

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

Preliminary study of drying process of okara (soybean aqueous extract residue) for non-nutritional factors inactivation and conservation

Autores | Authors

✉ Drauton Danilo de Jesus PINTO

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
Unidade de Ciências Exatas e
Tecnológicas (Unucet)
Curso Química Industrial
Campus Henrique Santillo
BR 153, Km 98
Caixa Postal: 459
Anápolis/GO - Brasil
e-mail: drauton@gmail.com

Patrícia de Souza CASTRO

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
Unidade de Ciências Exatas e
Tecnológicas (Unucet)
Curso Química Industrial
p_s_castro@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo preliminar do processo de secagem do *okara*, para determinar os parâmetros ótimos de tempo e temperatura, de forma a garantir que: os fatores antinutricionais presentes sejam inativados, evitar um tratamento térmico que levasse à diminuição da biodisponibilidade das proteínas do *okara* e obter um produto que possua vida útil satisfatória. Para o estudo das características e otimização dos parâmetros de secagem, obteve-se o *okara* em escala laboratorial, simulando o processo industrial; na amostra obtida realizaram-se análises para a determinação da sua composição centesimal conforme metodologia da AOCS e utilizou-se um delineamento central composto rotacional, que teve como variáveis manipuláveis: temperatura e tempo de secagem e como respostas: o índice de atividade ureática (IAU) pelo método da AOCS e o teor de umidade. Verificou-se que o *okara* seco obtido no experimento apresentou composição próxima à encontrada na literatura e pode ser utilizado como interessante matéria-prima, pois apresenta grande potencial como fonte de proteína, além do baixo custo. Dentre as respostas avaliadas, a atividade ureática não pôde ser correlacionada com os parâmetros de secagem. A falta de ajuste do modelo para o IAU pode ter sido causada por diversos fatores, dentre os principais: a variação do IAU inicial presente na soja crua e o teor de umidade do *okara* úmido. Conforme esperado, o teor de umidade do *okara* seco apresentou correlação com o tempo e temperatura de secagem, sendo os menores valores para o teor de umidade obtidos com secagem a temperaturas superiores a 84 °C e tempos entre 4 h e 15 min e 5 h e 15 min.

Palavras-chave: *Okara; Aproveitamento de resíduo; Secagem; Composição centesimal.*

Summary

This work presents a preliminary study about drying process of *okara*. The main aim was to determine the best time and temperature in order to keep out the non-nutritional characteristics, to avoid a bad thermal treatment and procedure that could decrease the *Okara* protein rate, so as to obtain a precious and useful product. For that reason, *okara* was got in Laboratory in proceeding like it would be in a industrial way. In the samples were done analysis to determine composition conform the AOCS methods. It was used a multivariable methodology, which had the time and temperature as input, and the output ureatic activity index (IAU) as methodology of AOCS and humidity content. It was possible to realize that the *Okara* obtained presented a similar composition as in the guidebook. And, since it was a rich protein source, it could be used as good material, besides the low cost. Among all the results analyzed, the ureatic activity index can't be related to the drying process parameters. Accuracy missing of this model could be caused by many different reasons as: the initial IAU variation presented in the row soybean and the humidity present in the *okara* samples. The humidity content in the dry *okara* was influenced by the time and temperature in the drying process. The excellent condition was 84 °C and between 4.25 and 5,25 h.

Key words: *Okara; Utilization of residue; Drying process; Centesimal Composition.*

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

1 Introdução

A soja, por suas características de qualidade nutricional, se destaca no cenário mundial como uma leguminosa de importância sócio-econômica, sendo o Brasil o segundo maior produtor de grãos de soja, atrás apenas dos Estados Unidos. A grande versatilidade desta oleaginosa como matéria-prima no processamento de alimentos para consumo humano e animal se deve à sua composição.

De acordo com Puppo e Anõn (1999, *apud* Souza, 2006), a soja é um alimento rico em proteínas, fibras, óleo, importante fonte de minerais (sódio, potássio fósforo, ferro, magnésio, zinco e cálcio) e vitaminas, como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) ácido nicotínico e ácido ascórbico. Produtos da soja desempenham função importante para a saúde, além de serem utilizados por pessoas alérgicas ao leite e também por suas boas características tecnológicas.

