

EFEITO DA ADIÇÃO DE CAL (CAO) NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE TORTA DE PINHÃO MANSO DESENGORDURADA PROCESSADA POR EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

Costa, C.V.^{1*}; Ortiz, J. A.R.¹; Takeiti, C.Y.²; Ascheri, J. L.R.²; Carvalho, C. W.P.²; Mendonça S.³; Corrêa, R.F.¹; Andrade, K. C.S.¹
¹UFRRJ; ²Embrapa Agroindústria de Alimentos; ³Embrapa Agroenergia*caioncosta@hotmail.com

1.Introdução

A procura entre várias fontes alternativas para a produção de biodiesel encontrou como alternativa a cultura do Pinhão-manso (*Jatrophas curcas L.*), uma planta oleaginosa tropical da família das euforbiáceas como uma fonte promissora de óleo com elevada capacidade de potencial rendimento no setor produtivo; sendo seu principal fator atrativo o grande teor de óleo produzido (cerca de 1500Kg de óleo/ha) em comparação ao teor de óleo produzido a partir da soja(500Kg de óleo/ha). Esta cultura é considerada atualmente uma opção agrícola viável em grande parte das regiões do país, inclusive no semi-árido nordestino pelo fato desta planta apresentar características muito resistentes a seca, ser perene e de fácil cultivo, podendo atingir a idade produtiva entre 3 a 4 meses de cultivo. O óleo de pinhão-manso está presente principalmente no albúmen dos frutos, sendo que no processo extração deste óleo geram-se cerca de 60% de torta, a qual constitui um excelente adubo orgânico rico em nitrogênio, potássio e fósforo, além de possuir um alto teor protéico (53 a 63%) em relação à semente integral, o que a torna útil como suplemento protéico altamente nutritivo na ração animal, sendo acrescida de carboidratos, lipídios residuais, vitaminas e sais minerais. A composição da torta pode variar em função de seu cultivo e na forma de extração utilizada para obtenção do óleo (prensa mecânica). A fração protéica presente é rica em aminoácidos sulfurados, e exceto pela lisina, os teores de todos os outros aminoácidos essenciais presentes atendem aos padrões sugeridos pela FAO (ADERIBIGBE et al., 1997;MAKKAR et al., 1998).

No entanto a viabilização para utilizar-se este co-produto na nutrição animal depende da remoção ou neutralização de seus fatores tóxicos existentes, como a curcina e os ésteres diterpenos (éster de forbol) que também são carcinógenos, os anti-nutricionais (taninos e fitatos) e alergênicos (proteína semelhante a albumina 2S, encontrada na mamona)(MACIEL et al.,2009, MARTINEX HERRERA et al.,2006); que são capazes de afetar o metabolismo animal podendo ocasionar sinais de diarreia, dispnéia, desidratação e perda das condições gerais, antes do óbito segundo estudos realizados com aplicações de doses agudas de 2,5g/Kg/dia e crônicas de 0,025g/Kg/dia de torta durante 14 dias em animais, levando-os nos dois casos à morte (ADAM,1974; AHMED e ADAM, 1979; LIBERELINO et al.,1998, EL BADAWI et al.,1992).

O uso da tecnologia no processamento através de extrusão termoplástica pode ser uma alternativa limpa e versátil que contribuí para a otimização da torta de

pinhão manso na elaboração de ração animal, combinando-se parâmetros operacionais do processo (rotação e configuração da rosca, temperatura do extrusor, conteúdo de umidade inicial e diâmetro da matriz), parâmetros do sistema (grau de cisalhamento, temperatura do produto, tempo de residência e pressão do sistema) e dos parâmetros estruturais ligados à matéria-prima, além de destruir microorganismos, aumentar a digestibilidade dos materiais empregados como ingredientes e ocupar uma menor área de trabalho e mão-de-obra, gerando um produto final de alto valor agregado e nutricional a partir do reaproveitamento de biomassa(resíduo) de baixo custo e a adição de agentes destoxificantes, que podem contribuir para redução ou eliminação dos fatores que são indesejáveis ao metabolismo animal.

