

Extração proteica do farelo de soja utilizada na formulação de sucedâneo de leite para alimentação animal

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi a otimização do processo de extração de proteínas do farelo de soja em água no intuito de produzir uma bebida láctea com maior teor de proteínas para alimentação animal. Aplicou-se modelo estatístico multivariado compreendido por fatorial completo 2³, sendo considerada a influência de três variáveis: temperatura, pH e porcentagem de cloreto de sódio contra a variável-resposta extração proteica (%). Observou-se que durante a extração proteica em função do tempo, o Tratamento 5 apresentou maiores teores de carboidratos (90,4 g/L) e fenólicos totais (7,08 g/L), no entanto, o teor de proteínas para este Tratamento não foi o maior. O aumento da extração proteica é maior em função do maior tempo de aquecimento, visto que o Tratamento 8 apresentou o maior teor de proteínas (3,7±0,57%). A partir dos resultados obtidos, a variável pH foi o fator mais determinante na extração de proteínas da soja em solução aquosa. Concluiu-se que no planejamento experimental foi possível obter diferentes valores para a variável resposta extração proteica do farelo de soja em água. No entanto, os parâmetros adotados de pH, temperatura e porcentagem de cloreto de sódio, não foram suficientes para a otimização do processo extrativo, visto que o modelo matemático foi significativo, no entanto não se apresentou como preditivo.

PALAVRAS-CHAVE: Soja. Proteína. Extração. Sucadâneo de leite.

Claudio Lima de Aguiar

clauiar@yahoo.com.br

Universidade Norte do Paraná, Unopar, Londrina, Paraná, Brasil.

Juliana Moraes Freixo

julianamfreixo@hotmail.com

Universidade Norte do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Samira Campos Teixeira dos Santos

samira.teixeira@uol.com.br

Universidade Norte do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Marcos Hiromu Okuda

marcos.okuda@gmail.com

Universidade Norte do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Margarida Masami Yamaguchi

margayama@yahoo.com.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

A criação de animais jovens encarece o sistema de produção de leite, visto que os mesmos não apresentam retorno econômico, até chegarem à primeira parição, ou ainda, é necessário em torno de duas lactações para a recuperação do capital investido (SOUSA et al., 2007). Segundo BAGALDO et al. (2001), a criação de bezerros, em regime de aleitamento natural ou artificial (p. ex. sistema de baldes), é caracterizada pelo alto custo, sendo que até 80% dos gastos é devido ao leite integral. O controle da quantidade de leite fornecido aos bezerros, a substituição do leite por sucedâneo de leite e a utilização de concentrados iniciais têm sido apontados como práticas eficientes na redução de custos com alimentação.

Na fase de aleitamento, o alimento natural do bezerro é o leite integral que por seu valor comercial pode ser substituído pelo colostro excedente ou mastítico, ou ainda, utilizar um sucedâneo comercial do leite, normalmente vendido na forma de pó (EMBRAPA, 2007a). O sucedâneo de leite é uma excelente fonte nutritiva para bezerros antes do desmame. Quando apropriadamente formulado, processado, misturado e destinado à alimentação, sucedâneos de leite podem fornecer um desempenho semelhante daquele oferecido pelo leite integral (QUIGLEY, 2001a). A substituição do leite por sucedâneos, associada à redução da idade ao desaleitamento, permite que o bezerro deixe de ser dependente do leite, disponibilizando uma maior quantidade de leite integral ao consumo humano (EMBRAPA, 2007a; BANYS et al., 2001).

Alguns fatores têm sido considerados importantes para a elaboração de sucedâneos, entre eles: a composição química, fatores antinutricionais, digestibilidade, composição de aminoácidos, propriedades físicas e microbiológicas, além da economicidade e comercialização (ALVES e LIZIEIRE, 2001). O componente mais estudado é a fonte proteica, que pode ser de origem láctea ou vegetal (BAGALDO et al., 2001). Pelo fato da proteína ser normalmente o componente mais caro das formulações de sucedâneos do leite, as proteínas da soja têm sido vistas há muito tempo como uma alternativa potencial para as caras proteínas do leite (QUIGLEY, 2001b).

A soja é um dos poucos vegetais que contém proteína com composição de aminoácidos razoavelmente balanceada e, como substituto da proteína láctea, é a fonte proteica mais usada e estudada (BAGALDO et al., 2001). Várias proteínas como a farinha de soja, farinha de soja modificada, concentrado de proteína de soja e isolado de soja são alguns exemplos de fontes de proteína da soja usadas em sucedâneos do leite (QUIGLEY, 2001b).