Dentre os mais diversos produtos derivados desta leguminosa encontra-se o "leite de soja" que é um extrato aquoso dos grãos de soja, obtido a partir das sementes inteiras selecionadas, classificadas e moídas. A trituração dos grãos com água a 90 °C possibilita a extração dos diversos componentes nutricionais, como a principal proteína presente conhecida como legumina e que possui propriedades semelhantes a da caseína, proteína presente nos leites de origem animal.

No entanto, o processo de produção do leite de soja não é capaz de extrair todo o conteúdo de proteínas e dos diversos nutrientes presentes, resultando um subproduto que consiste em uma "massa inerte" do processo de extração. Este subproduto, denominado pelos orientais de *okara*, apresenta um valor nutritivo semelhante ao produto de origem (soja) com um elevado teor de proteínas de grande qualidade. As indústrias que elaboram o extrato de soja destinam o *okara*, quase que em sua totalidade, à alimentação animal ou descartam-no como lixo. Para Costa, (1981) o *okara* seco e moído é considerado uma farinha intermediária entre a farinha desengordurada de soja e seu isolado proteico; já para Travaglini e Vitti (1981), ela é um intermediário entre farinha desengordurada de soja e farinha integral. A desidratação do *okara* possibilita a sua conservação e, quando moído, proporciona uma farinha de boa qualidade nutricional e baixo custo, que pode ser utilizada como matéria-prima em vários produtos. Ao ser submetido ao processamento térmico, torna-se isento de fatores antinutricionais (AGUIRRE et al., 1981).

Diversos trabalhos já relataram a possibilidade do uso de farinha de *okara* substituindo quantidades de algum ingrediente na elaboração de produtos de panificação e paçoca, obtendo produtos com aceitação igual a dos produtos sem sua adição e com um perfil

de aminoácidos de maior qualidade (APLEVICZ, 2006; RIBEIRO, 2006; SOARES JUNIOR et al., 2006). Porém a digestibilidade dos produtos derivados da soja é comprometida pela presença de fatores antinutricionais e pelo processamento térmico ao qual são submetidos.

Os inibidores de proteases são os principais agentes antinutricionais presentes na soja. Outros agentes biologicamente ativos presentes são o ácido fítico, hemaglutininas, saponinas e constituintes fenólicos (LIENER, 1994).

O aquecimento de farinhas leguminosas, e em particular a soja, pode melhorar o valor nutritivo e produzir um suplemento proteico de maior qualidade. No entanto, em algumas leguminosas pode detectar-se atividade inibidora de proteases depois do aquecimento de uma hora a 100 °C (ROBINSON, 1991).

A secagem é um dos tratamentos térmicos capazes de reduzir e/ou garantir que a ação destes fatores antinutricionais esteja em níveis aceitáveis e, simultaneamente, leva à diminuição da umidade, reduzindo a possibilidade de deterioração biológica e de outros mecanismos de deterioração (SINGH e HELDMAN, 1998).

Durante a secagem os alimentos podem sofrer várias alterações, tanto no seu valor nutritivo como nas suas propriedades sensoriais. As propriedades mais afetadas são a cor, aroma, o sabor e a textura. Algumas vezes essas alterações melhoram a qualidade dos produtos, mas, quando a operação não é bem conduzida, essas modificações podem provocar mudanças indesejáveis aos alimentos. Entre essas alterações podem ser citadas: perda do valor vitamínico (principalmente B2, C e Carotenoides); perda do valor biológico das proteínas; escurecimento não enzimático e inativação de enzimas (SILVA, 2000).

Para avaliar a eficiência deste tratamento térmico é usado o índice de atividade ureática (IAU), pois a urease presente na soja é termolábil e, portanto, sua atividade enzimática pode ser correlacionada com a presença de fatores antinutricionais ativos. Um subprocessamento resultará em um IAU alto, enquanto um superprocessamento, um IAU baixo, indicando que o produto pode ter sofrido um superaquecimento com o aparecimento da reação de Maillard e perda de valor nutricional, destruindo aminoácidos essenciais como lisina, arginina e histidina (ARAÚJO, 1995). A Indústria Americana da Soja recomenda que o IAU seja de 0,05 a 0,20 mg N.g⁻¹ de amostra, na tentativa de identificar os extremos do processamento. Muito embora esse método possa identificar subprocessamento, frequentemente falha na identificação de superprocessamento (BELLVER e SNIZEK, 1999).

