

CAPÍTULO 5

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DA SECAGEM DE RIZOMAS DE AÇAFRÃO (*CURCUMA LONGA L.*)

Ianca Dalila Arguelho Bado
Martinha Oliveira Barros
Nayane Tinno Fonteles
Leandro Osmar Werle
Raquel Manozzo Galante

RESUMO

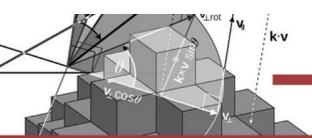
A secagem é um dos processos mais tradicionais utilizados para conservação de alimentos, pois o teor de água presente é reduzido e assim o crescimento microbiológico é minimizado. O gênero *Cúrcuma* é composto por mais de 80 espécies de rizomas, dentre esses se destaca o *Curcuma longa L.* que é originário da Ásia, mas cultivado e amplamente consumido no Brasil. Mundialmente, vem sendo utilizado nos setores têxtil, farmacêutico e alimentício desde a antiguidade. O objetivo deste estudo foi avaliar a cinética de secagem pelo mecanismo da difusão mássica para fatias de açafrão (*Curcuma longa L.*), em um secador de bandejas e determinar tanto o coeficiente de difusividade efetiva quanto a constante de secagem na temperatura de $65^{\circ}\text{C}\pm 2$. O tempo de secagem das fatias de açafrão, até atingir a umidade de equilíbrio, foi de 6 horas. Os parâmetros de difusividade e da constante de secagem, obtidas pela 2ª Lei de Fick foram de $1,0515 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ e $0,020 \text{ min}^{-1}$, respectivamente. O comportamento das curvas de secagem do fruto de açafrão foi semelhante ao da maioria dos produtos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Açafrão. Secagem. Secador de bandejas. Cinética.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Cúrcuma* é composto por mais de 80 espécies de rizomas (*POLICEGOUDRA; ARADHYA, 2008*). Dentre esses destaca-se o cúrcuma (*Curcuma longa L.*), também conhecido como açafrão, açafrão da Índia, açafrão da terra, gengibre dourado, mangarataia ou “turmeric”. É uma planta da família *Zingiberaceae*, a qual tem atraído cada vez mais a atenção por seus múltiplos benefícios para a saúde e extensa aplicação em alimentos, cosmetologia e medicina (*FARZANA et al., 2018*). O interesse socioeconômico por essa espécie ocorre devido às suas propriedades alimentícias e medicinais, bem como pela sua forte pigmentação, que confere coloração amarelo mostarda e possibilita sua utilização como corante natural (*SOUZA, 2019; MAJOLO et al., 2014*).

Originária do sudeste da Ásia, mais precisamente das regiões mais tropicais da Índia, a planta é do tipo herbácea e perene. Introduzida no Brasil, é cultivada ou encontrada como subespontânea em vários estados (*CECÍLIO FILHO et al., 2000*). De acordo com Farzana *et al.* (2018) o açafrão tem pelo menos 235 substâncias ativas, incluindo principalmente fenóis e terpenóides, dos quais o curcumin é o ingrediente mais importante representando cerca de 2-



8% do açafrão seco. O açafrão fresco possui alto conteúdo de água e atividade fisiológica, por isso é propenso a ser contaminado e apodrecido por bactérias (FARZANA *et al.*, 2018). Na área alimentícia, os rizomas do açafrão depois de secos são moídos e transformados em pó, ou são extraídos deles óleos essenciais, que podem ser utilizados como corantes naturais, antioxidantes e antimicrobianos, qualidades presentes no seu principal composto, a curcumina (VILELA; ARTHUR, 2008).

Segundo Ferreira (2018) são três os produtos da cúrcuma disponíveis no mercado: a cúrcuma em pó, a oleoresina e a curcumina purificada. Estas formas são as utilizadas para ingestão como corante vegetal em alimentos e bebidas, condimento, flavorizante, e medicamento.

Vilela e Arthur (2008) citam que o açafrão tem sido utilizado há tempos como alimento na forma de condimento ou especiaria, devido ao seu forte sabor e à sua coloração amarelada marcante. Porém Filho *et al.* (2000), destaca que a utilização do açafrão não se restringe apenas à alimentação, e hoje está presente em diversas áreas da indústria, medicina, agricultura, etc. Segundo Araújo e Leon (2001) na medicina diversas são as utilizações da curcumina, dentre as quais podem-se destacar as propriedades antibacteriana e anti-inflamatória, e a ação contra o vírus HIV e contra tumores.