As proteínas de soja são amplamente utilizadas na substituição parcial ou total das proteínas do leite empregada na alimentação animal, em particular bovina. Geralmente 30% ou menos da proteína do leite é substituída pela proteína da soja (ENDRES, 2001). Todavia, a qualidade nutricional de uma proteína depende do conteúdo, da digestão, da absorção e utilização de seus aminoácidos. Essa disponibilidade de aminoácidos varia conforme a fonte proteica, o tratamento térmico e a interação com outros componentes da dieta. Dentro desse contexto, é oportuno ressaltar que embora o percentual de proteínas na soja seja alto, essa leguminosa contém componentes considerados antinutricionais e/ou tóxicos, tais como inibidores de proteases, lectinas, antivitaminas, saponinas, taninos, fatores de flatulência, alérgenos, fitatos, que podem reduzir o seu valor nutricional (BRASIL

et al., 2002) e também atuarem como depressores de crescimento (BANYS et al., 2001).

Além disso, diferentemente da maioria das proteínas, cujo valor nutricional é determinado por suas composições de aminoácidos, o potencial nutricional máximo da proteína da soja só é obtido após a aplicação de calor. Somando-se a isso, existem, ainda, outros fatores que prejudicam a qualidade proteica da soja que não são completamente inativados pelo calor (BRASIL et al., 2002).

O tratamento térmico do grão de soja integral, além de inativar os fatores antinutricionais ainda rompem a estrutura terciária das proteínas melhorando sua digestibilidade. Segundo WANG et al. (1997), a melhoria da qualidade nutricional dos produtos de soja depende da temperatura, do tempo de tratamento térmico e do teor de umidade. Segundo JOHNSON et al. (1981), citado por WANG et al. (1997), a insolubilidade das proteínas pelo calor é imprevisível e a desnaturação parcial pode aumentar a solubilidade, sendo apenas a desnaturação extensiva responsável pela insolubilização.

Os principais subprodutos da industrialização da soja utilizados na produção de sucedâneos são o farelo (45% de proteína bruta e 45% de carboidratos), a farinha (65% de proteína bruta e 35% de carboidratos), o concentrado protéico (70% de proteína bruta e 25% de carboidratos) e o isolado protéico (90% de proteína bruta e 5% de carboidratos), sendo o concentrado a forma mais usada. Mais recentemente tem-se estudado a utilização da proteína texturizada de soja. A proteína texturizada de soja é obtida pela extrusão da farinha integral de soja, proporcionando maior digestibilidade e inativação dos princípios alergênicos da mesma. Tem como características químico-físicas 96% de matéria seca, 50% de proteína bruta, 2% de lipídios, 4% de fibra bruta (BANYS et al., 2001).

No presente trabalho, foi aplicado um modelo estatístico multivariado compreendido pelo fatorial completo 23 e análise em superfície de respostas na obtenção dos parâmetros ótimos do processo de extração proteica do farelo de soja em sistemas aquosos.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Para o estudo foram utilizadas diferentes cultivares de soja fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPSo-EMBRAPA, Londrina/PR.) e pelo Instituto Agronômico (IAC, Campinas/SP.). Dentre as diversas variedades disponíveis para estudo nos Centros de Pesquisas, alguns cultivares foram escolhidos para o estudo devido às suas disponibilidades no mercado brasileiro e por algumas características de interesse, tais como teor de proteína e área de adaptação.

EXTRAÇÃO PROTEICA

A capacidade de extração de proteínas do farelo de soja pela água foi avaliada sob aquecimento por 6 horas, utilizando-se 50 g do farelo de soja BRS 213 em 200 mL de água (pH 6,8). Amostras (5 mL) do sobrenadante foram coletadas a cada intervalo de tempo conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Extração proteica do farelo de soja com soro de leite bovino

Extração proteica do farelo de soja com soro de leite bovino		
Tratamentos	Temperatura	Tempo de permanência
T1	25°C	0
T2	25°C	Após 24 h
T3	30°C	Após 1 h
T4	50°C	Após 2 h
T5	80°C	Após 3 h
T6	80°C	Após 4 h
T7	80°C	Após 5 h
T8	80°C	Após 6 h

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O extrato hidrossolúvel de soja (EHS) foi obtido utilizando 10 g do farelo de soja BRS 213 em 40 mL de água destilada. A influência de diversos fatores no rendimento da extração proteica da soja com água destilada foi verificada por meio de planejamento fatorial constituído de 23 experimentos com cinco pontos centrais. Todos os experimentos foram efetuados de maneira randômica e a Tabela 2 apresenta os valores codificados e reais do planejamento fatorial.

