stahmann (1964), substituindo apenas o ácido pícrico por ácido tricloroacético para precipitar a proteína não digerida.

Após a hidrólise enzimática da proteína, determinou-se a metionina disponível total no extrato não precipitável com ácido tricloroacético, segundo o método de McCarthy & Sullivan, adaptado por Pieniazek et al. (1975).

Análise estatística

Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram feitas análises de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram efetuadas segundo os métodos descritos por Pimentel-Gomes (1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização química e bioquímica do leite de soja

Na Tabela 1, verifica-se que o aumento da proporção de soja:água na obtenção do leite de soja resultou em aumento tanto no peso como no volume do leite extraído, embora não tenha sido em quantidade proporcional. O leite de soja extraído com proporção de soja:água de 1:9 apresentou densidade próxima à do leite obtido com proporção de 1:10. De forma semelhante, a proporção de soja:água de 1:11 resultou num leite com densidade semelhante ao do extraído com proporção de 1:12. Esses resultados sugerem que não existe uma correlação proporcional entre a proporção de soja:água, o peso e o volume do leite resultante.

TABELA 1. Rendimento do leite extraído de grãos de soja (100 g, b. u.), usando-se diferentes proporções de soja:água¹.

Proporção de soja:água	Peso do leite (g)	Volume do leite (mL)	Densidade
1:8	768 e	725 e	1,0590 a
1:9	872 d	846 d	1,0313 b
1:10	974 c	945 c	1,0309 b
1:11	1077 b	1058 b	1,0173 c
1:12	1166 a	1150 a	1,0135 c
DMS	12,55	16,70	0,01
CV (%)	0,48	0,66	0,29

¹ As médias seguidas de letra diferente diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos dados mostrados nas Tabelas de 2 a 6, observa-se que a composição química do leite de soja praticamente não é afetada pela fervura nem pela autoclavagem, após coagem do leite, em todas as proporções de soja:água estudadas. O teor de matéria graxa apresentou ligeira diminuição com o aumento do tempo de fervura, após coagem, na proporção de soja:água de 1:8 e 1:10. Da mesma forma comportou o teor de proteína, na autoclavagem, na proporção de soja:água de 1:8. Por outro lado, a fervura antes da coagem do leite diminuiu os teores de proteína, matéria graxa e sólidos totais em quase todas as proporções estudadas. Exceção apenas na proporção de 1:12, na qual houve diminuição somente no teor de proteína com o aumento do tempo de fervura. Esses dados estão de acordo com os encontrados por Kanthamani et al. (1978).

Diferentes proporções de soja:água (1:8 a 1:12) resultaram em diferentes teores de proteína (4,05 a 2,78%), de matéria graxa (2,30 a 1,35%), de cinza (0,37 a 0,23%), de carboidrato (1,61 a 1,24%) e de sólidos totais (8,33 a 5,60%).

Resultados semelhantes foram encontrados por Wu & Bates (1972), os quais constataram que os leites de soja extraídos com proporções de soja:água de 1:8, 1:10 e 1:15 mostraram conteúdos de proteína de 3,6; 3,2 e 2,4% e de sólidos solúveis de 8,2; 6,5 e 5,2%, respectivamente. Para Johnson & Snyder (1978), os leites de soja obtidos com proporções de soja:água de 1:8 e 1:10 apresentaram teores de sólidos

