



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Stenzel, Maura; Girata, Ana Kelly; Curvelo Pereira, Nehemias; Zanin, Gisella Maria; Curty Motta Lima,  
Oswaldo

Influência do tamanho das partículas na solubilização enzimática da proteína do farelo de soja

Acta Scientiarum. Technology, vol. 31, núm. 2, 2009, pp. 195-200

Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226524010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Influência do tamanho das partículas na solubilização enzimática da proteína do farelo de soja

**Maura Stenzel<sup>1\*</sup>, Ana Kelly Girata<sup>2</sup>, Nehemias Curvelo Pereira<sup>2</sup>, Gisella Maria Zanin<sup>2</sup> e Oswaldo Curty Motta Lima<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, 85814-110, Cascavel, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência.  
E-mail: maurastenzel@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do tamanho das partículas na quantidade de proteína solubilizada a partir do farelo de soja. O farelo foi peneirado e cada fração foi submetida à hidrólise enzimática com as proteases Alcalase e Flavourzyme. As hidrólises foram realizadas a 60°C, agitação de 100 rpm, concentração de Alcalase 0,5% (proteína/proteína) por 3h e concentração de Flavourzyme 1% (proteína/proteína) por 5h. A quantidade de proteína solubilizada foi determinada pelo método de Lowry. A análise granulométrica do farelo mostrou que quase metade da amostra corresponde a partículas maiores que 1,68 mm. O modelo que resultou em melhor ajuste dos dados foi o GGS, e o diâmetro médio de Sauter da amostra foi 1,150 mm. Com relação à hidrólise enzimática, para as duas enzimas foi verificada uma tendência de aumento na quantidade solubilizada para as frações mais finas e maior efetividade da Alcalase na solubilização proteica.

**Palavras-chave:** farelo de soja, classificação granulométrica, proteína de soja, solubilização enzimática.

**ABSTRACT.** The influence of particle size in the enzymatic extraction of soybean meal protein. The objective of this work was to verify the influence of particle size in the results of enzymatic extraction of soybean meal protein. The meal was classified in homogeneous fractions, and each was subjected to enzymatic hydrolysis with Alcalase and Flavourzyme proteases. The hydrolyses were conducted at 60°C, with agitation of 100 rpm, 0,5% concentration of Alcalase (protein/protein) for three hours, and 1% concentration of Flavourzyme (protein/protein) for five hours. The results were analyzed based on the amount of solubilized protein, determined through the Lowry method. The granulometric analysis of the meal showed that almost half of the sample is composed of particles larger than 1.68 mm. The model that resulted in the best adjustment of experimental data was GGS, and the Sauter mean diameter of the sample was 1.150 mm. Regarding enzymatic hydrolysis, a trend of increase in the amount of solubilized protein was verified for both enzymes for the finer fractions and greater effectiveness of Alcalase in the protein extraction.

**Key words:** soybean meal, granulometric analysis, soybean protein, soybean enzyme extraction.

## Introdução

Para Surowka et al. (2004), o uso tecnológico de proteínas vegetais depende de sua composição química e das propriedades dos constituintes individuais. Nesse sentido, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), particularmente, é uma valiosa fonte de proteínas, uma vez que sua fração proteica tem alto valor biológico, enquanto seu custo é relativamente baixo. De acordo com esses autores, a proteólise limitada de preparações de proteína de soja oferece a possibilidade de se obter hidrolisados com propriedades funcionais melhoradas. Assim, seja pelos benefícios proporcionados à saúde, seja por sua habilidade em solucionar desafios na formulação de

alimentos, a proteína de soja pode ser encontrada em alimentos que vão de sorvetes a hambúrgueres (MORAES; DA SILVA, 1996; BERK, 1992).

A produção mundial de soja cresce a cada ano, e a estimativa para a safra mundial (2007/08) é atingir 220 milhões de toneladas. De acordo com a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), o Brasil ocupa o primeiro lugar na exportação do grão e o segundo na produção, com estimativa de produção para a safra atual de mais de 58 milhões de toneladas.