Tabela 2 – Matriz com os parâmetros codificados e reais do planejamento experimental completo 2³

Matriz com os parâmetros codificados e reais do planejamento experimental completo						
Ensaio	X1	X2	X3	Temperatura, °C	pH	%NaCl
1	- 1	- 1	- 1	60	4,0	2,0
2	+ 1	- 1	- 1	80	4,0	2,0
3	- 1	+ 1	- 1	60	10,0	2,0
4	+ 1	+ 1	- 1	80	10,0	2,0
5	- 1	- 1	+ 1	60	4,0	6,0
6	+ 1	- 1	+ 1	80	4,0	6,0
7	- 1	+ 1	+ 1	60	10,0	6,0
8	+ 1	+ 1	+ 1	80	10,0	6,0
9	0	0	0	70	7,0	4,0
10	0	0	0	70	7,0	4,0
11	0	0	0	70	7,0	4,0
12	-1,68	0	0	56	7,0	4,0
13	+1,68	0	0	84	7,0	4,0
14	0	-1,68	0	70	2,8	4,0
15	0	+1,68	0	70	11,2	4,0
16	0	0	-1,68	70	7,0	1,2
17	0	0	+1,68	70	7,0	6,8
18	0	0	0	70	7,0	4,0
19	0	0	0	70	7,0	4,0

Códigos: X1, temperatura (°C); X2: pH e X3: concentração de cloreto de sódio (%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A escolha dos fatores e dos níveis foi baseada em estudos preliminares (BRUZA-ALVES, 2006), sendo considerada para este sistema, a influência de três variáveis de controle: temperatura (X1), pH (X2) e porcentagem de cloreto de sódio (X3) em uma variável resposta específica do processo (porcentagem de extração proteica).

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o programa STATISTICA versão 6.0 (STATSOFT, 2001). Modelos foram determinados por regressão linear pelo método de superfície de respostas aplicada aos resultados experimentais obtidos nos planejamentos fatoriais.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As análises de proteínas totais, sólidos totais, umidade, cinzas e acidez titulável são descritos pela AOAC (1980). Os teores de fenólicos totais foram analisadas conforme metodologia descrita por NOZELLA (2001). Carboidratos totais foram determinados pelo método de Fenol-Sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) e a análise de ácidos graxos livres foi feita de acordo com MENDES e CASTRO (2007). Açúcares redutores totais foram determinados pelo método descrito por DUNNING e DALLAS (1949). Todas as análises foram feitas em triplicata considerando a média±desvio padrão.

PREPARO DO SUCEDÂNEO DE LEITE

Cerca de 1 kg de cada cultivar de soja foram utilizados para 4 L de EHS pronto. Os grãos foram submetidos ao cozimento em água por tempo determinado, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2007b). Soro concentrado de leite bovino (carboidratos totais: 36 g/L; proteínas totais: 0,9 g/100g) foi adicionado (proporção 1:2, m/v) ao EHS, seguido de pasteurização em banho-maria termostatizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soja BRS 213 foi escolhida a partir da análise de proteínas totais por Kjeldahl como se pode verificar na Tabela 3. A BRS213 foi recomendada por se tratar de uma cultivar com alto teor de proteínas e sua área de adaptação compreende estados com grande tradição no cultivo da soja, como o Paraná. Segundo a Embrapa (2007a), a cultivar BRS 213, entre as diversas cultivares, é indicada para alimentação humana, não apresenta lipoxigenases responsáveis pelo desenvolvimento de sabor desagradável, permitindo a obtenção de produtos com melhor qualidade e sabor. Apresenta cor amarela no hilo, o que resulta na obtenção de EHS com coloração clara. Apresenta resistência a diversas doenças tais como, cancro da haste, mancha “olho de rã”, podridão parda da haste, nematóide de galha. Sua área de adaptação compreende os estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina.

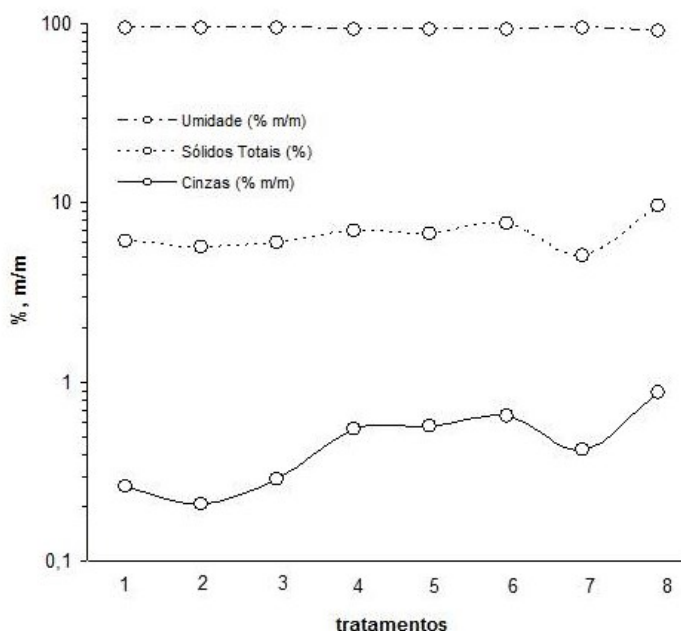
Tabela 3 – Porcentagem de proteína total segundo método de kjeldahl de diferentes cultivares de soja