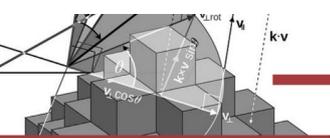
A literatura refere o uso do amido do açafrão como amido modificado alternativo na indústria alimentícia com a função de espessante e estabilizante somada às características já amplamente aplicadas de corante e flavorizante (FERREIRA, 2018; LEONEL *et al.*, 2003). Com base no exposto, observa-se um grande interesse pelo uso do açafrão e seus derivados, em particular na indústria de alimentos e em novos produtos.

Desta forma, a secagem é um método eficaz para estender a vida útil de prateleira do produto e reduzir os custos de transporte e armazenamento. O objetivo do trabalho foi avaliar a cinética de secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em secador de bandejas convectivo com velocidade de ar constante, determinar a constante de secagem e o coeficiente difusivo de transferência de massa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos, na Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD. O experimento foi realizado utilizando o açafrão (*Curcuma longa L.*), oriundo do comércio local do município de Dourados, MS. A



preparação da amostra iniciou-se com o corte e medição de fatias do rizoma de açafrão com espessura de aproximadamente 0,36 cm em forma esférica, com diâmetro médio de 8,1 cm, utilizando uma faca de aço inoxidável e, em seguida, retirou-se sua casca. As amostras cortadas foram dispostas em um vidro relógio, e com auxílio de um paquímetro digital (MTX, Brasil) foi medido o seu diâmetro.

Para a realização dos experimentos foi utilizado um secador convectivo de bandejas (CE-220/630, CIENLAB) com fluxo de ar vertical e entrada superior, ajustando-o na temperatura do ar a 65 ± 2 °C e velocidade do ar constante de aproximadamente 1 m.s^{-1} . As amostras foram pesadas em uma balança analítica digital (OHAUS, Brasil), determinando a umidade inicial e a secagem ocorreu com fluxo de ar paralelamente a superfície das fatias de açafrão.

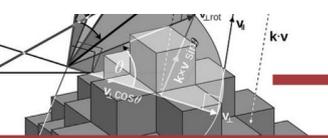
2.2 Determinação das curvas cinéticas de secagem

A determinação da curva cinética de secagem foi realizada conforme procedimento descrito em Bonzi *et al.* (2022). O método consiste em pesagens consecutivas das amostras, analisando o teor de água removido, onde, nas duas primeiras horas de secagem as amostras foram pesadas em intervalos de 15 min, terceira e quarta hora a cada 30 minutos e as demais, a cada 1 h até a obtenção de peso constante ($\pm 0,001$ g), atingindo o teor de umidade em equilíbrio (X_e). Subsequentemente, as amostras permaneceram no secador até completar 24 horas, realizando-se, então, o último registro de massa de sólido seco (W_{ss}).

A umidade inicial e ao longo do tempo (X_t) para as amostras analisadas das fatias de açafrão foram determinadas empregando o peso da água evaporada e do peso final da amostra seca (W_{ss}). Foi construída a curva típica de secagem, plotando-se a umidade em função do tempo, durante o período de secagem.

A razão de umidade (RU) das fatias de açafrão na temperatura avaliada foi definida conforme a Equação 1. Onde RU, X_e e X_0 representam, respectivamente, o teor de umidade do produto ao longo do tempo, teor de umidade em equilíbrio do produto e o teor de umidade inicial do produto, dados em gramas de água por grama de sólido seco ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}} \text{g}_{\text{ss}}^{-1}$) (SILVA *et al.*, 2014).