TABELA 2. Teor de proteína (g/100 mL) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																		
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem										
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	4,05aA	4,04aA	4,02aA	4,01aA	0,24	2,30	4,05aA	3,99aB	4,00aAB	4,05aA	0,05	0,53	4,05aA	3,68aB	3,62aBC	3,57aC	3,52aC	0,10	0,99
1:9	3,70bA	3,62bA	3,61bA	3,61bA	0,33	3,51	3,70bA	3,60aA	3,66bA	3,66bA	0,40	4,20	3,70bA	3,33bB	3,31bB	3,29bB	3,22bB	0,24	2,66
1:10	3,44bA	3,35cA	3,37bA	3,36cA	0,25	2,83	3,44bA	3,41abA	3,42bA	3,41bA	0,72	8,09	3,44bA	3,15cB	3,12cB	3,10bB	2,99cB	0,28	3,35
1:11	3,00cA	2,98dA	2,96cA	2,96dA	0,07	0,92	3,00cA	2,93bcA	2,94cA	2,94cA	0,21	2,67	3,00cA	2,91dB	2,84dBC	2,80cC	2,76dC	0,08	1,04
1:12	2,78cA	2,75eA	2,76cA	2,76eA	0,09	1,21	2,78cA	2,71cA	2,72cA	2,72cA	0,13	1,79	2,78cA	2,70eAB	2,62eBC	2,60eC	2,59cC	0,08	1,17
DMS	0,28	0,16	0,28	0,14		0,28	0,58	0,28	0,37		0,37	0,28	0,12	0,07	0,22	0,22	0,13		
CV (%)	3,06	1,84	3,17	1,60		3,06	6,49	3,18	4,06		3,06	1,38	0,87	2,63	1,57				

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Teor de matéria graxa (g/100 mL) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																			
	Fervido após coagem						Autoclavado após coagem													
	Fervido antes da coagem		Fervido após coagem		Autoclavado após coagem		Fervido antes da coagem		Fervido após coagem		Autoclavado após coagem									
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	2,3baA	2,10aAB	2,00aAB	1,90aB	0,32	5,90	2,30aA	2,20aA	2,22aA	2,22aA	2,22aA	0,18	3,03	2,30aA	1,70aB	1,57aBC	1,50aC	1,43aC	0,19	4,27
1:9	1,95bA	1,80abA	1,70bA	1,68abA	0,31	6,74	1,95bA	1,85bA	1,90bA	1,90bA	1,90bA	0,24	4,92	1,95bA	1,60abB	1,53aBC	1,40bCD	1,30abdD	0,19	4,53
1:10	1,79bcA	1,60bcAB	1,52bcB	1,50bcB	0,20	4,73	1,75bcA	1,65bcA	1,70bcA	1,70bcA	1,70bcA	0,28	6,24	1,75bcA	1,48bB	1,45abB	1,40bB	1,37aB	0,16	4,14
1:11	1,55cdA	1,45cdA	1,40cdA	1,37bcA	0,27	7,25	1,55cdA	1,50cdA	1,50cdA	1,50cdA	1,50cdA	0,06	1,85	1,55cdA	1,33cB	1,30bcB	1,25bcB	1,25aBB	0,12	3,38
1:12	1,35dA	1,25dA	1,20dA	1,20cA	0,26	8,00	1,35dA	1,30dA	1,30dA	1,30dA	1,30dA	0,18	5,34	1,35dA	1,20cA	1,20cA	1,17cA	1,17bA	0,19	5,71
DMS	0,21	0,32	0,25	0,34			0,21	0,25	0,21	0,16			0,21	0,14	0,18	0,15	0,15	0,18		
CV (%)	4,35	7,21	6,08	8,21			4,35	5,42	4,54	3,43			4,35	3,54	4,76	4,19	5,19			