No presente trabalho, misturas de pinhão manso com variado teor de umidade (20,5 a 25,5%), temperatura (106 a 173°C) e teor de CaO (1,6 a 8,4% do teor de torta) foram processadas em uma extrusora de laboratório de parafuso simples equipada com uma matriz circular com 4 mm de diâmetro e avaliadas tecnologicamente com análises de determinação do índice de expansão radial (IER), e índices de absorção (IAA) e solubilidade em água (ISA); com o objetivo de registrar-se os valores observados e analisá-los para otimização das propriedades tecnológicas da torta de pinhão manso adicionadas de pequenas quantidades de CaO para elaboração de ração animal com suplemento protéico, através do processo de extrusão termoplástica. Os índices de IER variaram de 0,59 e 0,89, enquanto que os valores de IAA e de ISA variaram de 3,11 a 4,06 e 7,03 a 12,93, respectivamente, indicando que o aumento da temperatura no processamento foi proporcional a degradação que ocorreu nas macromoléculas relatado pelo aumento do índice de solubilidade, segundo o delineamento experimental utilizado com a obtenção de gráficos de superfície de resposta.

2. Metodologia

2.1. Materiais

Torta de pinhão-manso desengordurada a partir de uma prensa mecânica, proveniente da Embrapa Agroenergia adicionadas de quantidades de óxido de cálcio(CaO) como agente destoxicante, o qual foi adquirido no comércio local do rio de Janeiro..

2.2. Métodos

Para as análises físicas de índice de expansão radial (IER), índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 2 peneiras arredondadas, com malhas de 106µm a 212µm e um fundo.
- Estufa com circulação de ar da marca Fabbe-Primar;
- Centrífuga, marca Hermler modelo Z383;
- Banho-maria marca Eberbach, Shaker Bath, cat n. 6250;
- Moinho granulador de facas e martelos, TREU, 7,5 cv., com peneira de 1 mm;
- Moinho de discos marca Laboratory Mill 3600;
- Moinho de discos marca Perten, tipo 3.600, Hz 60, W 750, RPM 1680;
- Balança eletrônica Mettler Toledo, modelo SB 12001;

- Balança analítica marca Mettler Toledo, AG 204;
- Extrusor Brabender rosca simples, modelo DSE 20DN, acoplado ao torque DSE 330, equipado com resistências elétricas nas três zonas ao longo do cilindro, sistema de alimentação e velocidade de rosca controlada em rpm (Duisburg, Alemanha);
- Agitador tipo vortex marca Genie 2 Scientific Industries;

2.3. Delineamento experimental

Serão analisadas as variáveis independentes: temperatura na terceira zona de aquecimento da extrusora (°C), umidade das mistura (%U), e porcental de cal (%). O efeito combinado das variáveis vai ser analisado para observar a sua incidência nos fatores determinantes da destoxificação (variável dependente). Propõem-se um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem. Os parâmetros do processo foram codificados (-1, 0, +1) de acordo com a equação (1):

$$x_i = X_i - Z/\Delta X_i \quad (1)$$

onde:

x_i = valor codificado da variável X_i ;

X_i = valor real da variável;

Z = valor real da variável no ponto central;

ΔX_i = valor do intervalo de variação do x_i .

O delineamento apresenta dois níveis de variáveis axiais $-\alpha$ e $+\alpha$. O valor depende do número fatorial ($F = 2^k$) do delineamento e do número de variáveis independentes ($K = 3$) sendo o valor definido pela equação (2):

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = 1.682 \quad (2)$$

O número de ensaios neste tipo de metodologia para o delineamento (fatorial completo) é $n = 2^k + 2k + m$, onde:

2^k é o número de pontos fatoriais

$2k$ é o número de pontos axiais

M é o número de replicatas do ponto central

Desta forma as unidades experimentais estudadas ficaram distribuídas da seguinte forma:

$2^k = 2^3 = 8$ pontos fatoriais

$2k = 2 \times 3 = 6$ pontos axiais

$M = 6$ replicações do ponto central

Total/Bloco =

20 unidades experimentais/bloco

Total de blocos =

4

Total de amostras =

80 unidades experimentais

A fim de se verificar se houve diferença entre as médias das variáveis respostas aplicou-se a ANOVA ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com Box e Draper, (1967), para a análise dos resultados experimentais, a metodologia proposta descreve o comportamento de um sistema no qual estão combinados as variáveis independentes X_k e a variável de resposta Y_i . Na equação (3) observa-se como vai se definir a resposta :

$$Y_i = F(X_1, \dots, X_k) \quad (3)$$

Um análise de regressão, vai ajustar um polinômio de segunda ordem como as variáveis explicativas (X_k) para cada resposta (Y). Equação 4:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad (4)$$

onde:

Y_i = função de resposta;

X_1, X_2 e X_3 = valores das variáveis independentes;

β_0 = coeficiente relativo à interpretação do plano com o eixo resposta;

β_1, β_2 e β_3 = coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

β_{11}, β_{22} e β_{33} = coeficientes das variáveis quadráticas;

β_{12} = coeficientes de interação entre as variáveis independentes;

ε = erro experimental.

