

ESTUDO DA SECAGEM EM *FLASH DRYER* DO RESÍDUO DO EXTRATO PROTÉICO OBTIDO DE NOVAS CULTIVARES DE SOJA

Maíra H. **NASRALA**^{1*}; Daniel F. B. dos **SANTOS**²; Regina K. **GRIZOTTO**³; José Maurício de **AGUIRRE**⁴; José Roberto **CAVICHIOLO**⁵; Luciana **MIYAGUSKU**⁶

Nº 0701033

Resumo

O objetivo de trabalho foi otimizar os parâmetros: temperatura do ar de secagem (T, em °C) e taxa de recirculação do resíduo seco (TR, em %) para secagem do resíduo do extrato protéico em secador pneumático *flash dryer* utilizando a Metodologia de Superfície de Respostas (MRS) e avaliar qualidade do resíduo desidratado. Os resultados obtidos mostraram que a secagem do resíduo em *flash dryer* é viável tecnicamente. Para iniciar o processo de secagem há necessidade de ajustar a umidade inicial do resíduo em pelo menos 61% (b.u.). A MSR demonstrou que, para um ciclo de 120 segundos de secagem, menores níveis de umidade no resíduo (y) são obtidos quanto maior for a taxa de recirculação (x_1), independente da temperatura do ar de secagem (x_2), e pode ser expressa pela equação $y=7,072-7,924x_1$ ($R^2=92,92\%$). Os resíduos desidratados obtidos partir do planejamento central composto rotacional apresentaram teores de proteínas (36,71 a 41,39% b.s.), lipídeos (13,19 a 16,45% b.s.), fibras (21,43 a 43,74% b.s.), cinzas (3,61 a 4,59% b.s.) e carboidratos (38,91 a 45,01% b.s.), próximos aos verificados no resíduo original, indicando que a qualidade do resíduo não foi afetada pela secagem em *flash dryer*. A ANOVA mostrou que, os efeitos lineares, quadráticos e de interação entre as variáveis x_1 e x_2 não apresentaram significância ($p \leq 0,05$) para as respostas proteínas, cinzas e carboidratos. Para lipídeos e fibras foram observados alguns efeitos significativos, porém provavelmente resultantes de erros experimentais, e não podem ser explicados por modelo matemático.

1. Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas-SP ✉ maira.nasrala@gmail.com

2. Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Química/UNICAMP, Campinas-SP.

3. Orientador: Pesquisador, FRUTHOTEC/ITAL, Campinas-SP.

4. Colaborador: Pesquisador FRUTHOTEC/ITAL.

5. Colaborador: Engenheiro FRUTHOTEC/ITAL, Campinas, SP.

6. Colaborador: Pesquisador CTC/ITAL, Campinas, SP.

Introdução

Dentre os produtos industrializados de soja amplamente aceitos pela população, destaca-se o extrato protéico de soja, popularmente conhecido como “leite” de soja, que tem recebido maior atenção e cujo consumo tem aumentado face às propriedades funcionais que o produto oferece. Atualmente, o mercado nacional contabiliza um volume de produção em torno de 70 milhões de litros anuais. No entanto, esse processamento industrial gera elevadas quantidades de resíduo úmido, em torno de 2 a 3 toneladas para cada tonelada de soja processada. Este resíduo, com elevado teor de proteínas e lipídeos deteriora-se em poucas horas, tem sido um dos grandes problemas para a indústria processadora, que normalmente o destina à ração animal ou aterros sanitários no caso de grandes excedentes da produção, causando danos ao meio ambiente. O objetivo geral desse trabalho foi estudar a secagem em *flash dryer* do resíduo do extrato protéico de soja obtido do processamento industrial e avaliar a qualidade do resíduo desidratado.

Materiais e Métodos

O resíduo úmido da produção do extrato protéico utilizado nesse trabalho foi fornecido pela empresa AGRONIPPO PROD. ALIMENTÍCIOS Ltda. Foram utilizados aproximadamente 380 kg de resíduo no preparo do resíduo parcialmente desidratado e nos ensaios preliminares e previstos pelo delineamento estatístico. Nos resíduos úmido e seco foram determinados os teores de proteína bruta (AOAC, 2005), lipídios pelo método de BLIGH-DYER (CECHI, 1999), umidade (AOCS, 1997), fibra em detergente neutro (AACC, 1997), cinzas (HORWITZ, 2000) e carboidratos calculado por diferença $[100 - (\text{proteína} + \text{lipídios} + \text{cinzas} + \text{umidade})]$. Os resultados foram utilizados para avaliar o efeito da secagem na qualidade do resíduo do extrato protéico.