Porcentagem de proteína total segundo método de kjeldahl de diferentes cultivares de soja					
Cultivares	% Proteínas	Origem	Cultivares	% Proteínas	Origem
BRS 132	33,3	Embrapa	BRS 136	34,9	Embrapa
BRS 133	34,2	Embrapa	BRS 153	34,8	Embrapa
BRS 134	36,8	Embrapa	BRS 154	35,8	Embrapa
BRS 135	35,8	Embrapa	BRS 183	42,4	Embrapa
BRS 156	30,3	Embrapa	BRS 184	37,4	Embrapa
BRS 157	34,5	Embrapa	BRS 213	37,3	Embrapa
BRS 181	33,6	Embrapa	BRS 232	36,2	Embrapa
IAS 5	34,8	Embrapa	BRS 257	39,2	Embrapa
Embrapa 59	31,8	Embrapa	IAC 20	37,5	IAC
IAC 15	33,9	IAC	IAC 22	37,3	IAC
IAC 15-1	33,9	IAC	IAC 8-1	34,7	IAC
IAC 15-2	35,1	IAC	IAC 8-2	34,9	IAC

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Na Figura 1 e na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos das análises de composição centesimal das amostras de EHS submetidas aos tratamentos numa função do tempo em relação à temperatura de aquecimento.

Figura 1 - Perfis dos teores de umidade, sólidos totais e cinzas nos tratamentos térmicos em função do tempo de extração proteica do farelo de soja em água



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Tabela 4 – Teores de carboidratos totais, proteína totais e fenólicos totais da extração proteica em função do tempo e temperatura

Teores de carboidratos totais, proteína totais e fenólicos totais da extração proteica em função do tempo e temperatura			
Tratamentos	Carboidratos totais (g/L)	Proteínas totais (% m/m)	Fenólicos totais (g/L)
T1	57,7±0,01	1,6±0,03	3,37±0,01
T2	74,1±0,01	1,7±0,05	3,47±0,01
T3	86,7±0,01	2,4±0,0	4,52±0,01
T4	86,5±0,01	3,0±0,03	6,95±0,0
T5	90,4±0,01	3,2±0,04	7,08±0,0
T6	81,7±0,02	3,2±0,07	5,09±0,02
T7	79,4±0,02	3,4±0,20	4,86±0,02
T8	88,0±0,02	3,7±0,57	5,31±0,01

Tratamento 1: soja em água a 25°C (tempo zero); Tratamento 2: soja em água a 25°C após 24h (molho); Tratamento 3: soja em água após 1h (30°C); Tratamento 4: soja em água após 2 h (50°C); Tratamento 5: soja em água após 3 h (80°C); Tratamento 6: soja em água a 80°C por 1h; Tratamento 7: soja em água a 80°C após 2h; Tratamento 8: soja em água a 80°C após 3h.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Conforme a Tabela 4 pode-se observar que a quantidade máxima de fenólicos totais foi de 7,08 g/L (Tratamento 5). Nos Tratamentos seguintes houve uma queda em sua concentração. Pelos resultados obtidos pôde-se observar que os valores de fenólicos totais apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$) até o Tratamento 5 e, posteriormente, houve uma ligeira queda nos teores. A natureza química dos principais compostos fenólicos encontrados em soja, ou seja, isoflavonóides apresenta uma característica levemente polar, o que pode explicar sua dissolução em solução aquosa durante o tratamento térmico. Aguiar et al. (2007a; 2007b), têm analisado a distribuição de isoflavonas em soja e o hipocótilo (ou hilo) contém grande concentração destes compostos. No presente trabalho, as amostras de soja foram preparadas pela moagem dos grãos intactos do cultivar BRS 213 de soja, o qual englobava grande quantidade do hipocótilo.

A porcentagem de proteínas extraídas alcançou o valor de 3,2% durante os Tratamentos 5 e 6 e depois voltou a subir, até atingir 3,7% no final da extração, sendo este o valor máximo alcançado. Este aumento nos teores de proteína é devido a sua solubilidade em água.

A soja é a principal e a melhor fonte de proteína de origem vegetal, possuindo duas vezes mais proteínas que a carne bovina. Porém, sua equivalência proteica não é a mesma das proteínas do ovo ou carne, além de ser deficiente em dois aminoácidos essenciais (metionina e treonina) (PAES, 1994; MENDES et al., 2004). Uma das grandes vantagens da proteína de soja é seu custo, o qual pode chegar a ser dezoito vezes mais barata que outras fontes proteicas (PAES, 1994), além de ser abundante no território brasileiro.