A produção de farelo de soja é realizada pela limpeza, aquecimento, quebra do grão, remoção da casca por aspiração, laminação e remoção do óleo, geralmente por hexano. Pode servir de matéria-

prima para muitos outros produtos comerciais, com exceção da farinha integral, que é obtida sem a remoção do óleo. De acordo com Karr-Lilenthal et al. (2004), o farelo de soja corresponde quase a 62% do material proteico usado na produção de rações animais. Como resultado de diferenças nas condições ambientais, variedades genéticas e condições de processamento (umidade, tempo e temperatura de secagem, tostagem), a composição química do farelo pode diferir, afetando seu valor nutricional. Além disso, o processamento incompleto do farelo, causado por aquecimento insuficiente, pode resultar num produto de qualidade inferior, com altas concentrações de fatores antinutricionais que afetam sua digestibilidade.

Embora a maior parte do farelo de soja ainda seja destinada a rações animais, muitos processos têm sido desenvolvidos com o objetivo de obter produtos mais refinados, destinados diretamente ao consumo humano ou à produção de ingredientes proteicos (aditivos alimentares). Para o consumo humano, o farelo de soja é moído e peneirado, dando origem à farinha de soja desengordurada, com teor de proteína ao redor de 47% e baixas percentagens de gordura e fibras. Possui propriedades funcionais, que a tornam um ingrediente alimentar bastante versátil e de baixo custo. Além disso, alguns derivados da farinha desengordurada de soja, como concentrados e isolados de proteína, podem servir como enriquecedores de alimentos.

A extração da proteína, a partir do farelo de soja, leva a produtos de maior valor agregado, valorizados por sua qualidade nutricional e propriedades funcionais. O desenvolvimento de um processo enzimático de extração é uma alternativa aos processos tradicionais, já que estes podem levar a produtos com impurezas e são capazes de afetar a retenção de componentes bioativos e medicinais naturais que auxiliam no tratamento de doenças. A literatura da área de extração enzimática de proteínas, trabalhos como os de Hrkovà et al. (2001), Marsman et al. (1997), Fischer et al. (2001), Rosenthal et al. (2001) e Lee et al. (2001) entre outros, indica que a adição de proteases melhora a extração proteica dos farelos tratados termicamente e, ainda, podem resultar em produtos com melhores propriedades funcionais.

Supõe-se que quanto menor o tamanho das partículas, mais fácil seja a atuação das enzimas e melhor o resultado da extração. Dessa forma, classificando-se o farelo em diversas frações de tamanhos definidos por meio de um peneiramento, os resultados das extrações das frações mais finas

deveriam ser superiores. Uma operação de peneiramento pode ser definida como o processo de separação de um material granular não-coeso em duas ou mais diferentes classes de tamanho de partículas, mediante uma ou mais superfícies vazadas com aberturas de dimensões definidas. É um processo do tipo ‘passa/não passa’ e as barreiras são constituídas pelos fios da malha de uma peneira (LUZ; CARVALHO, 2005).

De acordo com Luz e Carvalho (2005), os objetivos usuais do peneiramento seriam bitolar adequadamente o material para aumento da eficiência das operações a jusante ou para adequar um produto a especificações. A quantificação da partição do fluxo de alimentação é fortemente dependente da distribuição de probabilidade de passagem de cada classe granulométrica pelas aberturas das telas, que é influenciada pelas condições de operação e pela relação entre o tamanho de partícula e o tamanho de abertura efetiva da peneira.

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a hidrólise enzimática de frações de diferentes tamanhos de farelo de soja, desengordurado e tostado, para analisar a influência do tamanho das partículas sobre o resultado da solubilização da proteína. A classificação do farelo por tamanhos foi realizada por uma operação de peneiramento e, com os resultados desta operação, verificou-se qual o modelo de distribuição que melhor representava a amostra. Calculou-se também o diâmetro médio de Sauter da amostra.

## Material e métodos

O farelo de soja desengordurado, tostado, utilizado nos experimentos, foi fornecido pela indústria de extração de óleos da Cocamar de Maringá, possuindo em torno de 47% de proteína. Após a extração do óleo, o farelo foi submetido à dessolvantização com vapor e, neste ponto do processo, foram retiradas amostras para a extração enzimática. Para o armazenamento, o farelo foi submetido à secagem por 4h, a 50°C, e, em seguida, grosseiramente moído, para quebrar os agregados de farelo que ainda poderiam estar presentes.