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$



A taxa de secagem, R_a ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$) descrita pela Equação 2, foi obtida a partir do método numérico com a derivação dos dados de umidade em relação ao tempo, onde ΔX corresponde a variação da umidade livre média ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{ss}}$) e Δt a variação do tempo (s), além do peso final da amostra seca (W_{ss}) e da área superficial da amostra em m^2 (A), determinada pela aproximação à área transversal de um cilindro, utilizando o diâmetro médio da amostra.

$$R_a = \frac{W_{\text{ss}} \cdot \Delta X}{A \cdot \Delta t} \quad (2)$$

2.3 Modelagem Matemática

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com o modelo descrito pela 2ª Lei de Fick (Equação 3), para a cinética de secagem de alimentos. A partir desta equação foi calculada a difusividade efetiva (D_{ef}) da água do interior das amostras, considerando o material como geometria de placa plana infinita, distribuição uniforme de umidade inicial, temperatura constante de secagem e encolhimento insignificante da amostra, conforme metodologia proposta por Crank (1975).

$$RU = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{\text{ef}} t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

De acordo com Menezes *et al.* (2013) e Santos e Werle (2021) longos períodos de secagem, a Equação 3 pode ser simplificada apenas ao primeiro termo, não alterando os resultados da determinação do coeficiente difusivo, conforme mostrado na Equação 4.

$$RU = \frac{8}{\pi^2} e^{-D_{\text{ef}} \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 t} \quad (4)$$

Onde D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo ($\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$), t é o tempo de secagem (min) e L representa a espessura da amostra (cm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentadas as amostras de fatias de açafrão (*Curcuma longa* L) antes e depois da secagem, onde é possível observar mudanças nas características físicas, como o tamanho e a cor das amostras após serem submetidas à secagem de 65°C , resultando em redução de umidade.

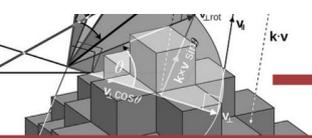
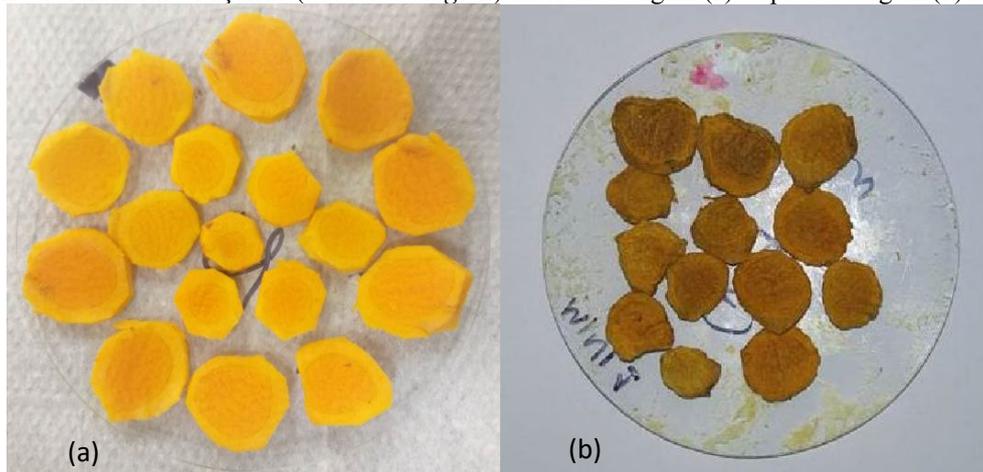


Figura 1: Amostras de açafrão (*Curcuma longa L*) antes da secagem (a) e após a secagem (b) a 65°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

A textura é um parâmetro que está relacionado com a qualidade em frutas. Duarte (2012) explica que durante a secagem, pode ocorrer o encolhimento do alimento e alterações nas propriedades mecânicas, e ainda acrescenta que este encolhimento justifica a sua perda de água durante a secagem, fato que pode ocasionar rupturas nas paredes celulares.

O Gráfico 1 apresenta a curva típica de desidratação das fatias de açafrão analisadas, na temperatura de 65°C. A curva de secagem resultante deste experimento apresenta comportamento característico ao da maioria dos produtos agrícolas, onde há maior migração de água nos primeiros minutos de secagem com redução significativa de perda de umidade ao longo do tempo, ou seja, a quantidade de água disponível no alimento foi reduzida, o que explica a baixa variação do peso da amostra após aproximadamente 250 minutos de processo, o que indica o início da estabilidade do processo.