Para viabilizar a utilização do *flash dryer* foi necessária a pré-secagem do resíduo em secador de bandejas a 65° C por 6 horas e depois tratado no secador pneumático com ciclos

de 180 segundos a 270° C. A “semente” assim produzida com 8% umidade foi misturada ao resíduo úmido com umidade inicial 82% para obter mistura que apresentasse umidade entre 40 e 50% (b.u.). Foi realizado o planejamento estatístico composto central rotacional que compreendeu o planejamento fatorial 2^2 para 2 variáveis

independentes em 2 níveis, o planejamento em “estrela” com quatro pontos axiais a uma distância $\sqrt{2}$ do

ponto central, e três repetições no ponto central (BARROS NETO *et al.*, 2002). Foram fixados dois níveis (valores) inferior (-1) e superior (+1) para cada uma das duas variáveis independentes estudadas, taxa de recirculação do material (TR, em %) e temperatura do ar de secagem (T, em °C), codificados, respectivamente, de x_1 e x_2 , bem como os níveis inferior ($-\sqrt{2}$) e superior ($+\sqrt{2}$) dos pontos axiais para as mesmas variáveis, conforme mostrado na Tabela 1.

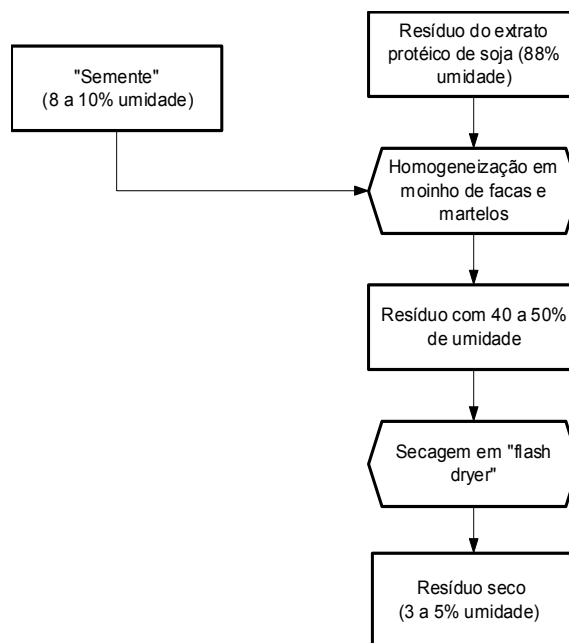


FIGURA 3: Fluxograma mostrando as etapas para iniciar o processo de secagem do resíduo úmido do extrato protéico em “flash dryer”, a partir de mistura com a “semente”.

TABELA 1: Variáveis independentes e níveis de variação usados no planejamento estatístico composto central rotacional

Variáveis	Código	Níveis				
		$-\sqrt{2}$	-1	0	+1	$+\sqrt{2}$
Taxa de recirculação do material seco (TR, em %)	x_1	26	35	50	65	74
Temperatura do ar de secagem (T, em °C)	x_2	252	260	280	300	308

Os resultados (ou respostas) obtidos dos 11 experimentos correspondentes ao planejamento estatístico proposto foram utilizados para o ajuste do modelo quadrático e cálculo do erro experimental de acordo com a Metodologia de Superfície de Respostas

(BARROS NETO *et al.*, 2002). O modelo quadrático para duas variáveis pode ser representado da seguinte forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} (x_1)^2 + \beta_{22} (x_2)^2 + \varepsilon \quad (\text{equação 1})$$

onde:

x_1 e x_2 são variáveis codificadas, β_0 , β_1 , β_2 , β_{12} , β_{11} e β_{22} são os parâmetros do modelo de regressão e, ε o erro experimental.

Os resultados das determinações físico-químicas no resíduo do extrato protéico desidratado foram utilizados para verificação do ajuste do modelo de 2º grau e erro experimental, utilizando a técnica de regressão linear multivariada. Esses resultados também foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) para comparação entre as médias pelo teste de Tukey e teste F a regressão e a falta de ajuste.