O desenho do experimento é um delineamento fatorial incompleto 3^3 com três variáveis independentes (temperatura na terceira zona da extrusora X_1 , Umidade das misturas X_2 e porcentual de cal X_3) e seus correspondentes valores codificados. Apresenta-se na tabela 1 os níveis codificados (-1, 0, +1) e os axiais ($-\alpha, +\alpha$). Os valores reais apresentam-se na tabela 2.

Tabela 1 Níveis codificados das variáveis independentes do experimento com cal

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha=1,682$	-1	0	+1	$+\alpha=1,682$
X_1	106,36	120	140	160,0	173,64
X_2	14,63	16	18	20,0	21,36
X_3	1,63	3	5	7,0	8,36

X_1 = temperatura(°C); X_2 = umidade de processamento(%); X_3 = (%) de CaO

2.4. Metodologia

O processo de elaboração dos extrudados a partir da torta de pinhão manso adicionados de variadas concentrações de CaO foi realizado numa Extrusora Brabender de rosca simples, modelo DSE 20DN, acoplado ao torque DSE 330, equipado com resistências elétricas nas três zonas ao longo do cilindro, sistema de alimentação e velocidade de rosca controlada em RPM; segundo o delineamento experimental abaixo. A elaboração de cada amostra foi iniciada após a homogeneização das mesmas, um dia anterior a extrusão para ocorrer a dispersão equitativa da umidade dentro da amostra e a devida mistura das substâncias presentes na torta com o agente destoxicante.

2.5. Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

A determinação do ISA e IAA foi realizada conforme os princípios básicos do método descrito por Anderson et al. (1969), modificada. Análises em quadruplicatas foram realizadas de cada ensaio a fim de verificar a absorção e a solubilidade em água do produto extrusado.

O IAA indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amido?! de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico, ou seja, o quanto de gel é formado por grama de base seca. O ISA indica a severidade do tratamento térmico e a conseqüente desramificação da estrutura do produto.

O cálculo para índice se absorção em água é realizado de acordo com a equação adaptada por Hashimoto e Grossmann (2003), como segue:

$$IAA = \frac{\text{Peso.do.precipitado.retido.no.fundo.do.tubo.da.centrifuga}}{\text{peso.sec.o.original.da.amostra}}$$

$$ISA = \left(\frac{\text{Peso.do.desidratado.presente.no.sobrenadante}}{\text{peso.original.da.amostra}} \right) * 100$$

2.6. Índice de expansão radial

O índice de expansão dos extrudados será calculado pela relação entre o diâmetro da amostra e o diâmetro da matriz, conforme a metodologia proposta por Alvarez-Martinez et al. (1988). Serão tomadas as medidas de peço menos 6 diferentes extrusados dentro de cada tratamento.

$$\text{Índice de Expansão Radial (IER)} = \left[\frac{D}{D_0} \right]^2$$

Onde D é igual ao diâmetro do extrusado ao atingir a temperatura ambiente e D₀ é o diâmetro da matriz.

Análise estatística dos Resultados

Pretende-se determinar um modelo estatístico preditivo que explique a variação dos dados de destoxificação, para que se proceda a otimização da formulação, caso fossem obtidos modelos significativos e preditivos. Serão analisadas 20 amostras para a variável dependente destoxificação, e os gráficos de superfície de resposta serão obtidos utilizando os valores reais das variáveis dependentes estudadas, já para o cálculo dos coeficientes e as análises de variância se utilizara os valores codificados das variáveis independentes obtidas pela Metodologia de Superfície de Resposta (MRS) utilizando o programa Statistica para Windows versão 6.0(Tulsa,EUA). Os gráficos apresentados serão plotados em função de duas variáveis, mantendo-se para a outra variável o valor constante relativo ao ponto central.

Conforme Barros Neto; Khuri e Cornell; e Scarminio e Bruns;(1995,2001); o coeficiente de determinação(R^2) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Desse modo, quanto maior o (R^2), isto é, quanto mais próximo de 1 menor será o erro e melhor o modelo. Segundo estes autores, modelos com (R^2) < 0,60 deve ser usados somente como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos.