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Teor de cinza (g/100 mL) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																			
	Fervido após coagem						Autoclavado após coagem													
	Fervido antes da coagem		Fervido após coagem		Autoclavado após coagem		Fervido antes da coagem		Fervido após coagem		Autoclavado após coagem									
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	0,37aA	0,35aA	0,34aA	0,33aA	0,08	8,51	0,37aA	0,37aA	0,37aA	0,37aA	0,37aA	0,07	6,89	0,37aA	0,36aA	0,37aA	0,37aA	0,36aA	0,10	9,83
1:9	0,34abA	0,30bA	0,30abA	0,30abA	0,08	9,40	0,34abA	0,33abA	0,34abA	0,34abA	0,34abA	0,08	9,32	0,34abA	0,32abA	0,34abA	0,34aA	0,33aA	0,09	10,63
1:10	0,29bcA	0,25cA	0,25bcA	0,26abA	0,06	8,73	0,29bcA	0,29bcA	0,29bcA	0,29bcA	0,29bcA	0,04	5,92	0,29bcA	0,29bcA	0,29bcA	0,29abA	0,28bA	0,05	6,06
1:11	0,26cA	0,24cA	0,24bcA	0,25abA	0,07	11,36	0,26cA	0,26cA	0,27cdA	0,26bcA	0,26bcA	0,06	8,22	0,26cA	0,25cA	0,25bA	0,26bcA	0,25bA	0,04	6,45
1:12	0,23cA	0,22cA	0,22cA	0,22bA	0,03	5,02	0,23cA	0,22dA	0,22dA	0,22dA	0,22dA	0,05	8,54	0,23cA	0,23cA	0,23bA	0,23cA	0,22bA	0,06	9,53
DMS	0,07	0,04	0,06	0,08			0,07	0,05	0,05	0,07			0,07	0,04	0,11	0,04	0,06			
CV (%)	9,43	5,70	8,61	11,39			9,43	6,48	6,59	8,69			9,43	4,84	14,57	5,48	7,66			

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Teor de carboidrato¹ (g/100 mL) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos².

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																		
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem										
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	1,61aA	1,71aA	1,84aA	2,03aA	1,01	21,51	1,61aA	1,64aA	1,61aA	1,63aA	0,72	16,90	1,61aA	2,26aA	2,11aA	1,96aA	1,76aA	0,70	13,42
1:9	1,48aA	1,68aA	1,72aA	1,81abA	0,40	9,08	1,48aA	1,62aA	1,50aA	1,50aA	0,95	23,83	1,48aB	1,95aA	1,80abA	1,84aAB	1,82aAB	0,41	8,51
1:10	1,36aA	1,57aA	1,56aA	1,58abA	0,26	6,59	1,36aA	1,52aA	1,49aA	1,51aA	0,86	22,39	1,36aA	1,35bA	1,07cA	0,95bA	0,97bA	0,49	15,94
1:11	1,39aA	1,53aA	1,60aA	1,49abA	1,03	26,22	1,39aA	1,51aA	1,49aA	1,50aA	0,31	8,11	1,39aA	1,44bA	1,21cA	1,16bA	1,14bA	0,60	17,76
1:12	1,24aA	1,38aA	1,42aA	1,22bA	0,45	13,25	1,24aA	1,37aA	1,46aA	1,41aA	0,31	8,77	1,24aA	1,34bA	1,33bA	1,40abA	1,35abA	0,46	12,81
DMS	0,65	0,55	1,02	0,59			0,65	0,81	0,51	0,80			0,65	0,44	0,49	0,61	0,47		
CV (%)	17,22	12,97	23,35	13,62			17,24	19,80	12,49	19,73			17,22	9,90	12,06	15,69	12,55		

¹ Calculado pela diferença: sólidos totais - proteína - matéria graxa - cinza.

² As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Teor de sólidos totais (g/100 mL) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																		
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem										
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	8,33aA	8,20aA	8,27aA	0,99	4,61	8,33aA	8,20aA	8,20aA	8,27aA	0,80	3,73	8,33aA	8,00aB	7,67aBC	7,40aBC	7,07aC	0,76	3,69	
1:9	7,47bA	7,40bA	7,33bA	0,36	1,85	7,47bA	7,40bA	7,40bA	7,40bA	0,53	2,73	7,47bA	7,20bAB	7,00bBC	6,87aBC	6,67aC	0,38	2,03	
1:10	6,84bcA	6,77cAB	6,70cbB	0,08	0,49	6,84bcB	6,87cAB	6,90cAB	6,92bA	0,07	0,40	6,84bcA	6,27cB	5,93cBC	5,73bC	5,60cC	0,47	2,90	
1:11	6,20cdA	6,20cdA	6,07dA	0,84	5,23	6,20cdA	6,20dA	6,20dA	6,20cA	0,26	1,61	6,20cdA	5,93dAB	5,60cdB	5,47bB	5,40bB	0,56	3,68	
1:12	5,60dA	5,60dA	5,40eA	0,41	2,85	5,60dA	5,60eA	5,70eA	5,70eA	0,23	1,53	5,60dA	5,47 eA	5,40dA	5,40bA	5,33bA	0,39	2,69	
DMS	0,74	0,38	0,85	0,52			0,74	0,24	0,12	0,51			0,74	0,32	0,40	0,68	0,48		
CV (%)	4,01	2,07	4,67	2,88			4,01	1,52	0,66	2,77			4,01	1,80	2,34	4,08	2,98		

