

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM DO RESÍDUO DE MALTE

**Moisés Laureth Rios¹, Pedro Henrique Souza Muzi¹, Cintia da Silva Araújo¹,
Leandro Levate Macedo², Luciano José Quintão Teixeira¹, Sérgio Henriques
Saraiva¹**

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto
Universitário - 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, moiseslaureth@gmail.com, pedro.muzi@edu.ufes.br,
araujo.s.cintia@gmail.com, luteixeira@yahoo.com.br, sergiohsaraiva@gmail.com

²Instituto Federal do Espírito Santo, Avenida Elisabeth Minete, 500– 29375-000 – Venda Nova do
Imigrante-ES, Brasil, leandrolevate@hotmail.com.

Resumo

O bagaço de malte é um material rico em fibras e proteínas podendo ser utilizado na produção de suplementos alimentares para ruminantes e também no desenvolvimento de novos produtos. Neste trabalho, avaliou-se a cinética de secagem do bagaço de malte em um secador de leito fixo em diferentes temperaturas de secagem, sendo elas 40, 50, 55, 60 e 70 °C. Para cada temperatura, o ajuste dos modelos de Lewis, Henderson & Pabis e Page foi realizado e comparado. Os resultados mostraram que os tempos de secagem foram de 3360, 2340, 1980, 1560 e 1440 minutos para as temperaturas de 40, 50, 55, 60 e 70 °C, respectivamente. Dentre os modelos testados o modelo de Page foi o que apresentou os melhores resultados, apresentando um melhor ajuste em todas as temperaturas testadas.

Palavras-chave: Bagaço de malte. Secagem convectiva. Modelo de Page.

Área do Conhecimento: Ciências da saúde/Ciência e tecnologia de alimentos.

Introdução

Devido ao aumento na produção das agroindústrias e surgimento de novos produtos no mercado, ocorre também um crescimento na quantidade de resíduos que são gerados por elas. Desse modo, há uma preocupação quanto ao fator ambiental relacionado ao descarte e tratamento desses resíduos gerados e como reduzir seus impactos. Muitas das vezes esses resíduos podem conter propriedades que permitam a sua reutilização, com possibilidades de desenvolvimento de novos produtos, adquirindo maior valor e possibilidades para as agroindústrias (ALEXANDRE et al., 2013).

A produção de cerveja consiste na obtenção do malte, preparo do mosto, fermentação, processamento da cerveja e envase. Ao fim do processo industrial são gerados subprodutos, o bagaço de malte é o principal deles, correspondendo a 85% dos resíduos produzidos, o resíduo úmido de cervejaria (KLAGENBOECH; SILVA, 2012).

O bagaço de malte é rico em fibras e proteínas e é considerado um material lignocelulósico contendo aproximadamente 17% de celulose, 28% de hemicelulose e 28% de lignina (MELLO et al., 2013). Uma das características do bagaço de malte é seu teor de umidade elevado, sujeito a uma rápida deterioração por agentes microbianos. Uma maneira de contornar esse problema, viabilizando assim o armazenamento e transporte do produto, é a utilização do processo de secagem deste resíduo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da temperatura de secagem sobre as cinéticas de secagem do bagaço de malte.

Metodologia

O bagaço de malte foi obtido por meio de doação pela microcervejaria Confraria Prata®, localizada no município de Jerônimo Monteiro-ES. O material foi submetido ao congelamento a fim de conservar suas propriedades até a realização dos experimentos.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Para as secagens, o bagaço foi espalhado em bandejas, com dimensões 50 cm comprimento x 40 cm de largura x 2 cm de altura, e colocadas em um secador de bandejas com circulação forçada de ar, com velocidade média de 1,5 m/s. As temperaturas utilizadas foram de 40, 50, 55, 60 e 70 °C.

A massa das amostras foi registrada ao longo do tempo para elaboração das curvas de cinética de secagem. Os modelos matemáticos de Lewis, Henderson & Pabis e Page (Tabela 1) foram ajustados para cada temperatura, por meio da análise de regressão não linear.

A cinética de secagem foi avaliada em termos da razão de umidade, definida por:

$$RU = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e},$$

onde X_t é o teor de água, em base seca, em qualquer instante de tempo, X_e é o teor de água na condição de equilíbrio e o X_0 é o teor de água inicial.

Tabela 1 - Modelos matemáticos ajustados, com suas respectivas equações.

Modelos para ajuste	Equação
Henderson & Pabis	$RU = Ce^{-kt}$
Page	$RU = e^{-kt^n}$
Lewis	$RU = e^{-kt}$

Fonte: o Autor.

Os modelos ajustados foram comparados pelo coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) e pelo erro padrão da regressão (S).