## Classificação granulométrica do farelo

A classificação granulométrica do farelo de soja foi realizada por meio de uma operação de peneiramento, que separou o sólido granular em frações uniformes. As peneiras utilizadas foram 10, 12, 16 e 28 mesh da série Tyler. Com estas peneiras, o farelo foi separado em frações com tamanho de partículas maiores que 1,68 mm, entre 1,68 e

1,40 mm, entre 1,40 e 1,00 mm, entre 1,00 e 0,59 mm e menores que 0,59 mm.

Os resultados da análise granulométrica foram ajustados a modelos de distribuições de tamanho de partículas para verificar qual descreveria satisfatoriamente a amostra em questão. Foram testados os modelos em dois parâmetros de Gates-Gaudin-Schumann (GGS), Rosin-Rammler-Bennet (RRB) e Log-Normal (LN), apresentados na Tabela 1, que descrevem satisfatoriamente a maioria dos casos de interesse tecnológico. Uma vez conhecido o modelo de distribuição granulométrica que melhor representa a amostra, o diâmetro médio de Sauter da mesma pode ser calculado a partir das expressões apresentadas na Tabela 2 (FRARE et al., 2000).

**Tabela 1.** Modelos de distribuição granulométrica.

Modelo	Equação
Gates-Gaudin-Schumann	$X = \left(\frac{D}{k}\right)^m$ (01)
Rosin-Rammler-Bennet	$X = 1 - e^{-\left(\frac{D}{D^1}\right)^n}$ (02)
Log-Normal	$X = (1 + \operatorname{erf}(z))/2$ $z = \ln(D/D_{50})/\sqrt{2 \cdot \ln \sigma}$ (03) $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$

Fonte: Frare et al. (2000).

**Tabela 2.** Diâmetro médio de Sauter para cada modelo de distribuição de tamanhos.

Modelo	$D_s$
GGS	$(m-1) \cdot k / m$ , $m > 1$ (04)
RRB	$D^1 / I \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$ , $n > 1$ (05)
LN	$D_{50} \cdot \exp \left( -\frac{1}{2} \cdot \ln^2 \sigma \right)$ (06)

Nas Tabelas 1 e 2, tem-se:

D – diâmetro de partícula;

X – fração cumulativa com diâmetro menor que D;

k – parâmetro do modelo GGS;

m – parâmetro do modelo GGS;

n – parâmetro do modelo RRB;

$D^1$  – parâmetro do modelo RRB;

$D_{50}$  – diâmetro médio geométrico;

$\sigma$  – desvio-padrão geométrico.

### Solubilização enzimática do farelo de soja

Cada fração do farelo foi submetida à hidrólise com duas enzimas comerciais - Alcalase e Flavourzyme, fornecidas pela Novozymes – em experimentos realizados em triplicata. As condições em que foram realizadas as extrações foram anteriormente determinadas experimentalmente.

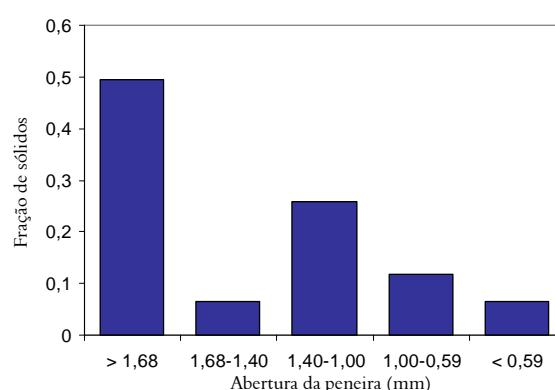
A enzima Alcalase foi adicionada à suspensão de farelo de soja e água destilada (10 g 100 mL<sup>-1</sup>) na concentração de 1% (massa de proteína da enzima/massa de proteína do substrato). A reação foi realizada a 60°C e 100 rpm, sendo encerrada após 3h pela imersão da suspensão em banho de gelo por 10 min. A análise do resultado foi feita a partir da concentração da proteína solubilizada (extraída do farelo) pelo método de Lowry et al. (1951).