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

dos totais iguais a 8,18 e 6,40%, respectivamente. Com proporção de soja:água de 1:9, Mital & Steinkraus (1975) encontraram 3,31% de proteína e 2,2% de matéria graxa.

Por ser o extrato aquoso da soja, acredita-se que a quantidade de água usada para extração do leite de soja afeta os conteúdos de proteína e de matéria graxa de maneira inversa, isto é, quanto maior a quantidade de água usada, menores serão os teores de proteína e de matéria graxa, conseqüentemente, menor será o teor de sólidos totais.

Verifica-se na Tabela 7 que as percentagens de proteína e de matéria graxa dos grãos de soja, recuperadas nos leites resultantes, diminuíram com o aumento do tempo de fervura antes da coagem do leite, com diminuição mais acentuada da matéria graxa.

Esse decréscimo pode ser atribuído à desnaturação da proteína ocorrida durante a fervura, diminuindo a solubilidade desta e, conseqüentemente, sua capacidade de emulsificar a matéria graxa.

Observa-se ainda, pelos resultados apresentados na Tabela 7, que as diferentes proporções de soja:água mostraram diferentes percentagens de proteína e de matéria graxa recuperadas nos leites resultantes. No leite cru, o melhor rendimento da extração da proteína foi verificado na proporção de soja:água de 1:10 (90,91%), embora a proporção de soja:água de 1:8 tenha mostrado o melhor rendimento na extração de matéria graxa (79,71%). Por outro lado, no leite de soja fervido antes da coagem, os maiores teores de proteína e de matéria graxa foram recuperados nos leites com maiores proporções de soja:água, ou seja, quanto maior a quantidade de água usada, menor o efeito de fervura sobre as extrações de proteína e de matéria graxa.

Na Tabela 8, está apresentada a atividade residual (%) do inibidor de tripsina nos vários leites de soja. Observa-se que os leites crus extraídos de diferentes proporções de soja:água foram considerados como 100% da atividade do inibidor de tripsina. A inativação total desse inibidor variou conforme o tipo de tratamento térmico e a proporção de soja:água usados.

No leite de soja fervido após coagem, o inibidor de tripsina foi completamente inativado com 15 minutos nas proporções de soja:água de 1:8 e 1:9,

TABELA 7. Rendimento da extração de proteína e matéria graxa de grãos de soja para elaboração do leite, usando-se várias proporções de soja:água, com ou sem fervura por diferentes tempos antes de sua coagem¹.

Proporção soja:água	Leite de soja com ou sem fervura prévia por diferentes tempos (min)													
	Extração de proteína (%)					Extração de matéria graxa (%)								
	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	82,11dA	74,61dB	73,39acBC	72,38dCD	71,36eD	1,97	0,98	79,71aA	58,91cB	54,41cC	51,98dD	49,56dE	2,16	1,36
1:9	87,55cA	78,78cB	78,31cB	77,83cBC	76,18dC	1,81	0,85	78,86abA	64,70abB	62,70bC	56,61cD	52,57cE	0,53	0,31
1:10	90,91aA	83,24bB	82,45bB	81,92bB	79,01cC	1,44	0,64	79,05abA	66,85aB	65,50aC	63,24bD	61,88bE	0,66	0,37
1:11	88,76bcA	86,09aB	84,02 abC	82,84abCD	81,66bD	1,51	0,66	78,39bA	67,26aB	65,74aC	63,22bD	63,22abD	0,40	0,22
1:12	89,79abA	87,21aB	84,62aC	83,98 aCD	83,65aD	0,82	0,36	74,21cA	65,96aB	65,96aB	64,32aC	64,32aC	0,06	0,03
DMS	2,03	1,30	1,62	1,42	1,31			1,05	1,31	0,63	0,46	1,92		
CV (%)	0,86	0,59	0,75	0,66	0,62			0,50	0,20	0,37	0,29	1,23		