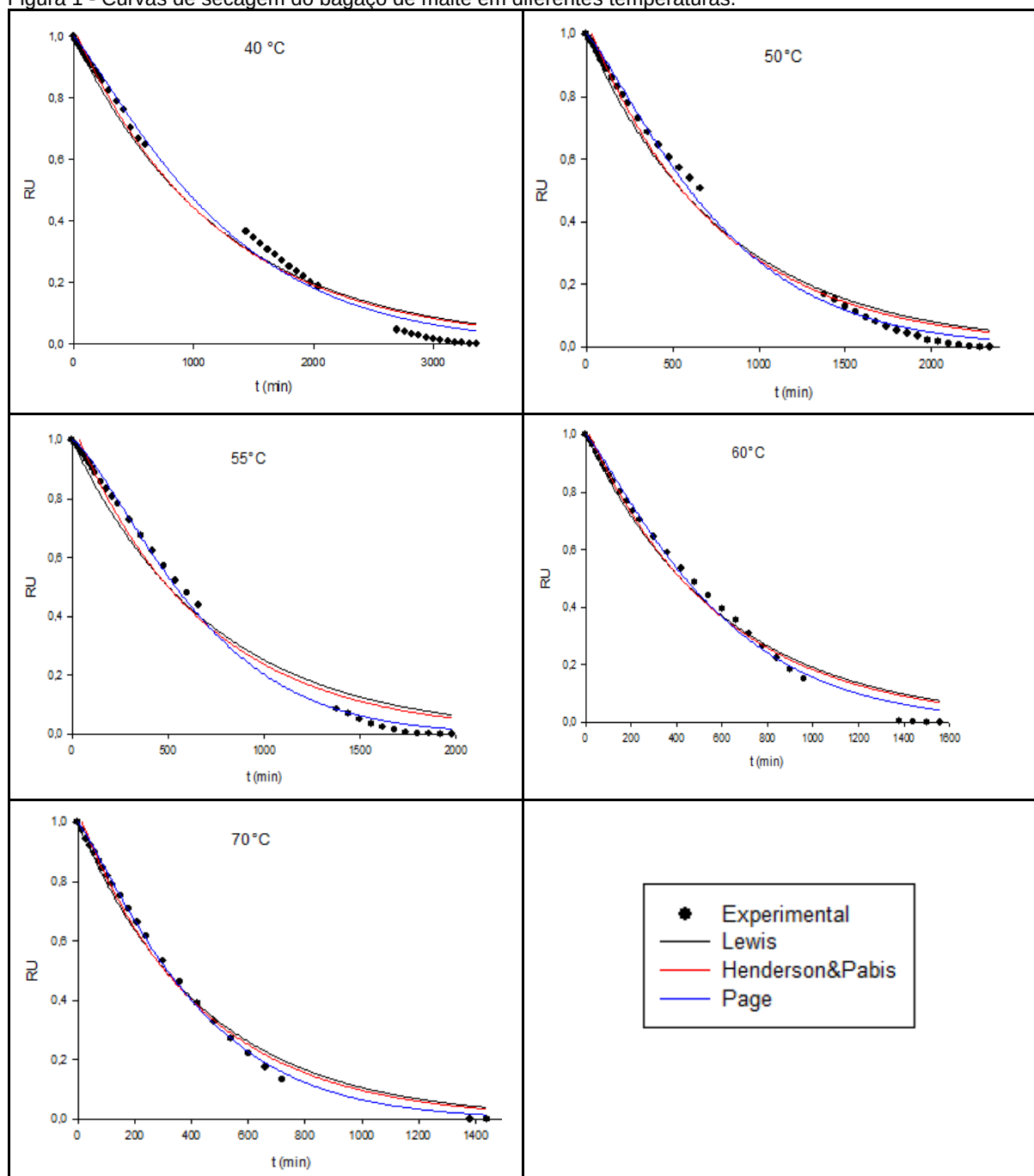
Resultados

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de cinética de secagem do bagaço de malte nas diferentes temperaturas.

Os valores obtidos para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) e para o erro padrão da regressão (S) de cada um dos modelos são apresentados na Tabela 2.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 - Curvas de secagem do bagaço de malte em diferentes temperaturas.



Fonte: o Autor.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 2 - Modelos ajustados com seus respectivos valores de coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da regressão para as diferentes temperaturas testadas.

Temperatura (°C)	Modelo	Equação ajustada	R^2_{Adj}	S
40	Lewis	$RU = e^{-0,0008 t}$	0,9872	0,0441
	H&P	$RU = 1,0284 e^{-0,0008 t}$	0,9883	0,0420
	Page	$RU = e^{-0,0002 t^{1,1881}}$	0,9929	0,0327
50	Lewis	$RU = e^{-0,0012 t}$	0,9872	0,0449
	H&P	$RU = 1,0444 e^{-0,0013 t}$	0,9899	0,0397
	Page	$RU = e^{-0,0003 t^{1,2346}}$	0,9971	0,0214
55	Lewis	$RU = e^{-0,0014 t}$	0,9782	0,0591
	H&P	$RU = 1,0608 e^{-0,0015 t}$	0,9838	0,0509
	Page	$RU = e^{-0,0001 t^{1,3579}}$	0,9975	0,0200
60	Lewis	$RU = e^{-0,0017 t}$	0,9854	0,0412
	H&P	$RU = 1,0321 e^{-0,0017 t}$	0,9872	0,0386
	Page	$RU = e^{-0,0005 t^{1,1929}}$	0,9936	0,0273
70	Lewis	$RU = e^{-0,0022 t}$	0,9902	0,0325
	H&P	$RU = 1,0357 e^{-0,0024 t}$	0,9928	0,0277
	Page	$RU = e^{-0,0007 t^{1,1902}}$	0,9985	0,0127

Fonte: o Autor.