No início da curva tem-se a umidade crítica, que de acordo com Marcinkowski (2006), compreende ao teor de umidade a partir do qual a velocidade de migração de água do interior do produto até a sua superfície é menor do que a velocidade de retirada de água da superfície do produto através do ar de secagem. Ainda, segundo Silva (2008) o teor de umidade de equilíbrio, também conhecido como umidade de equilíbrio higroscópico, é o teor de umidade em um produto quando a pressão do vapor de água é igual à pressão do ar que o envolve, ou seja, não existe nenhum tipo de troca entre eles.

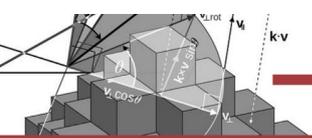
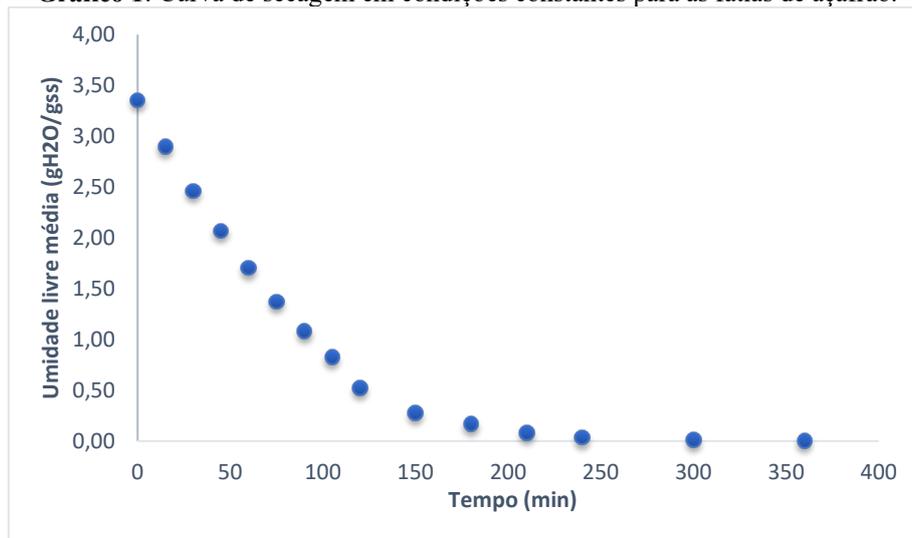


Gráfico 1: Curva de secagem em condições constantes para as fatias de açafrão.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Pela análise dos dados contidos no Gráfico 1, obteve-se uma umidade crítica de 3,3559 (gH₂O/gss). A umidade de equilíbrio encontrada para as fatias de açafrão na temperatura de 65°C foi de 0,0032 gH₂O/gss. Foram necessárias em torno de 6 horas para que as amostras de açafrão secassem até obter massa constante.

A partir da análise do Gráfico 2, que ilustra a taxa de secagem (Ra) em função da umidade livre média da amostra de açafrão, observa-se que o processo de secagem das fatias de açafrão ocorreu somente em fase decrescente até obter o teor de umidade de equilíbrio, não sendo observado um período de taxa constante. De acordo com Menezes *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2021), esse comportamento é decorrente de materiais que apresentam mecanismo físico predominante de difusão molecular interna. Ainda analisando o Gráfico 2, foi possível observar que no início do processo, a remoção de umidade foi significativamente mais elevada quando comparada ao período final do processo. Silvia *et al.* (2009) destacam que o processo de difusão de umidade no interior da amostra para a superfície ocorre por não haver umidade livre na superfície.

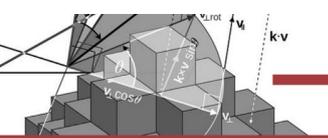
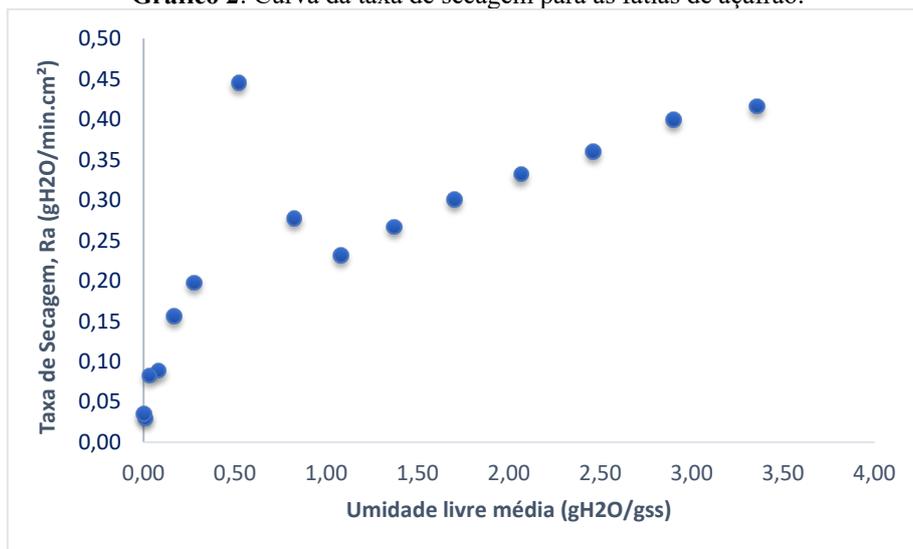