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 8. Atividade residual (%) do inibidor de tripsina do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido à fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos												
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem				
	Cru ¹	10	15	20	Cru ¹	5	10	15	Cru ¹	5	10	15	20
1:8	100	21,15	0	0	100	6,78	0	0	100	36,40	4,66	0	0
1:9	100	18,12	0	0	100	0	0	0	100	20,18	0	0	0
1:10	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0
1:11	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0
1:12	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0

¹ Controle.

enquanto que nas proporções de soja:água de 1:10, 1:11 e 1:12, 10 minutos foram suficientes. Já no leite de soja autoclavado após coagem, uma atividade residual de 0% foi verificada com apenas 5 minutos em quase todas as proporções de soja:água estudadas, com exceção da proporção de 1:8, que necessitou de 10 minutos. Por outro lado, no leite de soja fervido antes da coagem, os tempos de 15 e 10 minutos foram necessários para inativar completamente o inibidor de tripsina dos leites extraídos com proporções de soja:água de 1:8 e 1:9, respectivamente. Nas demais proporções de soja:água (1:10 a 1:12), 5 minutos foram suficientes.

Os resultados sugerem que a autoclavagem após a coagem do leite de soja foi o método mais eficiente para inativar o inibidor de tripsina. A fervura realizada antes da coagem foi considerada melhor que a realizada após. A inativação mais lenta do inibidor de tripsina observada nas menores proporções de soja:água (1:8 e 1:9) sugere influência das maiores concentrações do inibidor de tripsina dessas amostras.

Pela Tabela 9, nota-se que os leites de soja crus obtidos de diferentes proporções de soja:água (de 1:8 a 1:12) apresentaram cerca de 72% de digestibilidade da proteína *in vitro*, cujo valor apresentou aumento após tratamento térmico.

A digestibilidade da proteína *in vitro* do leite de soja fervido após coagem atingiu um valor máximo (de 90,99 a 92,15 %) após 15 minutos de fervura nas proporções de soja:água de 1:8 a 1:11, mas não na proporção de 1:12, quando a digestibilidade continuou a aumentar, alcançando 93,17% após 20 minutos de fervura.

Comportamento semelhante de digestibilidade da proteína *in vitro* foi observado no leite de soja autoclavado após coagem, ao apresentar valor máximo (de 94,06 a 98,56%) após 10 minutos de autoclavagem em todas as proporções estudadas. Entre essas, verificou-se que os leites de soja obtidos com maiores proporções de soja:água mostraram maiores digestibilidade da proteína *in vitro*.

Por outro lado, no leite de soja fervido antes da coagem, a digestibilidade da proteína *in vitro* aumentou com o aumento do tempo de fervura, atingindo aproximadamente 98% após 20 minutos nas proporções de soja:água de 1:8 e 1:9. Nas propor-