Discussão

A partir dos dados obtidos é possível perceber que a temperatura do ar de secagem influenciou no tempo total do processo. Isso pode ser observado pelo decréscimo no tempo de processo com o aumento da temperatura, que, para alcançar o equilíbrio, foi preciso aproximadamente 3360, 2340, 1980, 1560 e 1440 minutos para as temperaturas de 40, 50, 55, 60 e 70 °C, respectivamente. Tal comportamento já era esperado, uma vez que a temperatura do ar de secagem aumenta a taxa de secagem.

O ajuste de modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem é de grande importância na tomada de decisão e contribui na melhoria da eficiência do processo de secagem (Radünz *et al.*, 2011). A utilização desses estudos de cinética de secagem tem como função conhecer o comportamento do material estudado ao longo do processo de secagem. A modelagem do processo é útil no desenvolvimento e otimização dos secadores. Além disso, possibilita a padronização do processo, tendo como consequência, uma produção economicamente viável no final do processo de secagem (CARVALHO, 2014).

Observando os resultados apresentados, confirma-se que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados, apresentando um coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) acima de 0,99 para todas as temperaturas testadas e apresentou, também, menor erro padrão de regressão (S). Sendo assim, escolheu-se o modelo de Page para representar a cinética de secagem do bagaço de malte.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Castro, *et al.* (2022), ao estudarem a secagem de bagaço de malte, constataram que o modelo de Page também foi o que melhor se ajustou à cinética de secagem, observando também, que por meio da análise estatística, o efeito da temperatura de secagem influenciou significativamente no valor do tempo de equilíbrio do processo. Resultados semelhantes foram obtidos por Vimercati *et al.* (2020), ao estudarem o processo de secagem de massa alimentícia enriquecida com espinafre. Outros autores, trabalhando com secagem em leito de espuma de caldo de cana (MARQUES *et al.*, 2016), acerola (ARAÚJO *et al.*, 2017) e morango (VIMERCATI *et al.*, 2019) também verificaram que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Conclusão

O bagaço de malte é um subproduto da indústria cervejeira que apresenta potencial para utilização. No entanto, o alto teor de umidade desse material deve ser reduzido para permitir sua aplicação posterior. O presente estudo mostrou como a temperatura do ar de secagem influencia no tempo total do processo de secagem do bagaço de malte, sendo observado um decréscimo de mais de 50% no tempo de secagem com o aumento da temperatura de 40 para 70 °C. Observou-se também, que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas temperaturas testadas, sendo este o modelo mais adequado para representar a secagem desse material.

Referências

- ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. de. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 604-646, 2013.
- ARAÚJO, C.S. et al. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, p. e2016152, 2017.
- CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leito de espuma**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- CASTRO, L. E. N.; MATHEUS, L. R.; COLPINI, L. M. S. Optimization of brewers' spent grain drying process Otimização do processo de secagem do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 14481-14488, 2022.
- KLAGENBOECH, R., SILVA, G. M. C. Influência da velocidade cinética de secagem e nas características nutricionais da mistura de bagaço de malte e levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). In: XVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, Paraná, 2012. p. 1-8.
- MARQUES, G. M. R., ARRUDA, R. S., SILVA, A. A. L. Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto. **Brazilian Journal of Food Research**, v.7, n.2, p.16-29, 2016.
- MELLO, L. R. P. F.; VERGÍLIO, R. M.; MALI, S. **Caracterização química e funcional do resíduo fibroso da indústria cervejeira**. Anais do III simpósio de bioquímica e biotecnologia - BBR - biochemistry and biotechnology reports - ISSN 2316-5200 Número especial v. 2, n. 3, p. 191-194, 2013.
- RADÜNZ, L. L. *et al.* Avaliação da cinética de secagem de carqueja. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 1, p. 19-27, 2011.
- VIMERCATI, W.C. et al. Efeito da temperatura na cinética de secagem em leito de espuma e na degradação de antocianina em morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, p. e2018221, 2019.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

VIMERCAT, W.C. et al. Influence of drying temperature on drying kinetics, energy consumption, bioactive compounds and cooking quality of pasta enriched with spinach. **Journal of Food Process Engineering**, v.43, p. e13571, 2020.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e à A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa de Pesquisador Capixaba de Sérgio Henriques Saraiva.