Gráfico 2: Curva da taxa de secagem para as fatias de açafraão.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O parâmetro difusividade do sólido, é uma espécie de indicador, que vem sendo largamente empregado para analisar a transferência de massa e é crucial para que as características físicas, químicas e microbiológicas do alimento sejam preservadas nos padrões de produção, garantindo assim, a qualidade requerida no produto final. O modelo matemático baseado da 2ª Lei de Fick foi ajustado aos dados experimentais da secagem, sendo que resultado pode ser observado no Gráfico 3, para as condições que foram conduzidas os experimentos. Obteve-se um excelente ajuste dos valores experimentais ao modelo matemático empregado, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,9909, esse ajuste expressa matematicamente a representatividade da modelagem frente aos dados experimentais da secagem das fatias de açafraão.

A determinação de modelos que represente a cinética de secagem de materiais agrícolas é de grande importância devido a redução da exposição de alimentos a altas temperaturas, menor gasto de processamento, gerando produtos desidratados com melhores qualidades sensoriais e menores perdas de componentes nutricionais dos alimentos (SANTOS *et al.*, 2019).

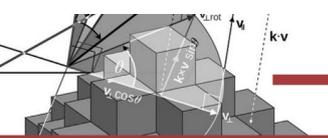
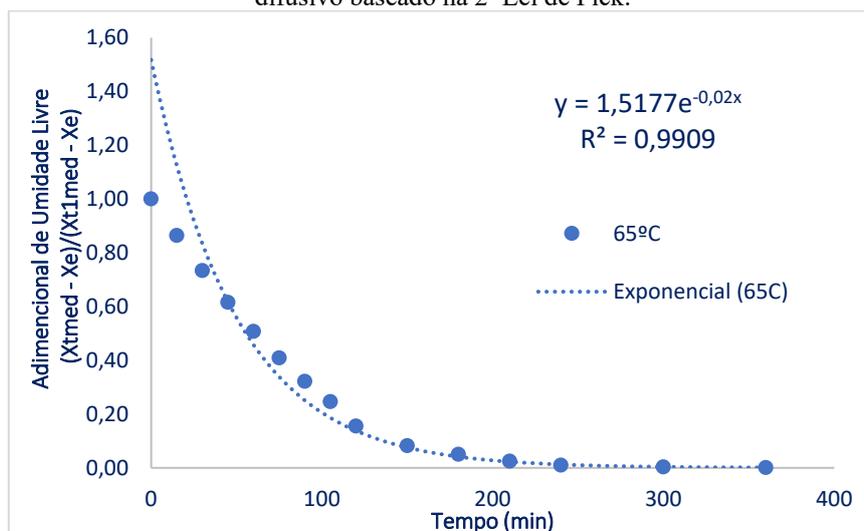


Gráfico 3: Curva da cinética de secagem das fatias de açafrão na temperatura de 65°C com ajuste do modelo difusivo baseado na 2ª Lei de Fick.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

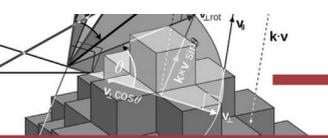
Como mencionado anteriormente, o comportamento das curvas de taxa de secagem das fatias de açafrão ocorre pela difusão interna entre os poros capilares, possibilitando a determinação da constante de secagem e da difusividade efetiva por meio da Segunda Lei de Fick. Portanto, a constante de secagem (k), o coeficiente de difusividade efetiva (D_{ef}) e os parâmetros termodinâmicos obtidos na temperatura avaliada neste estudo, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos ajustados à cinética de secagem das fatias de açafrão na temperatura de 65 °C.