A reação com a enzima Flavourzyme foi realizada de forma semelhante, diferindo apenas na concentração da enzima e no tempo de reação, 0,5% (massa de proteína da enzima/massa de proteína do substrato) e 5h, respectivamente.

### Resultados e discussão

#### Análise granulométrica do farelo

Com os resultados obtidos após a operação de peneiramento do farelo, foram construídos o histograma de frequência e a curva de distribuição de tamanhos (abertura da peneira em função da fração acumulada), apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Pode-se observar que aproximadamente a metade da amostra corresponde a partículas com tamanho maior que 1,68 mm. Isto ocorre porque no processamento dos grãos de soja uma operação de laminação precede a extração do óleo, garantindo apenas que as partículas tenham pequena espessura para facilitar a extração. Assim, por mais fina que a partícula seja, ela pode apresentar alguma das outras dimensões maior do que a abertura da peneira e não passar para a peneira subsequente.

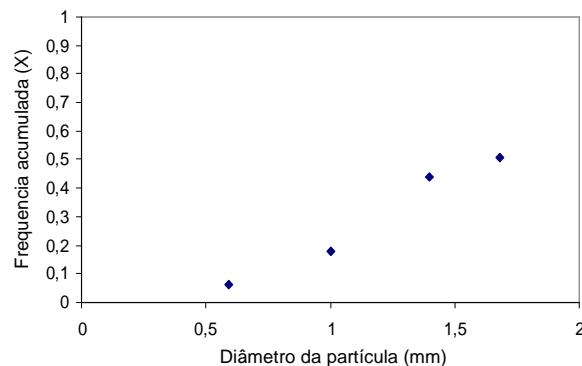


**Figura 1.** Histograma de frequência.

Foram testados três modelos para o ajuste dos dados experimentais: Gates-Gaudin-Schumann (GGS), Rosin-Rammler-Bennet (RRB) e Log-Normal (LN). Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Embora os três modelos tenham ajustado

satisfatoriamente os dados, o modelo que apresentou maior coeficiente de correlação, portanto, melhor ajuste, foi o GGS (Figura 3). Os parâmetros deste modelo,  $m$  e  $k$ , calculados a partir da equação obtida para a reta que o representa ( $y = 2,0607x - 1,6572$  ou,  $\ln X = 2,0607\ln D - 1,6572$ ) e a Equação 1, foram determinados como 2,0604 e 2,2349, respectivamente.

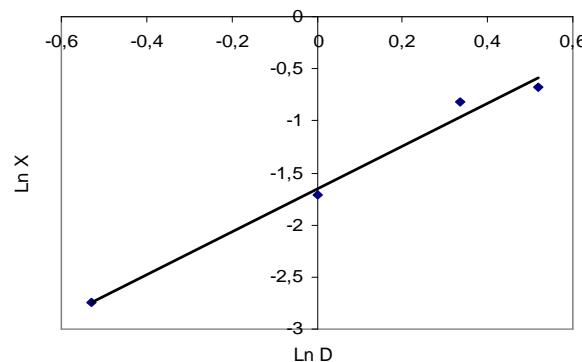


**Figura 2.** Curva de distribuição de tamanhos.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação obtidos para cada modelo.

Modelo	R <sup>2</sup>
GGS	0,9884
RRB	0,9875
Log-Normal	0,9841

Por meio desses parâmetros, foi possível calcular o diâmetro médio de Sauter da amostra (modelo GGS, Equação 4), cujo resultado foi de 1,15 mm. Este valor é coerente com o que foi observado no histograma de frequência e na curva de distribuição de tamanho (Figuras 1 e 2), onde se verificou que mais de 70% das partículas têm diâmetro maior que 1,00 mm.