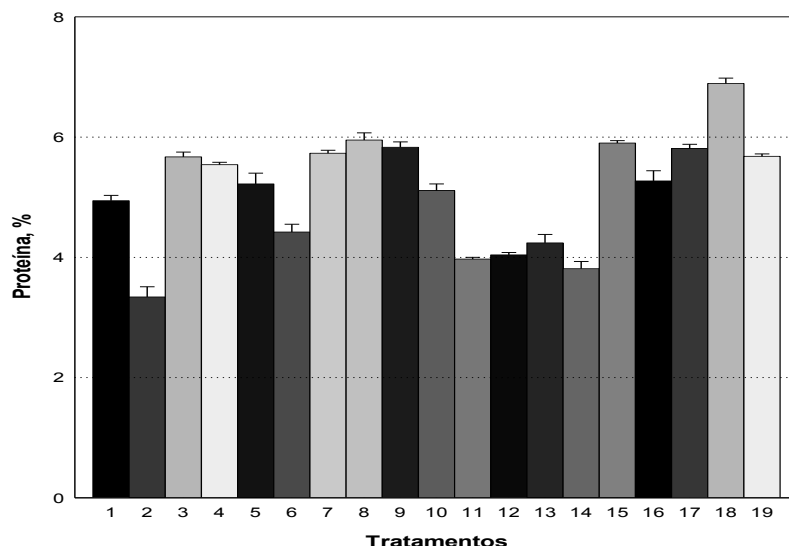
Observou-se que a quantidade de carboidratos totais aumentou ao longo do tratamento térmico para a extração proteica do farelo de soja. O valor máximo obtido foi de 90,4 g/L, no Tratamento 5, conforme também foi observado para a extração de fenólicos totais (Tabela 4). O Tratamento 5 apresenta condições de operação de 80 °C após 3 horas de aquecimento.

Nos grãos de soja são encontradas pequenas quantidades de carboidratos simples, 20% do total de carboidratos, sendo os principais a sacarose, a estaquiose

e a verbascose. A maior quantidade dos carboidratos da soja, 80%, é constituída pela celulose, hemicelulose e, em menor quantidade, pela pectina; ou seja, pelos carboidratos complexos (VOET et al., 2002; PAES, 1994). Como se pôde observar, os carboidratos encontrados na soja, em grande parte, são aqueles solúveis em água, tais como sacarose, estaquiase, verbascose e a pectina. Independente da característica química destas moléculas tem-se em associação o aquecimento do tratamento térmico, o qual promove a dissolução destas macromoléculas no meio líquido. A fração residual precipitada, que se observa no final do tratamento térmico, pode ser devido a formação de carboidratos insolúveis em água, tais como celulose e hemicelulose.

A umidade máxima foi observada durante o Tratamento 7 (94,9%) e a mínima no Tratamento 8 (90,31%). A porcentagem de sólidos totais foi máxima no último tratamento, com 9,69% e durante o Tratamento 7 seu valor foi mínimo, 5,1%.

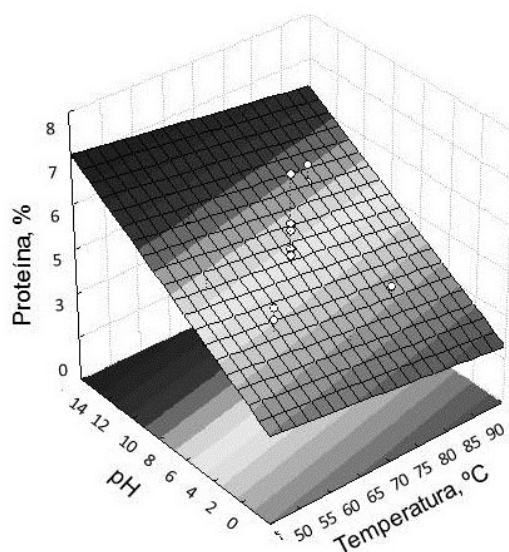
Figura 2 - Porcentagem de extração de proteínas do farelo de soja em sistema aquoso do planejamento fatorial 2³



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A Figura 2 apresenta a porcentagem de proteínas em cada tratamento do planejamento experimental adotado neste trabalho, o qual foi elaborado com base em três variáveis (temperatura, pH e força iônica) contra uma variável resposta (porcentagem de extração proteica do farelo de soja). Observa-se que nos pontos centrais (9, 10, 11, 18 e 19) ocorreu uma variação significativa entre os valores observados, o que pode ser explicado pela maior dificuldade de amostragem do sobrenadante para a análise de proteínas totais extraídas nos tratamentos. De acordo com o tratamento estatístico, a relação temperatura/pH produziu uma solução com maior viscosidade (resultados não apresentados), o que dificultou a separação do sobrenadante do resíduo sólido de farelo de soja. Dado a estes resultados optou-se pela execução de novos delineamentos experimentais, os quais resultaram nos dados mostrados nas Figuras 3, 4 e 5.