3.RESULTADOS e DISCUSSÕES

3.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

Nos resultados obtidos neste trabalho para os IAA e ISA dos extrudados de torta de pinhão-manso adicionados com cal (CaO), apresentados na tabela 2 abaixo e com o auxílio dos gráficos de superfície de resposta(MRS) gerados, observou-se que a elevação da temperatura no processamento foi proporcional ao aumento do ISA, decorrente da degradação das macromoléculas presentes na mistura utilizada e segundo a equação do modelo preditivo, descrita abaixo, estas variáveis não apresentam uma resposta significativa para a função quadrática.

ISA= 10,22+0,67X1-0,64X1x2
MODELO PREDITIVO
 IAA= 3,51+0,16x2-0,116x1x2-0,095x2x3
 modelo preditivo

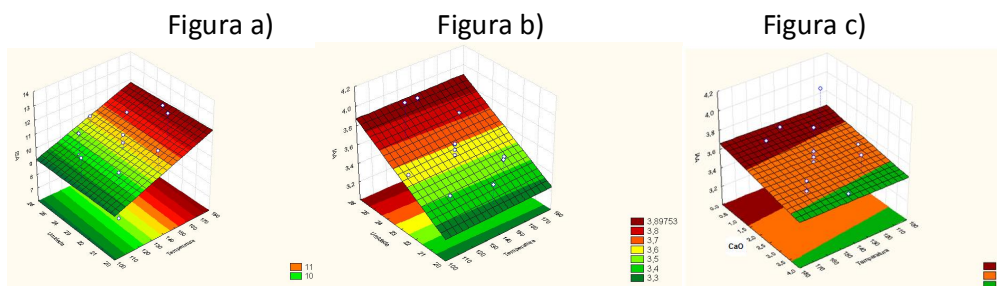


Figura a) Efeito da temperatura e umidade sobre o ISA; Figura b) Efeito da temperatura e umidade sobre o IAA; Figura c) Efeito da temperatura e % de CaO sobre o IAA.

3.2 Índice de expansão radial

. As tabela 2 abaixo apresenta os resultados de ISA e IAA e IER para os extrudados de torta de pinhão-manso adicionados com CaO:

Tabela 2.

Amostra	VARIÁVEIS INDEPENDENTES			VARIÁVEIS DEPENDENTES		
	Temperatura	Umidade de Processamento (%)	Porcentual de CaO	ISA	IAA	IER
T01	120	21,5	1	7,02982427	3,10568381	0,7821
T02	160	21,5	1	12,93249118	3,54657093	0,8231
T03	120	24,5	1	11,1787912	4,05898873	0,6618
T04	160	24,5	1	11,1781395	3,72719655	0,5954
T05	120	21,5	3	10,3658153	3,38887847	0,81
T06	160	21,5	3	10,7052044	3,51266477	0,8062
T07	120	24,5	3	9,61826952	3,65404722	0,6861
T08	160	24,5	3	10,7366644	3,61993003	0,7196
T09	140	23	2	10,8692139	3,4664559	0,6571
T10	140	23	2	10,2285985	3,36134296	0,825
T11	140	23	2	11,2477771	3,54177323	0,6927
T12	140	23	2	9,61826952	3,65404722	0,6734
T13	140	23	2	9,53942715	3,46301533	0,8326
T14	140	23	2	9,95296438	3,59230589	0,8566
T15	196,36	23	2	10,9896017	3,54076395	0,8584
T16	173,64	23	2	12,9517134	3,50038862	0,8498
T17	140	20,47	2	11,7622203	3,48654544	0,8867
T18	140	25,523	2	11,8294745	3,30409997	0,6071
T19	140	23	0,3	9,33726532	3,65867831	0,8421
T20	140	23	3,68	9,94384685	3,47333532	0,6273

4. Conclusão

Pode-se observar na Figura 4a, 4b e 4c, o efeito da umidade e da adição de CaO em uma ampla faixa de temperatura na obtenção de ração para alimentação de animais ruminantes, no qual deseja-se um produto extrudado com baixa atividade de água afim de otimizar o seu armazenamento antes da utilização. Os valores de IER variaram de 0,59 e 0,89. Com respeito aos valores de IAA e de ISA variaram de 3,11 a 4,06 para IAA e 7,03 a 12,93 para o ISA. Os resultados indicaram que o aumento da temperatura no processamento resultou em uma maior degradação das macromoléculas pelo aumento do índice de solubilidade. Estes resultados permitiram obter modelos matemáticos preditivos, em função do bom ajuste e condução do experimento nas condições propostas.