Resultados e Discussões

O resíduo industrial apresentou teores de umidade (83% b.u.) e proteínas (40% b.s.) próximos aos obtidos nos resíduos das cultivares de soja IAC 18, BRS 9452273, BRS 232, porém abaixo dos níveis entre verificados nas demais cultivares BRS 213, IAC PL1-HA, IAC Foscarin, BRS 257, Embrapa 48 e BRS 230, estudadas por GRIZOTTO *et al.* (2006). Os resíduos desidratados obtidos partir do planejamento central composto rotacional apresentaram teores de proteínas (36,71 a 41,39% b.s.), lipídeos (13,19 a 16,45% b.s.), fibras (21,43 a 43,74% b.s.), cinzas (3,61 a 4,59% b.s.) e carboidratos (38,91 a 45,01% b.s.), próximos aos verificados no resíduo original, indicando que a qualidade do resíduo não foi afetada pela secagem em *flash dryer*. Foi possível observar que, quanto maior a taxa de recirculação menor é o tempo de secagem necessário para que o produto final tenha uma umidade entre 3% e 5%. Nos resíduos desidratados com ciclos de 120 segundos em *flash*

dryer, foram feitas as análises físico-químicas e os resultados apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Resultados⁽¹⁾ das determinações físico-químicas (respostas), no resíduo desidratado em “flash dryer” de acordo com o planejamento estatístico central composto rotacional.

Ensaio	Valores Codificados		Valores Reais		Respostas						
	x ₁	x ₂	TR (%)	T (°C)	U _{inicial} (%b.u.)	U _{final} após 120 segundos (%b.u.)	Proteína (%b.s.)	Lipídeos (%b.s.)	Fibras (%b.s.)	Cinzas (%b.s.)	Carboidratos (%b.s.)
1	-1	-1	33	260	53,07±0,22 ^{a,b}	26,43±0,24 ^b	36,26±1,26 ^a	15,74±0,68 ^a	22,86±1,85 ^{a,b}	4,22±0,09 ^{a,b,c}	43,68±0,49 ^{c,d}
2	1	-1	67	260	26,82±1,91 ^c	4,35±0,11 ^a	36,17±0,36 ^a	14,89±0,21 ^{a,b}	25,11±3,23 ^{a,b}	3,92±0,10 ^{a,c}	45,01±0,24 ^c
3	-1	1	33	300	56,03±1,19 ^a	20,01±0,15 ^c	38,03±0,19 ^{a,b}	13,19±0,88 ^a	29,76±2,48 ^{a,b}	4,46±0,10 ^{a,b}	44,31±1,17 ^c
4	1	1	67	300	26,41±0,26 ^c	4,38±0,06 ^a	39,43±0,23 ^{b,c,d}	16,17±0,31 ^b	21,43±3,09 ^a	3,61±0,32 ^c	40,79±0,86 ^{a,d}
5	$-\sqrt{2}$	0	26	280	59,76±0,48 ^b	21,81±0,11 ^d	36,71±0,67 ^a	15,65±0,21 ^b	27,53±8,55 ^{a,b}	4,17±0,01 ^{a,b,c}	43,05±1,07 ^{c,d}
6	$\sqrt{2}$	0	74	280	21,17±0,02 ^e	3,54±0,07 ^e	37,10±0,89 ^{a,c}	16,06±0,30 ^b	27,72±6,84 ^{a,b}	4,20±0,02 ^{a,b,c}	42,18±1,34 ^{b,c,d}
7	0	$-\sqrt{2}$	50	252	32,60±1,03 ^b	12,33±0,17 ^a	37,26±1,01 ^{a,c}	16,35±0,62 ^b	26,71±3,78 ^{a,b}	4,13±0,14 ^{a,b,c}	42,26±0,24 ^{b,c,d}
8	0	$\sqrt{2}$	50	308	40,58±0,32 ^d	7,95±0,14 ^f	37,15±0,76 ^{a,c}	15,27±0,06 ^b	43,74±8,40 ^b	4,26 ± 0,10 ^{a,b,d}	43,32±0,79 ^{c,d}
9	0	0	50	280	39,33±0,18 ^d	10,11±0,01 ^g	40,26±0,08 ^{b,d}	16,30±0,19 ^b	32,04±4,41 ^{a,b}	3,76±0,31 ^{c,d}	39,68±0,42 ^{a,b}
10	0	0	50	280	41,16±0,13 ^d	6,63±0,04 ^b	41,39±0,08 ^d	16,02±0,38 ^b	31,79±7,59 ^{a,b}	3,69±0,03 ^{c,d}	38,91±0,49 ^a
11	0	0	50	280	40,97±0,54 ^d	4,44±0,10 ⁱ	36,61±0,05 ^a	16,45±0,08 ^b	33,40±4,66 ^{a,b}	4,59±0,20 ^b	42,34±0,33 ^{b,c,d}
R. U ⁽²⁾	-	-	-	-	82,87 ± 1,94	-	40,86 ± 1,65	17,25 ± 0,43	39,26 ± 11,74	4,26 ± 0,00	37,62 ± 1,23