Diante destes fatos, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo adequado do processo de secagem para obter parâmetros ótimos de tempo e

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

temperatura, de forma a garantir que os fatores antinutricionais sejam inativados, evitar um tratamento térmico que leve à diminuição da biodisponibilidade das proteínas do *okara* e obter um produto que possua vida útil satisfatória.

2 Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de controle de qualidade da Indústria de Alimentos Orlândia – Brejeiro, em Anápolis, onde as amostras foram coletadas na descarga das peneiras de separação das cascas do processo de extração de óleo. Na etapa de preparação da soja, para a simulação em escala laboratorial do processo de produção do leite de soja, foram realizadas análises preliminares de teor de umidade e IAU (índice de atividade ureática) das amostras de soja.

Para a preparação do *okara* pesou-se uma amostra de 250 g de soja e realizaram-se diversas lavagens em água corrente retirando-se boa parte das cascas que ainda permaneciam na soja quebrada. Posteriormente, fez-se o cozimento em 500 mL de água destilada a 93 °C por 20 min. Após o cozimento, a soja foi rapidamente transferida para água em temperatura ambiente, com sucessivas trocas de água, retirando as cascas que ainda permaneciam na amostra. A soja cozida e lavada foi triturada em liquidificador doméstico, por 2 min com a adição de 1000 mL de água destilada. A filtração foi realizada utilizando-se um tecido de algodão cru em que foram realizadas compressões manuais para a separação do extrato aquoso filtrado (“leite de soja”), restando no tecido uma massa coesa de *okara* úmido.

Este *okara* úmido foi seco em estufa de circulação forçada por um período de 5 h e em uma temperatura de 85 °C, analisando-se posteriormente o teor de cinzas, proteína total, extrato etéreo, umidade, fibra bruta e carboidratos de acordo com os métodos sugeridos pela AOCS (1988). Uma amostra de *okara* produzido pela Mini Usina do Instituto Dom Fernando (localizada na área V da Universidade Católica de Goiás em Goiânia-Goiás), seco nas mesmas condições, foi analisada para comparação com o obtido em laboratório.

Para a obtenção dos valores ótimos das variáveis tempo e temperatura da secagem do *okara*, realizou-se um delineamento central composto rotacional (DCCR), considerando-se como respostas de avaliação do processo o IAU e o teor de umidade do produto seco. Para definir os níveis nos quais foram realizadas as secagens, realizaram-se testes preliminares com o intuito de conhecer as características da soja utilizada no planejamento. Para o IAU, as análises foram realizadas segundo o método proposto pela AOCS (1988) e para o teor de umidade foi realizada radiação infravermelha usando-se uma balança determinadora de umidade, configurada a 120 °C e tempo de análise de 5 min.

O IAU das amostras de soja utilizadas no planejamento foi determinado e o comportamento da atividade ureática durante a preparação do leite de soja foi avaliado medindo o IAU de uma amostra de 250 g de soja crua seca por 4 h a 90 e de 1 °C e de uma amostra de soja cozida por 20 min a 93 °C e posteriormente seca por 4 h a 90 °C. O comportamento do IAU durante a secagem do *okara* foi avaliado realizando-se uma secagem da amostra de *okara* úmido obtido na simulação laboratorial a 90 °C por 4 e 5,5 h.

De acordo com os resultados obtidos nos testes preliminares, determinaram-se os valores dos tempos e temperaturas utilizados para a realização do PFCC com os valores codificados, conforme a Tabela 1.

De acordo com o apresentado por Rodrigues (2005), foi realizado um delineamento experimental com 11 ensaios de secagem ($2^2 + 2 \times 2 + 3$), em que: 2^2 corresponde a número de combinações do nível inferior (-1) e superior (+1) do tempo e da temperatura que foram realizados; 2×2 é o número de ensaios que foram realizados nos pontos axiais e mais 3 ensaios no ponto central (nível 0). Após cada ensaio analisou-se o IAU (índice de atividade ureática) e o percentual de umidade pelo método de radiação infravermelha. As respostas do PFCC foram analisadas utilizando-se o *software* Statistica® para obter os modelos matemáticos que relacionam o IAU e o teor de umidade com o tempo e temperatura de secagem e análise das respectivas superfícies de repostas dos modelos.

