

MODELAGEM MATEMÁTICA DA FARINHA DA ENTRECASCA DA MELANCIA PARA UTILIZAÇÃO EM SOPAS

ANA MARIA GOMES BATISTA ¹, ALESSANDRA SOARES FELIX ², IVANO ALESSANDRO DEVILLA ³

¹ Engenheira Agrícola, mestranda, PPGEA/UEG, Anápolis-Goiás, anaana.amg@gmail.com

² Engenheira Agrícola, mestranda, PPGEA/UEG, Anápolis-Goiás, alessandraf.qi@gmail.com

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Assist. Pós-Doutor, PPGEA/UEG, devilla@ueg.br

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Subprodutos de frutas compreendem quantidades significativas de fibras e demais componentes indispensáveis à alimentação humana. O consumo habitual dessas frações pode reduzir significativamente riscos de doenças. O presente trabalho teve por objetivo analisar as modelagens matemáticas e avaliação do ajuste dos modelos matemáticos para a farinha da entrecasca da melancia. A farinha da entrecasca da melancia foi submetida a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em triplicata. Os modelos matemáticos descritos, foram ajustados aos dados experimentais através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 12. Os modelos de Page e Aproximação da Difusão apresentaram melhores resultados para o ajuste dos dados.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus* schrad, secagem, modelos matemáticos

MATHEMATICAL MODELING OF WATERMELON BARBECUE FLOUR FOR USE IN SOUPS

ABSTRACT: Fruit by-products comprise significant amounts of fiber and other components essential for human nutrition. Regular consumption of these fractions can significantly reduce disease risks. The present work aimed to analyze the mathematical modeling and evaluation of the adjustment of the mathematical models for the watermelon rind flour. The watermelon rind flour was submitted to Scanning Electron Microscopy (SEM) in triplicate. The mathematical models described were fitted to the experimental data through nonlinear regression, by the Quasi-Newton method, using the Statistic 12 program. The Page and Diffusion Approximation models showed better results for data fitting.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus* schrad, drying, mathematical models

INTRODUÇÃO: A melancia, *Citrullus lanatus* Schrad., é conhecida como um fruto com alta fonte de compostos com propriedades funcionais, se destacando o licopeno, a vitamina C e os compostos fenólicos, nos quais apresentam funções preventivas às doenças degenerativas e cardiovasculares (TARAZONADIAZ *et al.*, 2011). Esses compostos bioativos constituídos no fruto, proporcionam outros inúmeros benefícios à saúde, como diminuição do risco de doenças relacionadas ao envelhecimento, obesidade, diabetes e vários tipos de alívio do câncer (POTENCIAIS.,2020). Estudos mostram que subprodutos de frutas compreendem quantidades significativas de fibras e demais componentes indispensáveis à alimentação humana. O consumo habitual dessas frações pode reduzir significativamente riscos de doenças. Assim a entrecasca da melancia é um subproduto rico em fibra alimentar, e seu aproveitamento na elaboração de produtos alimentícios pode contribuir para o aumento dos teores de fibra insolúvel na dieta, bem como reduzir os desperdícios industriais. (GUIMARÃES, FREITAS E SILVA, 2010). Sendo assim, uma das formas de minimizar a perda de alimentos perecíveis é através da secagem do alimento, que consiste num processo de retirada do máximo de água contida no produto visando

preservar a sua qualidade (PALACIN et al., 2005). Neste sentido, a produção da farinha de vegetais, através da secagem, pode ser uma alternativa para o reaproveitamento do vegetal não conforme e para a agregação de valor comercial ao produto. Tendo em vista o emprego da secagem para obtenção da farinha da entrecasca da melancia, o presente trabalho teve por objetivo analisar as modelagens matemáticas e avaliação do ajuste dos modelos.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Química e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, Campus Central Sede - Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas (CET/UEG). Os frutos de melancia (*Citrullus lanatus* Schrad) foram adquiridos na Central de abastecimento (Ceasa), localizada no município de Anápolis. Os frutos foram higienizados, iniciando-se com uma pré-lavagem em água corrente para remoção de sujidades. Em seguida, sanitizados (mergulhados em solução de hipoclorito de sódio por 15 minutos), e novamente higienizados em água pela imersão. A entrecasca de melancia foi separada da casca e da polpa, utilizando faca, sendo, em seguida, cortada em 3mm de espessura e, posteriormente, fatiadas e processadas com o auxílio de um liquidificador doméstico até sua completa dissolução.