TABELA 9. Digestibilidade da proteína *in vitro* (%) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja: água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos																		
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem										
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	20	DMS	CV (%)
1:8	72,35aC	82,80aB	90,99aA	84,60bB	4,40	2,03	72,35aD	86,26bC	94,06cA	91,27cB	2,40	1,07	72,35aE	87,86bD	90,19bC	92,89ab	98,82aA	2,19	0,92
1:9	72,13aD	83,20aC	91,96aA	87,89bB	1,45	0,66	72,13aD	86,33bC	94,52cA	91,41cB	0,55	0,25	72,13aD	89,17bC	92,27abBC	94,95aAB	98,53aA	5,28	2,20
1:10	72,29aD	83,56aC	91,98aA	87,29bB	2,85	1,30	72,29aC	86,41bB	94,98bcA	93,65bcA	2,12	0,94	72,29aB	89,78bA	92,67abA	93,15aA	89,26bA	4,16	1,77
1:11	72,31aC	83,99aB	92,15aA	87,62bAB	5,12	2,33	72,31aD	86,49bC	97,17abA	95,25abB	1,54	0,67	72,31aC	90,12bB	93,03abA	94,06aA	89,71bB	1,38	0,58
1:12	72,24aC	85,16aB	92,26aA	93,17aA	3,99	1,78	72,24aC	87,65aB	98,56aA	97,05aA	1,66	0,71	72,24aD	93,09aB	94,61aB	96,92aA	90,21bC	1,83	0,76
DMS	0,76	4,11	5,54	3,52			0,76	0,41	2,56	2,43			0,76	2,47	3,30	5,37	2,96		
CV (%)	0,39	1,83	2,25	1,49			0,39	0,18	0,99	0,97			0,39	1,02	1,33	2,12	1,18		

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ções de 1:10, 1:11 e 1:12, o valor máximo foi verificado com 15 minutos de fervura. Este resultado coincide com o sugerido por Watanabe et al., citado por Wang & Hesseltine (1982), os quais indicaram que o máximo do valor nutritivo (digestibilidade *in vitro* e composição em aminoácido) do leite de soja pode ser conseguido pela fervura do conteúdo de soja desintegrada por 10 a 15 minutos, usando-se a proporção de soja:água de 1:10.

Gupta et al. (1976) e Sikka et al. (1978) acreditam que a melhoria encontrada na digestão enzimática *in vitro* da proteína de soja autoclavada, comparada com a crua, seja devida à destruição do inibidor de tripsina durante a autoclavagem. Embora suposição semelhante possa ser feita para o presente trabalho, não foi verificada uma relação direta entre um aumento na digestibilidade da proteína *in vitro* e uma redução na atividade do inibidor de tripsina dos leites de soja submetidos aos diferentes tratamentos térmicos.

Simon & Melnick (1950), Maga et al. (1973) e Rhee & Rhee (1981) constataram que o tratamento térmico pode melhorar a digestibilidade da proteína de soja *in vitro*, uma vez que o aquecimento possibilita a abertura da estrutura da proteína através da desnaturação, e/ou inibe total ou parcialmente os inibidores de tripsina. Todavia, foi afirmado por Rhee & Rhee (1981) que o tratamento térmico excessivo pode causar um decréscimo na digestibilidade da proteína *in vitro*, pela formação de ligações cruzadas.

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 10, observa-se que a fervura após a coagem do leite de soja reduziu consideravelmente os teores de metionina disponível total em todas as proporções de soja:água estudadas. Quanto maior o tempo de fervura, maior a destruição de metionina disponível total, o que pode ser atribuído à oxidação da metionina pelo ar durante a fervura em um sistema aberto. Os leites obtidos com maiores proporções de soja:água tiveram menores teores de metionina disponível total.

No leite de soja autoclavado após coagem, foi alcançado um teor máximo de metionina disponível total após 10 minutos de autoclavagem nas proporções de soja:água de 1:8 e 1:9, enquanto que nas proporções de 1:10, 1:11 e 1:12, o tempo de 5 mi-

TABELA 10. Metionina disponível total (g/16 g N) do leite de soja, obtido por várias proporções de soja:água e submetido a fervura após coagem, autoclavagem após coagem e fervura antes da coagem por diferentes tempos¹.