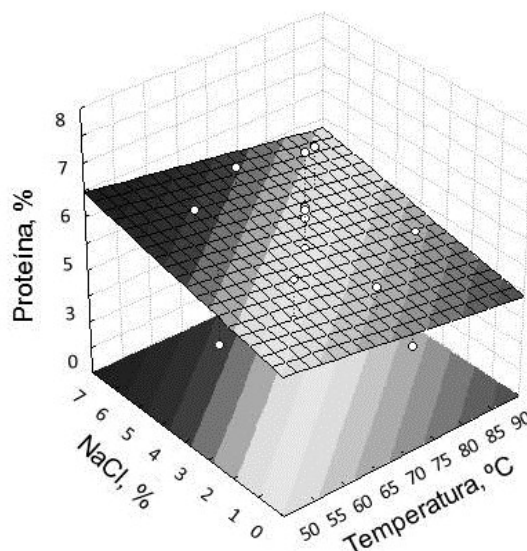
Figura 3 – Superfície de resposta para as variáveis pH versus temperatura da extração proteica do farelo de soja em água



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

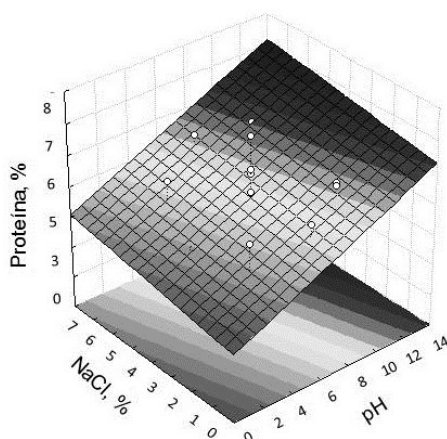
Pelas análises de superfície de respostas, apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5, pôde-se observar que os resultados da extração proteica foram maiores com relação ao aumento do valor de pH, independentemente dos valores de cloreto de sódio (%) ou da temperatura de trabalho.

Figura 4 – Superfície de resposta para as variáveis %NaCl versus temperatura da extração proteica do farelo de soja em água



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Figura 5 - Superfície de resposta para as variáveis pH versus %NaCl da extração proteica do farelo de soja em água

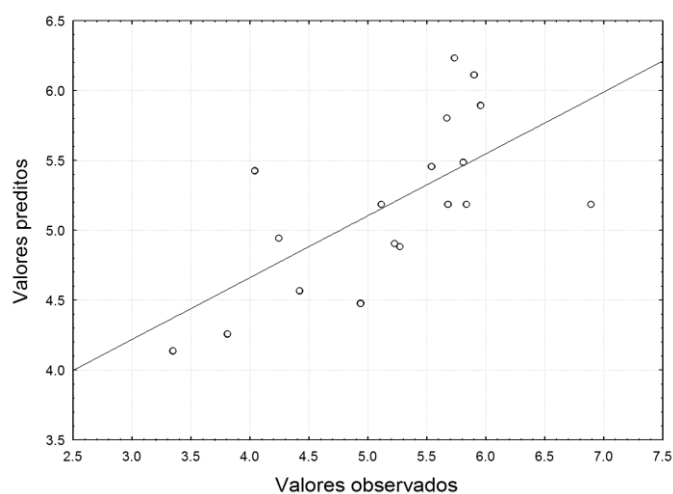


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Em função das proteínas possuírem muitos grupos carregados, sua solubilidade depende da concentração dos sais dissolvidos, da polaridade do solvente, do pH e da temperatura. As baixas estabilidades conformacionais das proteínas nativas tornam muito suscetíveis à desnaturação por alteração do balanço das forças fracas, não de ligações químicas, que mantêm a conformação nativa (VOET et al., 2002). O aquecimento causa uma alteração abrupta de propriedades conformacionais sensíveis, como rotação óptica, viscosidade e absorção de luz ultravioleta. O aquecimento promove também um enfraquecimento das interações químicas que mantêm as estruturas carboidratos-proteínas nas membranas da célula vegetal, promovendo uma liberação destas proteínas no meio aquoso aquecido.

Na Figura 6, os valores observados estão muito dispersos em relação aos valores preditos.

Figura 6 - Diagrama para interpretação de valores preditos e observados do planejamento fatorial 2^3



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Devido a este fato, associado ao valor de F calculado (Tabela 5), observou-se que o planejamento experimental não foi preditivo. Os dados foram significativos e, a Equação descreve o modelo matemático para o planejamento fatorial 23 dentro das condições estabelecidas.