Nome do modelo	Parâmetros	Temperatura (°C)
		60
2ª Lei de Fick	R^2	0,9909
	a	1,5157
	k (min^{-1})	0,0200
	D_{ef} ($\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$)	$1,0515 \times 10^{-3}$

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O coeficiente de difusão (D_{ef}) é uma difusividade efetiva que engloba os efeitos de todos os fenômenos que podem intervir sobre a migração da água e seu valor é sempre obtido pelo ajuste de valores experimentais. Pode-se entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é intrínseca ao material; convencionou-se, então, chamá-la de difusividade efetiva (OLIVEIRA *et al.*, 2006). O estudo de secagem do açafrão demonstra que a uma temperatura de 65°C e com velocidade de circulação de 1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a difusividade efetiva obtida foi de $1,0515 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$.



Com o emprego da Segunda Lei de Fick ajustada aos dados experimentais, conforme ilustrado através do Gráfico 3, obteve-se a equação exponencial, e por meio dessa equação obteve-se a constante de secagem (k) conforme ilustrada na Tabela 1, no valor de $0,02 \text{ min}^{-1}$. De acordo com Silva *et al.* (2015), os valores de k aumentam com a elevação da temperatura de secagem das amostras. O valor de D_{ef} obtido para as fatias de açafão está dentro da faixa de valores encontrados na literatura para a temperaturas avaliada deste estudo.

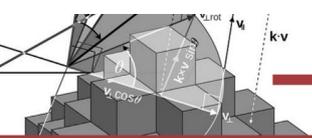
De acordo com Song (2013), o coeficiente de difusão ou difusividade efetiva reflete a capacidade de desidratação do material em determinadas condições de secagem, e é um dos parâmetros mais importantes para otimizar o processo de secagem.

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo da cinética de secagem de fatias de açafão foi possível determinar que o tempo de secagem para este produto atingir a umidade de equilíbrio foi de 6 horas para uma temperatura de 65°C . A curva de secagem obteve comportamento cinético característico de produtos agroindustriais, apresentando taxa decrescente sem apresentar um período de taxa constante de secagem, fato decorrente de materiais que apresentam mecanismo físico predominante de difusão molecular interna. O processo de secagem do açafão foi eficiente, pois a umidade de equilíbrio encontrada foi próxima de zero, e a difusividade efetiva obtida pela 2ª Lei de Fick está na mesma ordem da encontrada na literatura. Os parâmetros da constante de secagem (k) e o coeficiente de difusividade difusividade efetiva encontrados foram de $0,020 \text{ min}^{-1}$ e $1,0515 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente. O modelos difusivo da 2ª Lei de Fick pode ser considerado adequado e preciso na representação da cinética de desidratação para as fatias de açafão, fato constatado pelo excelente ajuste do modelo aos dados experimentais. O comportamento das curvas de secagem do açafão foi semelhante aos da maioria dos produtos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. C.; LEON, L. L. “Biological Activities of Curcuma longa L”. **Memórias do Instituto Oswaldo, Cruz Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 723-728, July 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/w5RscYLJtTTFsCT8XYMCm9P/?lang=en>. Acessado em: Fev. 2023.



BONZI, J. I. S *et al.* Influência da temperatura na secagem da casca do mangostim (*Garcinia mangostana*) e avaliação de modelos matemáticos - **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. V. 11, Nº 2, p. 556-562, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/51430>. Acessado em: Fev. 2023.

CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Cúrcuma: planta Medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2000, v. 30, n. 1, p. 171-175, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/JGXyLgLPDmJHg8j7ssygmzF/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion** (2nd ed.). Oxford University Press. 1975.

DUARTE, A. R. **Variabilidade química de óleos essenciais e do teor de fenóis em folhas e frutos de jaboticabeira (*myrciaria cauliflora*)**. p. 83 Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2012. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/1024>. Acessado em: Fev. 2023.