Proporção soja:água	Leite de soja submetido a vários tempos (min) de diferentes tratamentos térmicos												DMS	CV (%)					
	Fervido após coagem				Autoclavado após coagem				Fervido antes da coagem										
	Cru	10	15	20	DMS	CV (%)	Cru	5	10	15	DMS	CV (%)			Cru	5	10	15	20
1:8	0,88aA	0,59aB	0,49aBC	0,39aC	0,16	10,51	0,88aB	0,99cAB	1,04bA	0,49aC	0,14	6,47	0,88aA	0,91bA	0,87aA	0,33aB	0,33aB	0,19	10,48
1:9	0,69abA	0,44abB	0,41abB	0,35aB	0,11	8,80	0,69abB	0,99cA	1,08abA	0,49aC	0,10	4,78	0,69abB	0,89bA	0,89aA	0,30aC	0,31aC	0,14	8,78
1:10	0,63bA	0,41bB	0,35bB	0,18bC	0,16	15,62	0,63bB	1,22bA	1,10abA	0,35bC	0,12	5,76	0,63bB	1,00bA	0,82aAB	0,32aC	0,33aC	0,25	14,78
1:11	0,39cA	0,40bA	0,33bA	0,17bB	0,16	18,71	0,39cC	1,42aA	1,15aB	0,27bC	0,20	9,62	0,39cC	1,15aA	0,76aB	0,21aBD	0,21aBD	0,17	11,97
1:12	0,36cA	0,29bA	0,14cB	0,00cC	0,12	23,18	0,36cC	1,46aA	1,17aB	0,29bD	0,06	3,05	0,36cC	1,24aA	0,76aB	0,15bD	0,15bD	0,06	4,20
DMS	0,19	0,17	0,12	0,06			0,19	0,09	0,11	0,13		0,19	0,11	0,25	0,13	0,13	0,14		
CV (%)	12,37	15,25	12,92	10,49			12,37	2,86	3,85	13,00		12,37	4,11	11,22	18,80	20,29			

¹ As médias seguidas de letra diferente, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

nutos foi suficiente. Os leites extraídos com maiores proporções de soja:água tiveram valores maiores no teor de metionina disponível total.

Os resultados encontrados neste trabalho sugerem a possibilidade da presença de metionina não disponível no leite de soja cru, a qual tornou-se disponível após a autoclavagem. A autoclavagem, por ter ocorrido em um sistema fechado, contribuiu para evitar a destruição de metionina por meio da oxidação pelo ar. Entretanto, com o aumento do tempo de autoclavagem, a possibilidade de ocorrência das ligações cruzadas foi aumentada e, em consequência, resultou em perdas de metionina disponível total.

Por outro lado, no leite de soja fervido antes da coagem foi verificado um máximo de metionina disponível total após 5 minutos em todas as proporções de soja:água, com os leites resultantes das maiores proporções apresentando maiores teores de metionina disponível total. Acredita-se que a fervura do leite com resíduos insolúveis reduza a possibilidade de oxidação de metionina pelo ar em curto tempo (até 5 minutos).

Com base nos resultados apresentados em relação ao rendimento da extração da proteína e à caracterização bioquímica dos leites de soja preparados, considera-se que o leite extraído com proporção de soja:água de 1:10 e autoclavado (121°C) por 5 minutos, tenha maior rendimento de extração de proteína e melhor qualidade protéica.

CONCLUSÃO

O leite de soja elaborado com proporção de soja:água de 1:10 e autoclavado (121°C) por 5 minutos após coagem apresenta maior extração de proteína, nenhuma atividade do inibidor de tripsina, boa digestibilidade da proteína *in vitro* e alto valor de metionina disponível.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Auxílio de Pesquisa concedido (1992-1994).