Tabela 5 - ANOVA para regressão da porcentagem de extração de proteína do farelo de soja com água

ANOVA para regressão da porcentagem de extração de proteína do farelo de soja com água				
Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	6,13717	3	2,0457	3,7033
Resíduo	7,73408	14	0,5524	
Falta de ajuste	6,0786	11		
Erro puro	1,65548	3		
Total	13,8713	17		

*Valores significativos ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$); SQ = Soma Quadrática; GL = Graus de Liberdade; MQ = Média Quadrática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O valor de F calculado foi maior que o valor de F tabelado ($=2,3534$), fato pelo qual o planejamento experimental foi significativo ($p < 0,05$). Por outro lado, o valor de F calculado não representa um experimento preditivo. Isto pode também ser observado na Figura 6, onde os dados observados apresentam grande dispersão em relação aos valores preditos.

$$\% \text{ Proteína} = (-0,340604 \times \text{Temperatura } [^{\circ}\text{C}]) + (1,324832 \times \text{pH}) + (0,4333893 \times \% \text{NaCl}) + 5,188333$$

Equação 1

A equação 1 descreve a função para a extração proteica do farelo de soja em água conforme condições estabelecidas no planejamento fatorial (Tabela 5), a qual descreve condições reais da extração, no entanto, pelo valor de F calculado, não se pode considerar que a função seja empregada para valores preditos.

Considerando as condições de processo do Tratamento 5, foi formulado um sucedâneo de leite à base do EHS, assim obtido, e soro de leite bovino. A composição química do sucedâneo elaborado é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição química de sucedâneo de leite elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e soro de leite bovino

Composição química de sucedâneo de leite elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e soro de leite bovino		
Composição	Extrato de soja	Sucedâneo de leite
Carboidratos totais, g/L	76,7 ± 0,6	33,1 ± 2,3
Açúcares redutores totais, g/L	n.d.	2,3 ± 0,02
Proteínas totais, %	2,06 ± 0,05	4,7 ± 0,2
Ácidoz, %	0,144 ± 0,0 ^a	0,216 ± 0,0 ^a
Ácidos graxos livres, mM	15,5 ± 0,0 ^a	23,3 ± 0,0 ^a
Fenólicos totais, g/L	1,35 ± 0,02	1,04 ± 0,07
Umidade, %	94,8 ± 0,0 ^a	93,2 ± 0,0 ^a
Sólidos totais, %	5,2 ± 0,0 ^a	6,8 ± 0,0 ^a
Cinzas, %	0,3 ± 0,0 ^a	0,35 ± 0,0 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Pelos resultados apresentados na Tabela 6, pode-se observar que os teores de sólidos totais aumentaram em cerca de 23,5%, de proteínas totais em 44,7%, e de ácidos graxos livres em 33,5%. Por outro lado, percebeu-se uma redução de aproximadamente 56,8% nos teores de carboidratos totais.

CONCLUSÃO

Pelos valores obtidos no planejamento experimental 2³ foi possível obter diferentes valores para a variável resposta extração proteica do farelo de soja em água. No entanto, os parâmetros adotados de pH, temperatura e porcentagem de cloreto de sódio para o planejamento fatorial, analisados pela superfície de respostas, não foi suficiente para a otimização do processo extrativo como pôde ser verificado pelo perfil dos gráficos de superfície de respostas, as quais não apresentaram pontos de máximo para a função. Além disso, foi possível obter um incremento proteico na formulação de um sucedâneo de leite.

Protein extraction process from soybean flour using to preparation of a milk replacer for feed

ABSTRACT

Considering that the cost of cow feeding is higher, new alternatives to animal nutrition had been studied using foodstuff with high nutritional degree and low cost. The aim objective of this project was the optimization process of protein extractions from soybean flour using whey to prepare a whey-based drink, which will be applied in the Holstein cows from Agriculture Experimental Station of the University of North Parana. Multivariate statistical methods was applied and the variables were temperature (56, 60, 70, 80, 84), pH (2.8; 4.0; 7.0; 10.0; 11.2) and percentage of sodium chloride (1.2; 2.0; 4.0; 6.0, 6.8) against the process specific variable (percentage of protein extraction). It was observed that, during the protein extraction against time, the Treatment #5 (which presents 80°C after 3 hours of heating), the carbohydrate and phenolic contents were maximum, 90.4 g L⁻¹ and 7.08 g L⁻¹, respectively. However, the protein content to this Treatment was not higher. The increasing for the percentage of protein extraction was major according to the heating time, since the Treatment #8 presented the major protein content (3.7±0.57%). The maximum point from the protein extraction function was obtained with the factorial design 2³. By the results, it was noted that pH was the more important factor in the protein extraction in aqueous solution. After the statistical analyses, could be observed that the parameters as pH, temperature, and percentage of sodium chloride, did not sufficient for the optimization of soybean flour extraction process, since the mathematical model was significant, however, the model was not predictive.

KEYWORDS:Soybean. Protein. Milk replacers. Extraction.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Dra. M. C. Carrão-Panizzi, CNPSo/Embrapa, e ao Dr. H.A.A. Mascarenhas, IAC, pelas valiosas doações de cultivares de soja e, à Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (Funadesp) pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa (PP-080/06).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. L.; ALENCAR, S. M.; TSAI, S. M.; PARK, Y. K. Transformações enzimáticas de flavonoides. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 61-76, 2007a. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v25i1.8395>
- AGUIAR, C. L.; BAPTISTA, A. S.; ALENCAR, S. M.; HADDAD, R.; EBERLIN, M. N. Analysis of isoflavonoides from leguminous plant extracts by RPHPLC/DAD and electrospray ionization mass spectrometry. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 58, n. 2, p. 116-124, 2007b. <http://dx.doi.org/10.1080/09637480601149350>
- ALVES, P. A. M.; LIZIEIRE, R. S. Teste de um sucedâneo na produção de vitelos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 817-823, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000300029>
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 30 ed. 1980. 1080 p.
- BAGALDO, A. R.; PIRES, A. V.; MEYER, P. M.; SANTOS, F. A. P.; SIMAS, J. M. C.; SUSIN, I. Efeitos do uso de sucedâneo do leite e milho processado no desempenho de bezerros da raça holandesa até o desmame. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 967-972, 2001.
- BANYS, V. L.; PAIVA, P. C. A.; OLIVEIRA, A. I. G.; MUNIZ, J. A.; LOZANO, D. M. Avaliação de sucedâneos de leite para bezerros, baseados em proteína texturizada de soja, adicionados a três fontes de lactose e dois períodos de adaptação: período de aleitamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 969-979, 2001.
- BRASIL, I. C. F.; CAMPELLO, C. C.; MORAIS, J. K. S.; OLIVEIRA, J. T. A.; VASCONCELOS, I. M. Biochemical and nutritional evaluation of comercial soybean submitted to different heating treatments. In: **XXXI Reunião da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular - SBBq**, 2002, Caxambu (MG). XXXI Reunião da SBBq: Livro de Resumos, 2002. v. 1. p. 60-60.
- BRUZA-ALVES, R. C. **Otimização do processo de extração proteica do farelo de soja na formulação de substituto de leite**. Piracicaba, 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Norte do Paraná.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>

DUNNING, J. L.; DALLAS, D. E. Analytical procedures for control of saccharification process. **Analytical Chemistry**, v. 21, n. 6, p. 727-729, 1949.

<http://dx.doi.org/10.1021/ac60030a025>

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2007a. Alimentação. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/alimentacao/bezerro.html>. Acesso em ago. 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2007b. Usos da soja. Disponível em:

http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=25&cod_pai=29. Acesso em ago. 2007.

ENDRES, J. G. **Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization**. AOCS Press: Champaign, 2001.

<http://dx.doi.org/10.1201/9781439822159>

MENDES, W. S.; SILVA, I. J.; FONTES, D. O.; RODRIGUEZ, N. M.; MARINHO, P. C.; SILVA, F. O.; AROUCA, C. L. C.; SILVA, F. C. O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, p. 207-213, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352004000200011>

NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. Piracicaba, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

PAES, M. C. D. **Princípios básicos de nutrição e uso da soja na alimentação humana**. Embrapa: Londrina, 1994. p. 52.

QUIGLEY, J. **Soy protein in milk replacers**. CalfNotes, n. 23, p. 1-2, 2001a.

QUIGLEY, J. **Glutamina e proteína da soja em sucedâneos do leite**. CalfNotes, n. 70, p. 1-3, 2001b.

SOUSA, C. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; MARTINS, M. I. E. G.; SILVA, T. M. Avaliação técnica e econômica do uso de sucedâneos em sistema de desmama precoce de bezerros de raça leiteira. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 4, p. 7-18, 2007.

STATSOFT, Inc **Statistica (data analysis software system)**, version 6, 2001.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 931.

WANG, S. H.; BIET, K. R. A.; BARROS, L. M.; SOUZA, N. L. Efeito da proporção soja: água e aquecimento sobre rendimento e qualidade proteica do leite de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 10, p. 1059-1069, 1997.

Recebido: 20 set. 2014

Aprovado: 31 jul. 2015

Publicado: 30 jun. 2016

DOI:10.3895/rbta.v10n1.2087

Como citar:

AGUIAR, C. L.; FREIXO, J. M.; SANTOS, S. C. T.; OKUDA, M. H.; YAMAGUCHI, M. M.; Extração protéica do farelo de soja utilizada na formulação de sucedâneo de leite para alimentação animal. **R. bras. Tecnol.**

Agroindustr., Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2079-2095, jan./jun. 2016. Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Claudio Lima de Aguiar

Avenida Pádua Dias, 11, Piracicaba, São Paulo, Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