A entrecasca da melancia foram colocadas em cestas teladas e submetidas a secagem em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 60 °C, 70 °C e 80°C, as cinéticas de secagem foram realizadas pesando-se as cestas com as amostras em intervalos regulares até atingirem o equilíbrio dinâmico com o ar de secagem. Em seguida foi determinado o teor de água das amostras em estufa a 105 °C (IAL, 2008), sendo calculadas as razões de umidade. A farinha da entrecasca da melancia foi submetida a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em triplicata. Os modelos matemáticos descritos na Tabela 1 foram ajustados aos dados experimentais através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 12.

Tabela 1 - Modelos matemáticos que foram utilizados para ajustar os dados da farinha da entrecasca da melancia:

Designação do modelo	Modelo Matemático
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$
Thompson	$RX = \exp(-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}) / 2 \cdot b$
Aproximação da Difusão	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$
Midilli	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$

Em que: RX - razão de teor de água, adimensional; a, b, k, n, q - parâmetros dos modelos; t - tempo de secagem, min.

Para seleção do melhor modelo matemático foram considerados o coeficiente de determinação (R²), o desvio quadrado médio (DQM). Sendo considerado como ajuste satisfatório o modelo que apresentar os maiores valores de R², os menores valores de DQM e distribuição aleatória dos resíduos.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pred} - RU_{exp})^2}{N}} \quad (1)$$

Em que: DQM: desvio quadrático médio; RU_{pred}: razão de umidade predita pelo modelo; RU_{exp}: razão de umidade experimental; N: número de observações realizadas durante o experimento. Os resultados foram expressos na forma de média e desvio-padrão e submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey, adotando-se 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), faz uso de elétrons no lugar de fótons utilizados em um microscópio óptico convencional, permitindo assim solucionar problemas que são relacionados a com a fonte de luz branca. Detém de um feixe principal, sendo a função de qualquer microscópio, tornar visível ao olho humano o que for muito pequeno para tal (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007). Em relação ao conteúdo farináceo observado por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), apresentou área superficial sem rachaduras e de diferentes

diâmetros, com exclusivo conteúdo de fibras para a farinha de melancia neste estudo (Figuras 1). Dentre as imagens, não foi observado nenhum tipo de material estranho, bem como grânulos ou particulados da farinha. Com respeito ao tamanho e forma dos grânulos, Singh et al. (2003), referem que as características morfológicas de pós/farinhas de diferentes fontes variam de acordo com o genótipo e práticas culturais de cada cultura. O tamanho dos grânulos pequenos varia de 1- 20 μm e variações de 1-100 μm para grandes grânulos, sendo de forma semiesférica e esférica. O tamanho dos grânulos foram de 10 μm , nos quais foram classificados como grânulos pequenos.

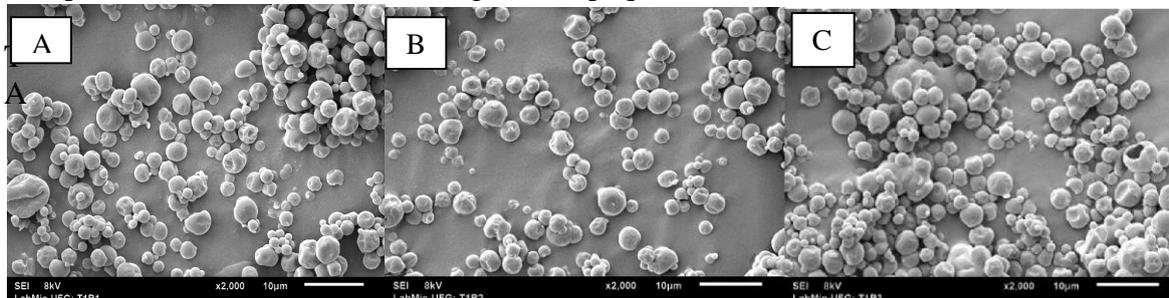


Figura 1: Microfotografias aproximadas em 2000x de farinha extraído da melancia (*Citrulluslanatus*). A) TIR1. B)TIR2.C)TIR3.