**Figura 3.** Ajuste dos dados para o modelo GGS.

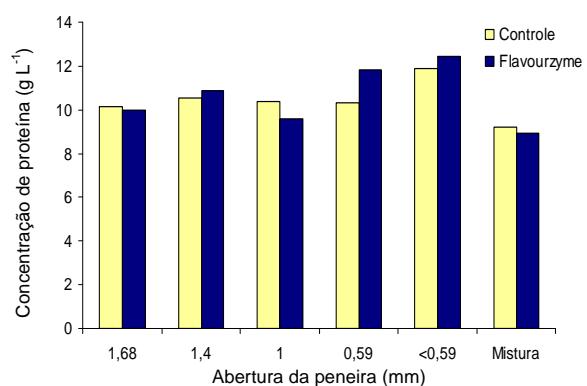
#### Solubilização enzimática das frações de farelo de soja

O método proposto por Stenzel et al. indicou ser viável a solubilização enzimática da proteína a partir do farelo de soja, desengordurado, tostado, não-classificado. Para o caso do farelo não-classificado, a

enzima Alcalase solubilizou, nas condições testadas, em torno de 50% da proteína inicialmente presente no farelo. Outros autores (ROSENTHAL et al., 2001; LEE et al., 2001; MARSMAN et al., 1997), mesmo trabalhando em condições e com substratos diferentes, obtiveram resultados semelhantes. Para a enzima Flavourzyme, a quantidade de proteína solubilizada foi menor, ficando em torno de 25% da proteína presente no farelo.

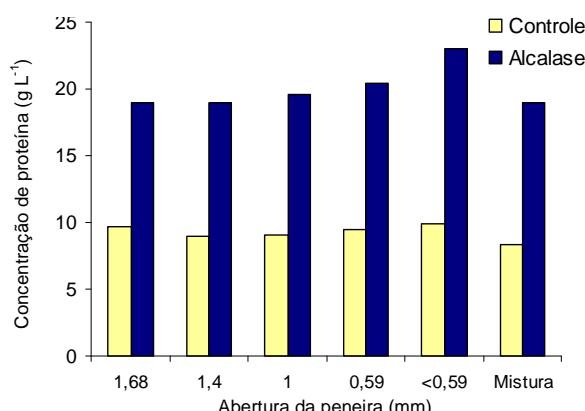
Neste trabalho, cada fração de farelo classificado e também do farelo não-classificado foi submetida à hidrólise enzimática com as enzimas Alcalase e Flavourzyme. Na Figura 4, é apresentado o resultado da solubilização de proteína do farelo de soja com a enzima Flavourzyme. Nas condições testadas, para os dois menores tamanhos de partícula, pode-se observar que houve aumento razoável na quantidade de proteína solubilizada pela enzima.

Para a fração de diâmetro de partículas menor que 0,59 mm, observaram-se valores de proteína solubilizada em torno de 12 g L<sup>-1</sup>, tanto para o controle quanto para a incubação com a enzima. Já para o farelo sem classificação e para as frações entre 1,58 e 1,00, a quantidade solubilizada ficou entre 9 e 10 g L<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Efeito do tamanho da partícula na solubilização de proteína com a enzima Flavourzyme.

Comportamento semelhante pode ser observado para as frações de farelo hidrolisadas com a enzima Alcalase, como pode ser visualizado na Figura 5. Para a fração de diâmetro de partículas menor que 0,59 mm, observaram-se valores de proteína solubilizada em torno de 10 g L<sup>-1</sup> para o controle e de 23 g L<sup>-1</sup> para a incubação com a enzima. Para o farelo sem classificação e para as outras frações, estes valores ficaram em torno de 9 e 19 g L<sup>-1</sup> para o controle e incubação com Alcalase, respectivamente.



**Figura 5.** Efeito do tamanho da partícula na solubilização de proteína com a enzima Alcalase.

Para as duas enzimas, houve acréscimo de mais de 20% na quantidade de proteína solubilizada para as frações com tamanho de partícula menor que 0,59 mm. Resultado este que confirmou a hipótese de que quanto menor a partícula maior a facilidade de atuação das enzimas e, portanto, maior a quantidade de proteína solubilizada.

Esse aumento poderia ser considerado significativo se estas frações não representassem menos de 10% da amostra de farelo (Figura 1). É importante, também, ressaltar que os finos não são interessantes para o processo de extração por hexano do óleo de soja, pois, durante este processo, tendem a formar agregados que diminuem o rendimento da operação.

Assim, os resultados indicaram que, embora o rendimento da extração tenha sido aumentado para as partículas menores, este aumento poderia não justificar a inclusão de uma operação de moagem severa do farelo antes da extração da proteína. Para justificar a inclusão dessa operação, outros estudos devem ser realizados, avaliando a relação: ganho com o aumento da quantidade de proteína solubilizada /custo da moagem.