⁽¹⁾ Média de duas repetições ± erro padrão

⁽²⁾ Resíduo Úmido

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. O teste F para a regressão mostrou que o valor da razão MQ_R/MQ_r igual a 13,14 foi maior que o $F_{(5,5)} = 5,05$ (no nível de 95% de confiança), indicando que a regressão é significativa e explica 92,92% da variação do modelo quadrático. Da mesma forma, a razão entre as médias quadráticas da falta de ajuste (MQ_{fa}) e do erro puro (MQ_{ep}), igual a 1,21 foi significativamente menor que o valor de $F_{(3,2)} = 9,28$ (no nível de 95% de confiança), indicando que o modelo quadrático não apresentou falta de ajuste. Na Figura 1 são apresentadas as curvas de contorno para a umidade final no resíduo desidratado em ciclo de 120 segundos. As variáveis que apresentaram significância foram média e o termo x_1 . As variáveis x_2 e interação $x_1 x_2$ foram não significativas a 5% de probabilidade e a equação matemática simplificada pode ser representada pela seguinte equação:

$$y = 7,072 - 7,924x_1 \quad \text{onde, } y \text{ representa a umidade e } x_1 \text{ a taxa de recirculação} \\ (\pm 1,653) (\pm 1,01)$$

As curvas de nível mostradas na Figura 1 indicam que são obtidos menores níveis de umidade no resíduo desidratado quando há maiores taxas de recirculação. A análise de variância quando aplicada às outras respostas proteínas, lipídeos, fibras, cinzas e carboidratos indicou que estas não variam em função da taxa de recirculação e nem da temperatura do ar de secagem.

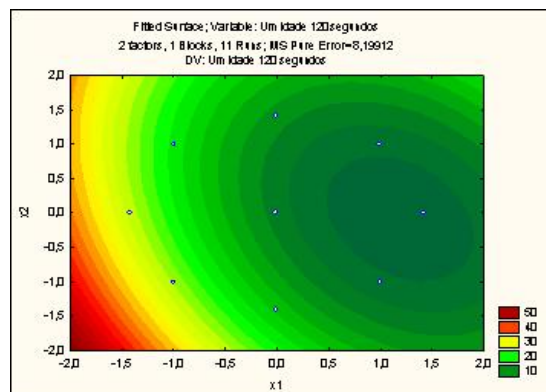


FIGURA 1: Curvas de contorno da umidade no resíduo após 120 segundos de secagem em função da taxa de recirculação do resíduo seco (x_1) versus temperatura do ar de secagem (x_2)

Conclusão

É tecnicamente viável a secagem de resíduo do extrato protéico de soja em “flash dryer” e a qualidade do produto não foi afetada pelo processo.

É possível afirmar que a taxa de recirculação é preponderante em relação à temperatura do ar de secagem e pode ser representada pela equação

$$y = 7,072 - 7,924 \cdot x_1, \text{ com } R^2 = 92,92\%.$$

Os parâmetros de secagem em *flash dryer* para obter resíduo com 10% de umidade (b.s.) otimizado pela MSR foram $x_1 = 1,25$ e $x_2 = 0$, correspondentes a $TR = 61\%$ e $T_{\text{ar secagem}} = 280^\circ \text{C}$, no tempo de 120 segundos.

Referências Bibliográficas

- AACC. *Approved Methods of the AACC*. 10th ed. Saint Paul: AACC, 1997.
- AOCS. *Official and Tentative Methods of the AOCS* 16rd ed. Gaithersburg: AOCS, 1997.
- BARROS NETO, B. *et al.* Como fazer experimentos. Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 2nd. ed. Campinas: Editora da Unicamp. 401 p. 2002.
- CECHI, H.M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Editora UNICAMP, 1999. p. 96-97.

HORWITZ, W. (ed.) Official Methods of Analysis of AOAC, 17th ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2000. vol. I e II.

GRIZOTTO, R. K. *et al.* Estudo de novas cultivares de soja para produção do extrato protéico In: *13º Seminário de Iniciação Científica*, 2006, Campinas. CD Rom, <PIBIC ITAL 2006_24.rtf>