TABELA 2. Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios(DQM) dos modelos matemáticos ajustados.

Modelo	Temp. °C	a	b	c	n	k	K_0	K_1	R^2	DQM	
Henderson e Pabis	60	0,96138	**	**	**	0,06311	**	**	0,92014	0,95924	0,02052
	70	1,0587				0,0132					
	80	1,0750				0,0289					
Page	60	**	**	**	95694	0,07473	**	**	0,99881	0,9962	0,01354
	70	**			1,895	0,0025					
	80	**			1,4052	0,0014					
Thompson	60	0,0627	0,0264	**	**	**	**	**	0,9195	0,92891	0,01468
	70	0,0052	0,0040								
	80	0,00254	0,0055								
Aproximação da Difusão	60	-64,283	0,79201	**	**	0,77708	**	**	0,9915	0,99746	0,0146
	70	-59,845	0,8945			0,0035					
	80	-42,845	0,9852			0,00589					
Midilli	60	1,15	0,00759	**	1,35	0,03	**	**	0,9536	0,9829	0,006
	70	1,17	-0,002		1,27	0,0012					
	80	0,995	0,00001		1,15	0,0023					
Dois Termos	60	0,57	0,38	**	**	**	0,0631	0,63105	0,99314	0,99	0,02
	70	0,59	0,5025				0,0728	0,895			
	80	0,62	0,5523				0,0891	1,20			

Fonte: Autor (2022).

De acordo com os modelos matemáticos acima, pode-se observar que os modelos de page e aproximação da difusão apresentaram melhores R^2 e DQM, sendo que foram escolhidos os maiores R^2 e menores DQM, esses modelos podem ser utilizados para a descrição dos dados experimentais. De acordo com Gonçalves et al. (2016), observou os melhores ($R^2 > 0,998$) e ($DQM < 0,02$) para a casca e polpa da banana verde em estufa nas temperaturas de 55, 65 e 75°C, observaram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Page. De acordo Costa et al. (2015), ajustaram diversos modelos matemáticos ao processo de secagem dos frutos de *Crambe abyssinica* nas temperaturas de 35, 45, 60, 75 e 90 °C observaram-se que o modelo que melhor descreveu os processos de secagem em estudo foi o de Aproximação da difusão e Midilli, resultados também encontrados por Santos et al. (2016), onde estudando a secagem em camada fina do fruto da palma nas temperaturas de 50, 60 e 70°C em estufa com circulação forçada de ar, observaram que o modelo de Aproximação da Difusão apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais.

CONCLUSÕES: A secagem promoveu redução nos tempos de desidratação, os modelos

de Page e Aproximação da Difusão apresentaram melhores resultados para o ajuste dos dados e também melhores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Estadual de Goiás, e o laboratório Mic da Universidade Federal de Goiás.

REFERÊNCIAS:

GUIMARÃES, R.R. FREITAS, M. C. J. de. SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010.

GUIMARÃES, R. R.; VAN BOEKEL, S. Elaboração de suco de maracujá enriquecido com frutooligossacarídeos a partir da utilização da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Revista Nutrição Brasil**, v. 5, n. 6, p. 308-314, 2007.

POTENCIAIS NUTRACÊUTICOS VERSÁTEIS DA MELANCIA - uma fruta modesta carregada com fitoquímicos valiosos do ponto de vista farmacêutico. **Jornal Moléculas**, Santa Catarina, p. 2-3, 11 nov. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7698065/pdf/molecules-25-05258.pdf>. Acesso em: 6 maio 2021.

PALACIN, J. J. F. et. al. Determinações das curvas de secagem de milho nas espigas (*Zea mays* L.). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n. 4, v. 13, p. 300-313, out./dez.2005

TARAZONA, M. S.; VIEGAS, J.; MOLDAO-MARTINS, M.; AGUAYO, E Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. **Journal ScienceFood Agricultural**; v. 91, p. 805–812, 2011.