## Conclusão

A análise granulométrica do farelo de soja indicou que quase metade da amostra corresponde a partículas com tamanho maior que 1,68 mm. O modelo que resultou em melhor ajuste dos dados experimentais foi o GGS; os parâmetros deste modelo, calculados a partir da equação obtida para a reta que o representa, foram:  $m = 2,0607$  e  $k = 2,2349$ . Com esses dados, calculou-se o diâmetro médio de Sauter para a amostra: 1,150 mm.

Em relação à hidrólise enzimática do farelo classificado, para as duas enzimas, foi verificada tendência de aumento na quantidade de proteína

solubilizada para as frações mais finas, especialmente para as partículas com diâmetro menor que 0,59 mm.

Para a enzima Flavourzyme, observaram-se, para a fração menor que 0,59 mm, valores em torno de 12 g L<sup>-1</sup>, para o controle e para a incubação com a enzima. Para o farelo sem classificação e para as outras frações, a quantidade de proteína solubilizada ficou entre 9 e 10 g L<sup>-1</sup>. No caso da Alcalase, na fração de diâmetro de partículas menor que 0,59 mm, observaram-se valores de proteína solubilizada em torno de 10 g L<sup>-1</sup> para o controle e de 23 g L<sup>-1</sup> para a incubação com a enzima. Para as outras frações, estes valores ficaram em torno de 9 e 19 g L<sup>-1</sup> para o controle e incubação, respectivamente.

## Referências

- BERK, Z. *Technology of production of edible flours and protein products from soybean*. Roma: FAO, 1992.
- FISCHER, M.; KOFOD, L. V.; SCHOLS, H. A.; PIERSMA, S. R.; GRUPPEN, H.; VORAGEN, A. J. G. Enzymatic extractability of soybean meal proteins and carbohydrates: heat and humidity effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, n. 9, p. 4463-4469, 2001.
- FRARE, L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N. C.; MENDES, E. S. Linearização do modelo log-normal para distribuição de tamanho de partículas. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 22, n. 5, p. 1235-1239, 2000.
- HRCKOVÁ, M.; RUSNÁKOVÁ, M.; ZEMANOVIC, J. Enzymatic hydrolysis of defatted soy flour by three different proteases and their effect on the functional properties of resulting protein hydrolysates. *Czech Journal of Food Science*, v. 20, n. 1, p. 7-14, 2001.
- KARR-LILIENTHAL, L. K.; GRIESHOP, C. M.; MERCHEN, N. R.; MAHAN, D. C.; FAHEY JUNIOR, J. C. Chemical composition and protein quality comparisons of soybeans and soybean meals from five leading soybean-producing countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 20, p. 6193-6199, 2004.
- LEE, J. Y.; LEE, H. D.; LEE, C. H. Characterization of hydrolysates produced by mild-acid treatment and enzymatic hydrolysis of defatted soybean flour. *Food Research International*, v. 34, n. 2-3, p. 217-222, 2001.
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; LEWIS FARR, A.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 193, p. 265-273, 1951.
- LUZ, J. A. M.; CARVALHO, S. C. Modelamento matemático de peneiramento vibratório (Parte I): dimensionamento clássico. *Revista Escola de Minas*, v. 58, n. 1, p. 57-60, 2005.
- MARSMAN, G. J. P.; GRUPPEN, H.; MUL, A. J.; VORAGEN, A. G. J. *In vitro* accessibility of untreated, toasted and extruded soybean meals for proteases and carbohydrases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, n. 10, p. 4088-4095, 1997.

MORAES, A. A. C.; DA SILVA, A. L. **Soja:** suas aplicações. Rio de Janeiro: Medsi, 1996.

ROSENTHAL, A.; PYLE, D. L.; NIRANJAN, K.; GILMOUR, S.; TRINCA, L. Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil and protein from soybean. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 28, n. 6, p. 499-509, 2001.

SUROWKA, K.; ŻMUDZIŃSKI, D.; SURÓWKA, J. Enzymic modification of extruded soy protein

concentrates as a method of obtaining new functional food components. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, n. 12, p. 153-160, 2004.

*Received on January 16, 2008.*

*Accepted on July 22, 2008.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.