REFERÊNCIAS

- AKESON, W.R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *The Journal of Nutrition*, Bethesda, v.83, n.3, p.257-261, July 1964.
- ALBRECHT, W.J.; MUSTAKAS, G.C.; MCGHEE, J.E. Rate studies on atmospheric steaming and immersion cooking of soybeans. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.43, n.4, p.400-407, July 1966.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. 7.ed. Saint Paul, 1969. v.1 and v.2.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 9.ed. Washington, 1960. p.188.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, Aug. 1959.
- BOURNE, M.C.; CLEMENTE, M.G.; BANZON, J. Survey of suitability of thirty cultivars of soybeans for soymilk manufacture. *Journal of Food Science*, Chicago, v.41, n.5, p.1204-1208, Sept./Oct. 1976.
- COLLINS, J.L.; BEATY, B.F. Heat inactivation of trypsin inhibitor in fresh green soybean and physiological responses of rats fed the beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.3, p.542-546, May/June 1980.
- DEL VALLE, F.R. Nutritional qualities of soya protein as affected by processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.58, n.3, p.419-429, Mar. 1981.
- DeMAN, J.M.; STANLEY, D.M.; RASPER, V. Composition of Ontario soybeans and soymilk. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, Ottawa, v.8, n.1, p.1-8, Jan. 1975.
- GUPTA, A.K.; WAHIE, N.; DEODHAR, A.D. Protein quality and digestibility *in vitro* of vegetable and grain type soybeans. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, Coimbatore, v.13, n.8, p.244-251, Aug. 1976.
- JOHNSON, K.W.; SNYDER, H.E. Soymilk; a comparison of processing methods on yields and composition. *Journal of Food Science*, Chicago, v.43, n.2, p.349-353, Mar./Apr. 1978.
- JOHNSON, L.A.; DEYOE, C.W.; HOOVER, W.J. Yield and quality of soymilk processed by steam-infusion cooking. *Journal of Food Science*, Chicago, v.46, n.1, p.239-243, 248, Jan./Feb. 1981.
- KAKADE, M.L.; SIMONS, N.R.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.46, n.5, p.518-526, Sept. 1969.
- KANTHAMANI, S.; NELSON, A.I.; STEINBERG, M.P. Home preparation of soymilk; a new concept. In: NELSON, A.I.; STEINBERG, M.P.; WEI, L.S. *Whole soybean foods for home and village use*. Urbana: International Agricultural Publications, 1978. p.5-11, (INTSOY Series, 14).
- MAGA, J.A.; LORENZ, K.; ONAYEMI, O. Digestive acceptability of proteins as measured by the initial rate of *in vitro* proteolysis. *Journal of Food Science*, Chicago, v.38, n.1, p.173-174, Jan. 1973.
- MITAL, B.K.; STEINKRAUS, K.H. Utilization of oligosaccharides by lactic acid bacteria during fermentation of soy milk. *Journal of Food Science*, Chicago, v.40, n.1, p.114-118, Jan./Feb. 1975.
- PIENIAZEK, D.; GRABAREK, Z.; RAKOWSKA, M. Quantitative determination of the content of available methionine and cysteine in food proteins. *Nutrition and Metabolism*, Basel, v.18, n.1, p.16-22, Jan. 1975.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 10.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 430p.
- RACKIS, J.J. Soybean trypsin inhibitor; their inactivation during meal processing. *Food Technology*, Chicago, v.20, n.11, p.1482-1484, Nov. 1966.
- RHEE, K.S.; RHEE, K.C. Nutritional evaluation of the protein in oilseed products heated with sugars. *Journal of Food Science*, Chicago, v.46, n.1, p.164-168, Jan./Feb. 1981.
- SIKKA, K.C.; GUPTA, A.K.; SINGH, R.; GUPTA, D.P. Comparative nutritive value, amino acid content, chemical composition, and digestibility *in vitro* of vegetable - and graintype soybean. *Journal of*

- Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.26, n.2, p.312-316, Mar./Apr. 1978.
- SIMON, M.; MELNICK, D. The *in vitro* digestibility of raw and heat-processed soy products varying in the nutritive value of the protein. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.27, n.2, p.114-126, Mar. 1950.
- TURATTI, J.M.; SALLES, A.M.; SANTOS, L.C. dos; MORI, E.E.M.; FIGUEIREDO, I.B. Estudos preliminares com cultivares de soja para produção de leite. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.16, n.3, p.289-305. jul./set. 1979.
- WANG, L.H.; HESSELTINE, C.W. Coagulation conditions in tofu processing. *Process Biochemistry*, Illinois, v.17, n.1, p.7-8, 11-12, Jan./Feb. 1982.
- WILKENS, W.F.; HACKLER, L.R. Effect of processing conditions on the composition of soy milk. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.46, n.4, p.391-397, July 1969.
- WU, L.C.; BATES, R.P. Soy protein-lipid films. 2. Optimization of film formation. *Journal of Food Science*, Chicago, v.37, p.40-44, 1972.