3 Resultados e discussão

Os resultados médios encontrados para análise da composição centesimal do *okara* seco obtido a partir da simulação em laboratório e do *okara* seco obtido no processo de produção da Mini Usina do Instituto Dom Fernando estão apresentados na Tabela 2. Nesta tabela também estão apresentados os valores determinados pela literatura de acordo com Costa (1981).

Os valores encontrados apresentam algumas discordâncias com os dados apresentados por Costa (1981). Mostrando assim que a reprodutibilidade do produto com as mesmas características depende de fatores que não puderam ser controlados ou até mesmo identificados, tais como: variedade e qualidade da soja; teor de umidade de entrada do *okara* na estufa de secagem; a variabilidade da temperatura no interior da estufa; entre outros.

Tabela 1. Valores codificados e originais das variáveis utilizados no PFCC.

Variáveis	Níveis				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Tempo (h)	3,75	4	4,5	5	5,25
Temperatura (°C)	76	78	83	88	90

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

Tabela 2. Comparação dos resultados obtidos para a composição centesimal das amostras de *okara* seco com dados obtidos na literatura.

Componentes	Literatura	Laboratório	Indústria
Umidade	4,60-6,0	3,90	6,30
Proteína	28,0-38,0	45,71	38,51
Extrato etéreo	15,0-25,0	22,25	24,80
Fibra	10,0-12,0	3,84	5,30
Cinzas	3,10-3,80	2,82	2,75
Carboidratos	25,2-30,0	21,48	22,34
Total	-	100%	100%

Entre os valores que apresentam grandes diferenças de resultados, o mais importante é o teor de proteínas, sendo que o produto obtido em laboratório apresentou 45,71% de proteínas, o obtido industrialmente 38,51% e os encontrados na literatura variam entre 28 e 38%. Isto pode ser consequência de: proporção de soja e água utilizada, pH da água, temperatura de extração, teor inicial de proteínas presentes na matéria-prima e dos procedimentos utilizados para a obtenção do produto, principalmente durante a etapa trituração. Na simulação em laboratório durante a trituração do produto, adicionou-se água à temperatura ambiente, enquanto o processo industrial realiza a trituração com adição de água a 90 °C, resultando em uma maior extração de proteínas para o leite de soja, que é o principal produto da indústria e um resíduo com menor teor de proteínas, o *okara*.

As fibras, que são compostas principalmente por materiais polissacarídeos ligninas, fitatos e ceras (CARVALHO et al., 1990), apresentaram-se com um teor inferior do que é apresentado na literatura em ambas as amostras. Isto pode ser explicado pela forma com que foi realizada a trituração das amostras e pela origem da matéria-prima, já que as fibras compreendem os componentes da parede celular dos vegetais e aparecem em teores variáveis conforme o tipo, a idade e as condições de crescimento da soja (BOAS, 2000).

Os teores de umidade das amostras apresentaram discordância. Isto pode ser explicado pela interferência na exatidão do método utilizado devido a vários fatores: umidade relativa e movimentação do ar da estufa, materiais utilizados, variação de temperatura em diferentes partes da estufa, reabsorção de umidade pela amostra, entre outros (CECCHI, 2003).

A análise de composição centesimal demonstra que o *okara* é uma ótima fonte de proteínas e, portanto, apresenta um valor nutricional elevado, sendo interessante o seu reaproveitamento para a alimentação humana.

Nos testes preliminares as análises de atividade ureática para a soja crua obteve valores de 1,75; 1,80; 1,83 e 1,97 mg N.g⁻¹. A média e o desvio padrão das amostras é de 1,84 ± 0,16 mg N.g⁻¹. No trabalho realizado

por Olguin et al. (2000), os valores encontrados para a média e para o desvio padrão foram de 2,19 e de 0,017 mg N.g⁻¹. Observa-se que o desvio padrão encontrado neste estudo é bem superior ao encontrado pelo autor citado, indicando que há grande variabilidade nas amostras coletadas para o estudo. Isto demonstra que a soja pode conter diferentes IAU cujos valores dependem de diversos fatores, tais como: época da colheita, solo em que foi cultivada, tempo de armazenamento, variedades, entre outros.