FARZANA, W.; PANDIARAJAN, T.; GANAPATHY, S. Development of mobile boiling system for turmeric (*Curcuma longa*). **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v. 47, p. 428–438, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856418302145>. Acessado em: Fev. 2023

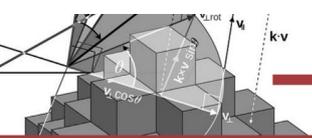
FERREIRA, P. P. **Extração, caracterização e aplicação de fécula de açafrão (*Curcuma Longa L.*) no desenvolvimento de biscoito**. 2018. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/dissertacao_priscylla_corrigida_2014.pdf Acessado em: Fev. 2023.

FILHO, A. B. C. *et al.* “Cúrcuma: Planta Medicinal, Condimentar e de Outros Usos Potenciais”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 171-175, 2000. Disponível: <https://www.scielo.br/j/cr/a/JGXyLgLPDmJHg8j7ssygmzF/?format=pdf&lang=pt> , Acessado em: Fev. 2023.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M. P. New starches for the food industry: *Curcuma longa* and *Curcuma zedoaria*. **Carbohydrate Polymers** v. 54 p. 385–388, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861703001796?casa_token=Wjg-LbpXUwAAAAA:IQXyCjfZEt3S_jHD2UEsURS1UP4F9GTeYjc7Cc0ERDWsECCAVv13EWmgi8p11MK07brRmOuytw Acessado em: Fev. 2023.

MAJOLO, C. *et al.* Atividade antimicrobiana do óleo essencial de rizomas de açafrão (*Curcuma longa L.*) e gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) frente a salmonelas entéricas isoladas de frango resfriado. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.16, n.3, p. 505-512, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/ZyPPPy3zpkXsYBdHqB8MCFP/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

MARCINKOWSKI, E. A. **Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja**. 128f. Dissertação (Mestrado



em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13433>. Acessado em: Fev. 2023.

MENEZES, M. L. *et al.* Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 176, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/75218289-Estudo-da-cinetica-de-secagem-do-bagaco-do-maracuja-amarelo.html>. Acessado em: Fev. 2023.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. *Engenharia agrícola*, v.26, p.181-189, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/r3Vt5dkvDwv9hQTMGTLmjt/?lang=pt&format=pdf>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

POLICEGOUDRA, R. S.; ARADHYA, S. M. Structure and biochemical properties of starch from an unconventional source - Mango ginger (*Curcuma amada Roxb.*) rhizome. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 22, p. 513–519, 2008. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0268005X07000227?token=15D660C7CAD5A01014CEB2F5C9B19E04637009E41DED5C6551D5EAED34B029A6DB7306D29262A752F2F936C8287226A5&originRegion=us-east-1&originCreation=20230225052924>. Acessado em: Fev 2023

SILVIA, A. S. *et al.* Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secadora de leito fixo. **Rev Bra. De Prod. Agro.** Campina Grande, v.11, n.2, p.129-136, 2009. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13980>. Acessado em: Fev. 2023

SILVA, L. M. M. *et al.* Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Braz. J. Food Technol.** v. 17, n. 4, p. 310-318, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/XTTCyhJTTfc9CdZFTq4Bpkv/abstract/?lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

SANTOS, L. G. *et al.* O. Cinética de secagem das sementes de melancia (*Citrullus vulgaris*). In: **A indústria de alimentos e a economia circular: alimentando uma nova consciência**. [s.l.] :Agron Food Academy, 2021. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539640-34/> Acessado em: Fev. 2023.

SANTOS, L. G. dos, WERLE, L. O. Influência da temperatura de secagem de fatias da polpa de abóbora menina brasileira nos parâmetros cinéticos e termodinâmicos. **Rev Bras Agrotecnologia**. 2021;11(2):556–62. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/8761>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. dos. *et al.* **Comparação da cinética de secagem de maçã argentina (*Malus domestica* ‘RED DELICIOUS’) e maçã verde (*Malus domestica* A ‘GRANNY SMITH’)**. (eds.). Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 21, p. 178–187. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/comparacao-da-cinetica-de-secagem-de-maca-argentina-malus-domestica-red-delicious-e-maca-verde-malus-domestica-granny-smith>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SILVA, J. S; LACERDA, F. A. F.; BERBERT, P.A. Secagem e armazenamento de produtos agrícolas. Viçosa, **Aprenda Fácil**, p. 327, 2008. Disponível em:

