

EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE RESIDÊNCIA NO RENDIMENTO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA

Arthur Possenti*

Crislaine Campos Maccari*

Rodrigo Frank Simonetto*

Michel Brasil**

Resumo

No processo de extração da proteína de soja pesquisa-se a solubilização do farelo desengordurado para obtenção de altos índices de rendimento. Nesse momento, o importante é conciliar temperatura e tempo de exposição do farelo ao cozimento, a fim de que se atinjam altos níveis de solubilização e baixos níveis de desnaturação da proteína contida no grão. Realizaram-se ensaios laboratoriais com o propósito de aferir os reflexos da alternância do tempo de residência entre 1200, 1800 e 2400 segundos, e da temperatura entre 313, 323 e 333 K no rendimento da extração da proteína de soja. O farelo de soja foi moído e solubilizado em água num pH alcalino variando-se o tempo e a temperatura. Posteriormente as fibras foram separadas por centrifugação e então em pH ácido, a proteína foi decantada, centrifugada e seca em estufa. Efetuaram-se análises para quantificação da proteína e determinação do processo ótimo de extração. Os resultados foram submetidos a tratamento matemático, e calculou-se o rendimento teórico em temperaturas e tempos intermediários aos do planejamento experimental, verificando a correlação entre os resultados. Houve maior rendimento na submissão do farelo de soja a uma temperatura de 333 K por 1200 segundos.

Palavras-Chave: Extração Proteína de Soja; Tempo; Temperatura.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente o cultivo do grão teve origem na costa leste da Ásia, no entanto houve maior interesse na sua produção apenas no início do século XX em razão de suas propriedades proteicas e oleaginosas. No Brasil a produção da soja tomou porte na década de 60, em razão da necessidade da indústria agropecuária e também em virtude das vantagens competitivas de produção do grão. Atualmente o país é o segundo maior produtor mundial de soja, tendo produzido 95,63 milhões de toneladas na safra de 2015 e 2016. (EMBRAPA, 2016). Dentre os cereais, a soja é o grão com o mais elevado teor de proteico (FISCHER, 2006), apresentando cerca de 40% de proteínas, sendo 70% delas estruturadas como glicinina e β -conglucina, além disso possuem 20% de óleo (MORAES et al, 2006). No entanto, a proteína in natura não detém boa qualidade nutricional, razão pela qual deve ser submetida a tratamento térmico para inativação dos fatores antinutricionais que prejudicam seu desempenho na alimentação de animais e também podem causar alergias em humanos. Disso decorre a necessidade de tratamento dos grãos, por meio de diversas operações unitárias, a fim de torná-lo próprio para o consumo humano. O processo de extração da proteína possui, dentre outras variáveis, o tempo de residência no reator e a temperatura na qual é conduzida essa reação. Comumente emprega-se um tempo de 30 (trinta) minutos a uma temperatura de 50 °C, em razão de limitações impostas pela própria proteína, que se submetida a condições mais agressivas pode sofrer desnaturação. Entretanto, pequenas mudanças neste plano de operação podem trazer resultados benéficos a extração da proteína de soja. Nesse ponto este estudo pretende aprofundar os reflexos da mudança da temperatura e do tempo de residência no rendimento da produção da proteína de soja.

2 DESENVOLVIMENTO

A obtenção do isolado proteico de soja (ISP) ocorre por meio de processos químicos e físicos em duas etapas maiores, na primeira realiza-se a extração do farelo de soja para só então extrair-se o isolado proteico.

Na primeira etapa o grão de soja “in natura” é submetido a seguidas operações unitárias de limpeza, quebra, laminação e extração, por meio do emprego de hexano como solvente (JOHNSON et al., 2008).

Nesse momento é importante extrair o conteúdo oleaginoso da soja, processo bem descrito por Marcelo Antunes Gauto e Gilber Ricardo Rosa em Processos e Operações Unitárias da Indústria Química (2011).

Os grãos de soja são limpos, por meio do peneiramento e do gradeamento, para que se retire as impurezas presentes como folhas, talos, pedras, areia e terra. Em seguida, armazena-se o vegetal mantendo-se a umidade sempre inferior a faixa crítica, de 15%. No entanto, é conveniente que se mantenha a umidade do grão em patamar superior a 10% para evitar que ele se torne quebradiço.

Segue-se o descasamento, com batedores ou facas giratórias, que reduzem a soja a 20% de seu tamanho original, nesse momento as cascas são separadas por sucção as quais podem posteriormente ser incorporadas ao farelo de soja em razão de seu teor proteico.

O produto do descasamento é submetido a laminação e expansão, por meio de cilindros providos de finas lâminas que auxiliam no acréscimo da área superficial da soja. Ato contínuo, o grão é submetido ao cozimento, em temperatura entre 348 e 358 K, que confere a soja caráter plástico e fluidiza o óleo, que é extraído por métodos mecânicos, por meio de prensas, ou químicos, com a utilização de solventes como o hexano.

Após a extração do óleo de soja, remanesce o grão esgotado - dotado de alto índice de proteínas, o qual é utilizado para produção de farinhas e concentrados proteicos.

O farelo desengordurado de soja é submetido a processos químicos que permitem isolar o conteúdo proteico da amostra por meio da variação de pH que, ao transpassar o ponto isoelétrico da proteína ora a torna solúvel,

ora a torna insolúvel, permitindo que se separem fibras, carboidratos e proteínas.

Assim, inicia-se a segunda etapa, em o farelo extraído é submetido a tratamento básico por determinado tempo e em seguida à lixiviação ácida, em pH 4,5, atingindo o isoeletrico das proteínas (LUSAS E RHEE, 1995).

O experimento conduzido, buscou observar a variação do rendimento na extração da proteína de soja com base na alternância do tempo de residência no reator entre 1200, 1800 e 2400 segundos, e na modificação da temperatura do reator entre 313, 323 e 333 K.

Neste reator o farelo de soja é solubilizado em água, assim, quanto maior for a temperatura e maior for o tempo de solubilização, maior será a agregação do farelo a solução e por consequência, considerando apenas esta variável, maior seria o rendimento do processo.

Por outro lado, as proteínas são polímeros orgânicos estabelecidos pelo agrupamento de grande quantidade de aminoácidos que se imbricam em estruturas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias. Essas últimas, no entanto, dão ao polímero funcionalidade de modo que devem ser preservadas durante o processo de extração.

Entretanto por ter em sua base moléculas orgânicas as proteínas estão suscetíveis à desnaturação, processo que consiste na quebra de suas estruturas secundárias terciárias e quaternárias quando submetidas à aquecimento, agitação, radiação ou forças iônicas, o que acarreta na redução do seu coeficiente de solubilização (FIB, 2012).

Sendo a solubilidade fator relevantíssimo para o comércio da proteína de soja, pois permite a sua incorporação em outros alimentos, o processo conduzido não poderia expor a proteína de soja à temperatura que causasse a sua desnaturação, sob pena de perda de se perder seu valor comercial.

Como a desnaturação da proteína está ligada diretamente a temperatura e também ao tempo de exposição que resulta numa maior absorção de calor, imperioso quantificar a temperatura e o tempo máximo

de exposição da glicinina e β -conglucina proteínas existentes na soja, sem que ocorra a desnaturação.

Desse modo, a principal problemática é conciliar a homogeneização de solução no reator (maior em tempos de residência e temperaturas elevadas) com a manutenção da atividade proteica, que tem tais fatores como agentes nocivos.

Como método Experimental, foi utilizado farelo de soja desengordurado e pré-selecionado, que passou por processo de moagem a fim de aumentar a área de contato fator necessário para incrementar o rendimento na extração da proteína de soja. Em seguida foi conduzida análise granulométrica num conjunto de peneiras de Tyler com agitador, com agitação média e por 10 minutos. Da análise constatou-se que a granulometria do farelo de soja passou a ser inferior a 150 μm .

O farelo moído foi diluído em água à concentração de 6%. O ph foi ajustado para 8,3 com auxílio de uma solução de NaOH 3%, em seguida a solução foi mantida sob agitação constante cada amostra na temperatura e durante o tempo previsto no projeto experimental. Ao fim houve separação da mistura em uma centrífuga.

A parte sólida constituída de fibras foi removida, e a líquida transferida a um Becker que retornou ao banho maria, por outros 12 minutos, ajustando-se o ph a 4,5 com uma solução de HCl 3%, manteve-se a agitação constante.

A solução foi novamente centrifugada. Dessa vez descartou-se a parte líquida, constituída por carboidratos e resíduos. A parte sólida em que se encontram as proteínas foi transferida para um vidro relógio e levou-se o produto à estufa para secagem.

Os cristais de proteína foram macerados e em seguida realizou-se a determinação de proteína total pelo método Kjeldahl de quantificação do teor de nitrogênio orgânico presente na amostra.

Pesou-se 0,2 g de amostra para 1,5 g de catalisador (96 % de sulfato de potássio e 4 % de sulfato de cobre) juntamente com 5 mL de ácido sulfúrico concentrado para digestão da amostra, adicionando-se ocasionalmente

água oxigenada até a transformação total dos componentes da amostra em gás carbônico e água.

Nessa etapa o nitrogênio de origem orgânica é convertido a sulfato de amônia em meio ácido, para então realização da destilação, passando a meio básico na forma volátil NH_3 e sendo recolhida em solução ácida.

Em seguida, titulou-se a amostra com HCl para quantificação da proteína baseando-se na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Como a análise conduzida no presente experimento teve por objetivo quantificar a influência do tempo e da temperatura de cozimento da amostra após o ajuste do pH em 8,3 passo subsequente ao fim da moagem e diluição da amostra a 6% a variação da temperatura e do tempo centrou-se nesta fase do processo de extração.

A princípio, para que se estabelecesse correlação entre os pontos seriam necessárias a análise de 21 amostras, considerando a realização de triplicatas para cada um dos pontos de contorno.

Contudo, o planejamento experimental realizado permitiu a análise da curva de rendimento por meio de 8 amostras, cuja distribuição está apresentada na imagem 1.

As amostras no ponto central permitem dar solidez ao método, pois servem para o estabelecimento de padrões de desvio, média e variância. Já as extremidades subsidiam a realização do cálculo do rendimento teórico estabelecendo as porcentagens limítrofes.

Nesse caso, o método matemático opera por sistema semelhante ao de sucessivas interpolações, que conseguem estabelecer correlação aritmética entre os pontos sopesando a influência da temperatura e do tempo de cozimento no rendimento da amostra. Assim sendo, estabeleceu-se planejamento fatorial que permitirá a futura regressão linear dos dados.

Da análise da proteína extraída em cada uma das amostras foram obtidos os rendimentos correspondentes, apresentados na imagem 2.

Também realizou-se análise da umidade, primeiro do farelo, por secagem em estufa, resultando em 0,10 (b.s) (9,43% b.u) de umidade, valor inferior aos 0,24 a 0,26 % (b.s) encontrados por LUZ (2006) no farelo de

entrada no processo de secagem e também menor que os 0,16 % (b.s) analisados no farelo já seco pelo sistema avaliado de secador rotativo indireto.

Na umidade das fibras foram encontrados valores médios de 8,36 % (b.s) (89,31 % b.u) demonstrando que a composição de farelo e água foram bem homogêneos, porém também indicada perda de líquido no processo.

Os dados foram submetidos a análise computacional e aritmética no software Statistica 10 (STATSOFT, 2001) a fim de verificar as condições ideais de extração da proteína, confrontando a temperatura e o tempo, a final, sendo o procedimento dependente de duas variáveis ele não necessariamente encontrará seu grau máximo de rendimento no extremo de das duas condições, principalmente se elas forem inversamente proporcionais.

O modelo matemático foi determinado através de regressão linear pelo método de superfície de respostas aplicada aos resultados experimentais obtidos no planejamento fatorial.

As variáveis e seus códigos de planejamento experimental foram estabelecidas e listadas na imagem 3.

São também apresentados na imagem 4 a descrição dos coeficientes matemáticos de regressão e análise matemática da regressão linear. Onde estão listados os coeficientes CR que é o coeficiente de regressão, DP desvio padrão, t de student, LCI limite de confiança inferior (-92,5%), LCS limite de confiança superior (+92,5%).

Ainda sobre a análise e tratamento matemático dos dados, o confronto entre os dados teóricos e empíricos foi íntegro e preditivo, apresentando alto grau de correlação entre os rendimentos encontrados no software e aqueles originários da análise em laboratório, como mostrado na imagem 5.

Desse modo o tratamento matemático dos dados possui grau de confiabilidade suficiente para seu aproveitamento e utilização dos parâmetros apresentados.

A variação do tempo e da concentração de proteína deu origem ao gráfico da imagem 6, de análise do rendimento no processo.

Que em seu eixo x, correspondente à letra B, representa a variação da temperatura, tendo como ponto central 323 K e as variações de $\pm 1,0$ equivalem aos pontos de 313 e 333 K. Do mesmo modo, o eixo z, enunciado pela letra A, denota a variação do tempo. Seu ponto central remete a 1800 segundos e as variações de $\pm 1,0$ remetem aos tempos de 1200 e 2400 segundos.

No eixo y estão enunciados os rendimentos obtidos pelo confronto dos eixos x e y. Dessa maneira pode-se verificar que a melhor condição para extração da proteína de soja reside na submissão do farelo de soja a um cozimento por 1200 segundos e a uma temperatura de 333 K.

Se o aumento do rendimento fosse linear em ambas as condições de controle se esperaria que o melhor rendimento fosse na maior temperatura e no maior tempo, no entanto o mais eficiente dos métodos reside na maior temperatura e no menor dos tempos. Razão para tanto se encontra na desnaturação da proteína quando submetida a altas temperaturas por elevado tempo, o que foi demonstrado pelo gráfico.

De igual modo, verifica-se que a temperatura de 313 K é incipiente para a solubilização do farelo de soja e, seja qual for o tempo de cozimento, não trará um grau de rendimento aceitável.

Até a temperatura de 323 K o crescimento do rendimento com base na temperatura e no tempo é aparentemente linear, assim, crê-se que nestas temperaturas não ocorre desnaturação da proteína, qualquer que seja o tempo de residência no reator.

No entanto para temperaturas mais elevadas ponto em que se encontram os rendimentos desejáveis o controle da reação passa a ser ponto chave para a obtenção de bons resultados. Isso pois tem início o processo de desnaturação, que deve ser contido a partir da regrada submissão do farelo de soja à temperatura por tempo determinado.

Exemplifique-se, por exemplo, que o processo a 333 K e 2400 segundos obtém rendimento aproximado de 60 %, no entanto o mesmo rendimento

pode ser encontrado quando utilizada a temperatura de aproximadamente 331 K em 1200 segundos. No entanto, na segunda condição de operação a empresa economizaria em energia, pois necessitaria de um menor aquecimento e também obteria um processo produtivo duas vezes mais rápido.

3 CONCLUSÃO

O aprimoramento dos métodos nos processos industriais é pedra basilar e função precípua da engenharia, com vistas a obter um maior rendimento com base na mesma quantidade de produto, proporcionando assim a economia de recursos, o aumento do rendimento econômico e uma forma de produção sustentável arrazoada pela menor quantidade de insumos, sendo objetivo de qualquer unidade produtiva.

Os experimentos conduzidos buscaram analisar a variação do rendimento na extração da proteína de soja quando alterados o tempo e a temperatura de cozimento. Por meio de análises laboratoriais, verificou-se que o melhor grau de aproveitamento se encontra na submissão do farelo de soja a um cozimento por 1200 segundos, ou 20 minutos, a uma temperatura de 333 K, ou 60 °C.

O cozimento por tempo mais elevado causa a desnaturação da proteína e implica no decréscimo do rendimento, por outro lado a submissão do farelo de soja diluído a temperaturas pouco brandas obsta a sua solubilização e assim também implica no decréscimo do rendimento.

Assim, a otimização do processo produtivo de extração da proteína de soja se dá pela utilização dessas condições de controle, nas quais se obteve experimentalmente um rendimento de 82 %.

REFERÊNCIAS

FIB, Food Ingredientes Brasil. Revista n. 22 – 2012. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/245.pdf>>

FISCHER, M. Limiting factors for the enzymatic accessibility of soybean protein. 2006. 139 p. Tese (Doutorado em Agrotecnologia e Ciência de Alimentos). Department of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, Droevendaalsesteeg, 2006

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos / coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglia -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

LUSAS, E.W.; RHEE, K.C. Soy protein processing and utilization. In: ERICKSON, D.R. Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization. St. Louis: AOCS PRESS and the United Soybean Board, 1995, p. 117.

LUZ, G. R.; ANDRADE, C. M. G. ; JORGE, L. M. ; PARAISO, P. R. . Análise energética da secagem de farelo de soja em secador rotativo indireto. Acta Scientiarum. Technology (Online), v. 28, p. 173-180, 2006.

MORAES, Rita Maria de et al. CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE LINHAGENS DE SOJA COM ALTO TEOR DE PROTEÍNA. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.5, p.725-729. Brasília-DF, maio de 2006.

Sobre o(s) autor(es)

*Graduando em Engenharia Química pela Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC. e-mails: possenti22@gmail.com

crislaine.maccari@gmail.com.

rodrigo.simonetto@hotmail.com.

**Docente do curso de Engenharia Química da Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC. e-mail: micbrava@yahoo.com.br.

Imagem 1 - Programa de Planejamento de Análises

| Planejamento | | | | |
|---------------------|--------|------|------|------|
| Temperatura | | | | |
| Tempo | | 40°C | 50°C | 60°C |
| | 20 min | x | | x |
| | 30 min | | xxx | |
| | 40 min | x | | x |

Fonte: Os Autores (2017)

Imagem 2 - Rendimento da Extração de Proteínas

| Amostra | Tempo (s) | Temperatura (K) | Rendimento |
|---------|-----------|------------------|------------|
| I | 2400 | 313 | 28% |
| II | 2400 | 333 | 62% |
| III | 1800 | 323 | 31% |
| IV | 1800 | 323 | 47% |
| V | 1800 | 323 | 45% |
| VI | 1200 | 313 | 25% |
| VII | 1200 | 333 | 82% |

Fonte: Os Autores (2017)

Imagem 3 - Variáveis Estudadas

| Fatores | Níveis | | | |
|-----------------|--------|------|------|------|
| | Código | -1 | 0 | +1 |
| Tempo (s) | A | 1200 | 1800 | 2400 |
| Temperatura (K) | B | 313 | 323 | 333 |

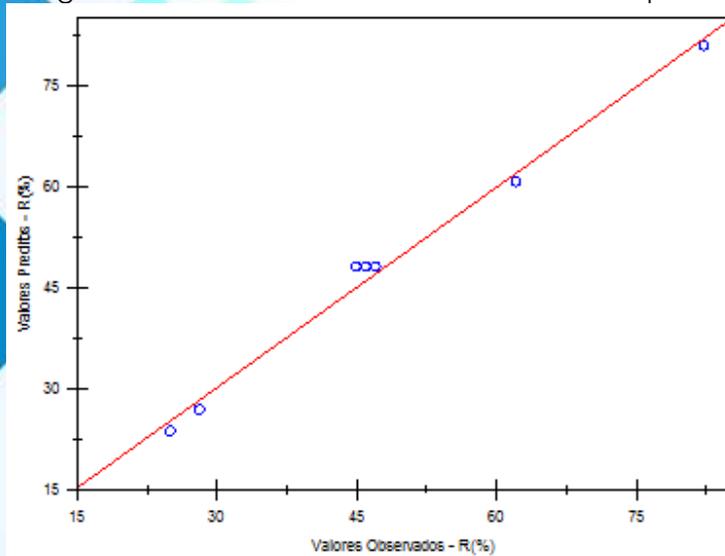
Fonte: Os Autores (2017)

Imagem 4 - Coeficientes de Regressão Linear

| Fator | CR | DP | t(3) | p | LCI | LCS |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Média | 47,96 | 1,04 | 46,30 | 0,000 | 45,18 | 50,73 |
| A | -4,22 | 1,37 | -3,08 | 0,054 | -7,90 | -0,55 |
| B | 22,82 | 1,37 | 16,66 | 0,000 | 19,15 | 26,50 |
| AB | -5,82 | 1,37 | -4,25 | 0,024 | -9,50 | -2,15 |

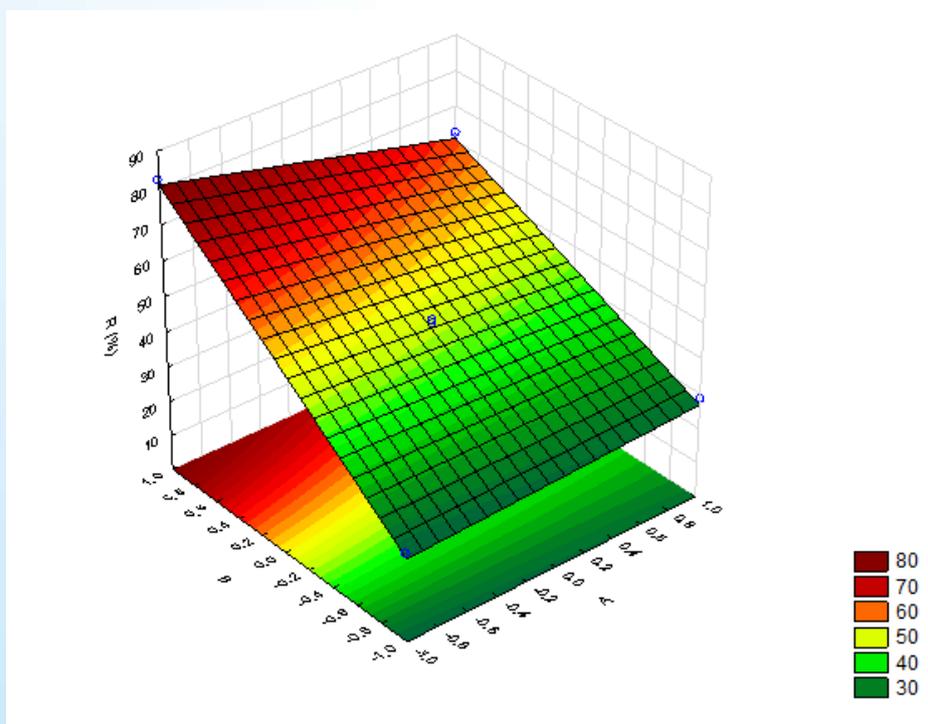
Fonte: Os Autores (2017)

Imagem 5 - Confronto entre dados teóricos e empíricos



Fonte: Os Autores (2017)

Imagem 6 - Gráfico de Análise do Rendimento do Processo



Fonte: Os Autores (2017)