Verificou-se, pelo resultado do IAU, que os fatores antinutricionais encontrados na soja crua apresentam-se ativos, podendo causar problemas de nutrição consumir os grãos sem um prévio tratamento térmico.

Para a soja cozida e submetida à secagem por 4 h o teor de umidade alcançado foi de 16,2% para a primeira amostra e de 17,9% para a segunda amostra. Já o IAU para a primeira amostra foi de 0,13 mg N.g⁻¹ e para a segunda amostra de 0,08 mg N.g⁻¹, valores considerados adequados para o consumo da soja. Comparando-se os resultados dos testes realizados com a soja crua seca, o índice de atividade ureática obtido foi consideravelmente elevado. Os valores encontrados foram de 1,54 e 1,67 mg N.g⁻¹, o que ainda é considerado alto para o consumo da soja.

Isto demonstra que o calor úmido é mais eficiente na inativação da urease (consequentemente dos fatores antinutricionais) do que o calor seco, como discutido por Silva (2000). Outro fato que pode ser verificado no teste com a soja cozida é que, mesmo após o tratamento térmico em água a 93 °C por 20 min, combinado a um tratamento térmico de secagem a 90 °C por 4 h, a soja apresentava atividade ureática, indicando que no *okara* ainda pode conter fatores antinutricionais sem desnaturação.

O *okara* seco por 4 h a 90 °C apresentou IAU de 0,08 mg N.g⁻¹ com umidade de 12,8% e para o *okara* seco por 5 h e meia nesta mesma temperatura foi encontrado um IAU 0,00 e umidade de 2,9%. Para a amostra seca por 4 h, o valor encontrado de IAU está dentro da faixa recomendada pela Indústria Americana de Soja que é de 0,05 a 0,20 mg N.g⁻¹, porém o seu alto teor de umidade diminui a sua conservação. Já a amostra seca por 5 h e meia está fora da faixa recomendada, indicando um superprocessamento da soja, podendo ter diminuído a digestibilidade das proteínas presentes, mas com um teor de umidade adequado para a sua boa conservação.

Através dos resultados dos testes preliminares verifica-se que o procedimento de determinação do IAU é confiável, já que apresentou resultados coerentes para as diferentes amostras.

Os resultados das análises realizadas do IAU e do teor de umidade para as farinhas de *okara* obtidos através

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

dos 11 ensaios do PFCC estão resumidos na matriz do planejamento experimental conforme a Tabela 3.

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se que os IAU que estão dentro do recomendado pela Indústria Americana de Soja (0,05-020) correspondem apenas aos ensaios 1, 2, 3, 7 e 11, e os demais ensaios obtiveram indicativos de superprocessamento do produto.

Os ensaios que tiveram resultados de IAU satisfatórios obtiveram valores variando entre 0,05 e 0,115 mg N.g⁻¹. Nestes ensaios os valores dos tempos e/ou das temperaturas empregadas na secagem foram menores do que nos ensaios que apresentaram um IAU abaixo do recomendado, conforme esperado.

A 78 °C, tanto a secagem realizada por 4 h quanto a de 5 h apresentaram valores de IAU dentro do recomendado (0,115 e 0,05, respectivamente), porém em ambos os ensaios o teor de umidade apresentou-se insatisfatório para a conservação do *okara*, sendo de 9,7% para a secagem por 4 h e de 10,3% para a secagem por 5 h. Em comparação ao padrão de teor de umidade para a farinha de soja desengordurada (máximo 9% de umidade) o teor de umidade dos ensaios 1 e 2 é insatisfatório.

A secagem realizada a 88 °C por 4 h (ensaio 3) apresentou um IAU de 0,06 e um teor de umidade de 5,95%, parâmetro considerado relativamente satisfatório. A secagem realizada a 76 °C por 4 h e meia (ensaio 7) apresentou um IAU de 0,095 e um teor de umidade de 9,05%. Novamente, os parâmetros para o IAU e para o teor de umidade não são satisfatórios.

O ensaio 11 é um dos ensaios realizados no ponto central (a 83 °C por 4,5 h) do planejamento e foi o único que apresentou um IAU dentro do recomendado com o menor teor de umidade, que foi de 5,2%. Observando-se outros ensaios no ponto central, o IAU apresentou-se com uma variabilidade relativamente considerável, indicando possíveis problemas com: o método de análise; o procedimento realizado; ou algum fator não conside-

rado e devidamente controlado, mas importante para o processo.

Nos demais ensaios, o *okara* seco apresentou indicativos de superprocessamento (IAU < 0,05), porém o maior teor de umidade alcançado ocorreu no ensaio 5, sendo de 8,7% e o menor, no ensaio 8, sendo de 3,85%.

Na metodologia do planejamento experimental, considerou-se um nível de confiança de 95%. Nestas condições, dos resultados apresentados pelo *software* Statistica® para as respostas do IAU, apenas o coeficiente linear, proveniente dos ensaios no ponto central, (Mean/ Interc.) e o efeito da temperatura linear (Temperatura (L)) foram estatisticamente significativos (p > 0,05) e para a resposta teor de umidade todos os efeitos foram estatisticamente válidos. Desta forma, os modelos matemáticos preditivos nas faixas de temperaturas e tempos estudados, obtidos para as variáveis de resposta IAU e teor de umidade são:

- modelo matemático para o IAU (Equação 1):

$$\text{IAU} = 0,04153 - 0,02343 T' \quad (1)$$

onde: IAU é o índice de atividade ureática em mg N.g⁻¹, T' é a temperatura em valores codificados (variando de -1,41 a +1,41).

- modelo matemático para o teor de umidade (Equação 2):

$$\%U = 5,063 - 0,6563 t - 2,047 T + 1,211 t^2 + 0,9595 T^2 - 0,375 Tt \quad (2)$$

onde: %U é o percentual de umidade do *okara*, t é a variável tempo em valores codificados e T é a variável temperatura em valores codificados (ambos variando de -1,41 a +1,41).

Para ambos os modelos matemáticos, realizou-se a análise de variância e para o IAU obteve-se um coeficiente

Tabela 3. Matriz do planejamento e resultados obtidos para as variáveis dependentes.

Ensaio	Variável manipulável		IAU (mg N.g ⁻¹)		Umidade (%)	
	Tempo	Temperatura	Média	Desvio*	Média	Desvio*
1	-1	-1	0,115	0,0070	9,70	0,1414
2	+1	-1	0,05	0,0141	10,30	0,2828
3	-1	+1	0,06	0,0141	5,95	0,4949
4	+1	+1	0,045	0,0070	5,05	0,3535
5	-1,41	0	0,02	0,0141	8,70	0,4242
6	+1,41	0	0,015	0,0070	5,20	0,2828
7	0	-1,41	0,095	0,0070	9,05	0,2121
8	0	+1,41	0,005	0,0070	3,85	0,3535
9	0	0	0,04	0,0141	4,95	0,0707
10	0	0	0,03	0,0141	5,05	0,0707
11	0	0	0,055	0,0212	5,20	0,1414

* Desvio-padrão dos ensaios realizados em duplicata.

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

de determinação $R^2 = 0,3976$, e valor de $F_{\text{calc.}} = 5,94$ é ligeiramente maior que o de $F_{\text{tab}} = 5,12$, ou seja, não é seguro considerar esta relação entre a temperatura e o IAU ao nível de 95% de confiança. Desta forma, o modelo obtido não pode ser considerado válido estatisticamente e não se obteve a superfície de resposta e curva de nível. No modelo matemático para o teor de umidade obteve-se um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9017$, sendo, portanto, mais representativo em termos de variação total da quantidade de umidade do *okara* no final da secagem. Também se obteve bons resultados na análise de variância sendo que o valor de $F_{\text{calc.}} = 21,91$, enquanto o valor de $F_{\text{tab}} = 5,05$, mostrando que há uma boa correlação entre as variáveis tempo e temperatura com o teor de umidade do *okara*.

A falta de ajuste do modelo para o IAU pode ter sido causada por diversos fatores, dentre os principais: a variação do IAU inicial presente na soja crua e o teor de umidade do *okara* úmido, já que a desnaturação das enzimas é mais sensível ao calor úmido. Esta falta de ajuste demonstra que o modelo matemático obtido é estatisticamente inválido ao nível de 95% de significância.

Porém, para o teor de umidade, o modelo matemático apresentou-se válido dentro do nível de 95% de significância. Através deste modelo matemático construiu-se a superfície de resposta e a curva de nível que estão apresentadas na Figura 1.

Analisando-se a superfície de resposta da Figura 1, observa-se que a região em verde escuro é a que apresenta menores valores para o teor de umidade com secagem a temperaturas superiores a 84 °C e por tempos na faixa de 4,25-5,25 h.

Em analogia às farinhas de soja desengorduradas, o teor máximo de umidade deste produto é de 9% (BRASIL, 1978) para garantir a sua conservação adequada. Idealmente a farinha de *okara* deve apresentar o mesmo teor de umidade máximo de 9%.

Esta analogia é aplicável, pois a farinha de soja desengordurada possui cerca de 45% de teor de proteínas, portanto, superior ao da farinha de *okara* e igualmente susceptível ao crescimento microbiano. Assim o processo de secagem que pode ser realizado para satisfazer este valor de umidade deve ser superior a 78 °C (nível inferior) e por tempo superior a 4 h.

No entanto, é possível observar que os parâmetros de secagem que coincidem para o IAU e para o teor de umidade ideal estão na faixa de 78 a 82 °C por tempos entre 4 e pouco mais que 5 h. Esta faixa seria a mais adequada para se evitar um superprocessamento do produto.

Para um processo de secagem em escala industrial, pode-se inferir que os melhores parâmetros para a secagem do *okara* são a temperatura próxima a 82 °C por

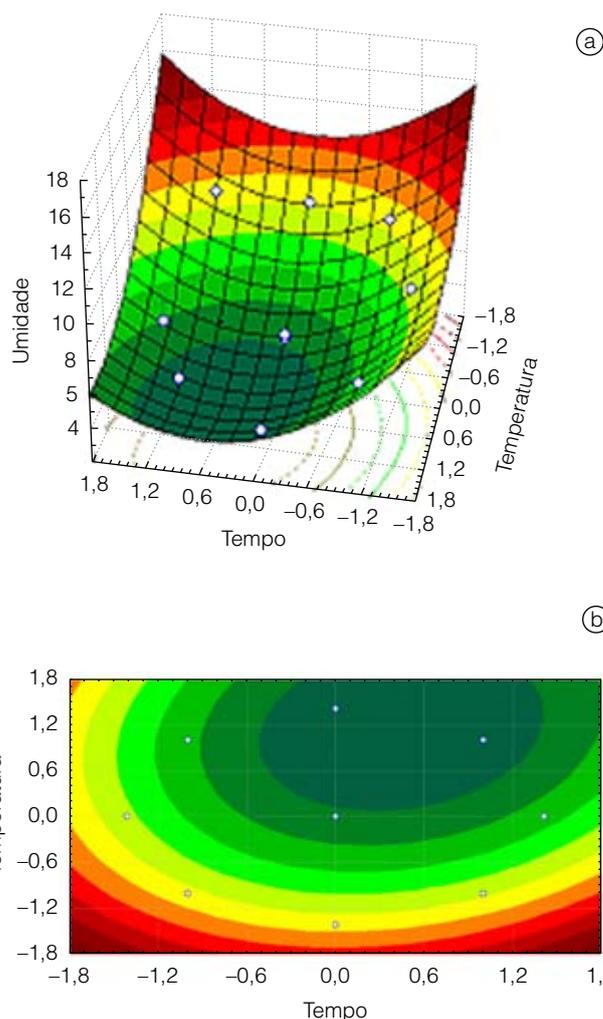


Figura 1. a) superfície de resposta para o teor de umidade; e b) curva de nível da superfície de resposta.

um tempo de 4 h, no entanto, outros testes deverão ser realizados com controle do IAU inicial da soja, para avaliar a sua influência no IAU do *okara* seco, ou a utilização de análise espectrofotométrica na determinação do IAU.

Pode-se utilizar o modelo matemático da Equação 2 para se obter tempo mínimo de secagem e garantir que se obtenha um produto com um teor de umidade desejado. Para se contornar o problema da falta de ajuste do modelo matemático da Equação 1, pode ser realizado um novo planejamento fatorial, direcionado a partir dos resultados obtidos neste planejamento. Neste novo PFCC, poder-se-ia controlar o IAU inicial da soja ou considerá-lo como uma terceira variável independente e acrescentar uma nova resposta para os efeitos do tempo e temperatura de secagem sobre o *okara*. Uma sugestão seria adicionar como variável de resposta o valor da proteína solúvel do produto seco, tendo assim de forma mais precisa resultados que confirmassem melhor o superprocessamento do *okara*.

Estudo preliminar da secagem do *okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação

PINTO, D. D. J. e CASTRO, P. S.

4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que o resíduo do extrato aquoso de soja pode ser utilizado como matéria-prima na produção de alimentos para consumo humano, já que o seu perfil nutricional mantém-se análogo ao da soja crua, sendo, portanto, uma fonte de proteínas de alto valor nutritivo.

Os resultados dos testes preliminares e do PFCC mostram que: a redução da atividade dos fatores antinutricionais é mais eficiente quando se aplica um tratamento térmico por via úmida, porém, há indícios de que na produção do leite de soja, possa haver níveis de atividade prejudiciais para o consumo; o processo de secagem além de aumentar o tempo de vida útil do *okara*, pode garantir que a atividade dos fatores antinutricionais esteja controlada, em contrapartida o processo deve ser monitorado para evitar um superprocessamento do produto e conseqüentemente redução do seu valor nutricional. Pela análise da superfície de resposta do PFCC estabeleceu-se que as melhores condições para o processo podem ser alcançadas quando realizada a temperaturas inferiores a 82 °C por um tempo mínimo de 4 h.

Referências

- AGUIRRE, J. M.; TRAVAGLINI, D. A.; CABRAL, A. C. D.; TRAVAGLINI, M. M. E.; SILVEIRA, E. T. F.; SALES, A. M.; FIGUEIREDO, I. B.; FERREIRA, V. L. P. Secagem e armazenamento do resíduo resultante do processamento do extrato de soja. **Boletim ITAL**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 201-226, 1981.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS. **Official and tentative methods**. 3 ed. Champaign, 1988.
- APLEVICZ, K. S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandiocas nativas e modificadas**. 2006. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995. 335 p.
- BELLAVER, C.; SNIZEK, P. N. J. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina, 1999, p. 183 –196.
- BOAS, E. V. B. V. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA, 2000. 47 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 14 de junho de 1978**. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade para Farinha Desengordurada de Soja, Proteína Texturizada de Soja, Proteína Concentrada de Soja, Proteína Isolada de Soja e Extrato de Soja. Disponível em: <<http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=15426&word=>>>. Acessado em: 04 de Dezembro de 2007.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121 p.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.
- COSTA, S. I. Alimentos derivados de soja, em: a soja no Brasil. **Boletim ITAL**, Campinas, p. 857, 1981.
- LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.
- OLGUIN, M. C.; ZINGALE, M. I.; REVELANT, M. E.; VINGNALE, M. E. Actividade ureásica en productos de soja. Propuesta de un nuevo método. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición – ALAN**, Caracas, v. 51, n. 3, 2001. Disponível em: <http://www.alanrevista.org/ediciones/2001-3/actividad_ureasica_soja.asp>. Acesso em: 14 de Outubro de 2007.
- RIBEIRO, V. A. **Aproveitamento do resíduo do extrato de soja na elaboração de um produto tipo paçoca**. 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- RODRIGUES, M. I. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326 p.
- ROBINSON, D. S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1991. 519 p.
- SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. [S.L.]: Varela, 2000. 232 p.
- SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M. L. T.; OLIVEIRA, W. M.; VERA, R. Avaliação da aceitação de pão de forma preparado com farinha de trigo, fécula de mandioca e *okara* no armazenamento. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 6, 2005. **Anais...**, 2005. 1 CD-ROM.
- SOUZA, A. S. **Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja**. 99 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- TRAVAGLINI, D. A.; VITTI, P. Soja em produtos derivados de preparo rápido. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981a. p. 872.