

## ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DA PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum spp*) CULTIVADA NO ESTADO DE SERGIPE

João Antonio Belmino dos Santos<sup>1</sup>; Gabriel Francisco Silva<sup>2</sup>, Alessandra Almeida Castro Pagani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
[joaoantonio@ufs.br](mailto:joaoantonio@ufs.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
[gabriel@ufs.br](mailto:gabriel@ufs.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
[alespagani@yahoo.com.br](mailto:alespagani@yahoo.com.br)

### **Resumo**

*O objetivo desse trabalho foi otimizar as condições de secagem da pimenta malagueta e da semente. Os modelos matemáticos empregados para se ajustar os dados experimentais de cinética de secagem, foram propostos pelas equações de Lewis, Brooker, Fick e dos Resíduos. As amostras foram submetidas à secagem em temperaturas de 50, 60, 70, 80, 90 e 100°C por período de 60 minutos. Dentre os modelos aplicados observa-se que os melhores ajustes dos dados experimentais foram para as equações de Fick e dos Resíduos, que forneceram resultados para os coeficientes de determinação superiores a 99% para as temperaturas estudadas. Desta forma, pode-se concluir que tanto para os frutos, como as sementes a secagem pode ser uma alternativa viável para a produção de novos produtos, melhorando o desempenho econômico das indústrias beneficiadoras.*

**Palavras-chave:** desidratação, *Capsicum sp*, sementes

### **Abstract**

*The objective of this study was to optimize the drying conditions of chilli and seed. The mathematical models used to fit the experimental data of drying kinetics, equations were proposed by Lewis, Brooker, Fick and Waste. The samples were dried at temperatures of 50, 60, 70, 80, 90 e 100°C for 60 minutes. Among the models applied shows that the best fit of the experimental data were to Fick's equations and Waste, which provided results for the determination coefficients higher than 99% for the temperatures studied. Conclude that both the fruit and the seeds can be a viable alternative for the production of new products, improving the economic performance of the beneficiary industries.*

**Keywords:** dehydration, *Capsicum sp*, seeds

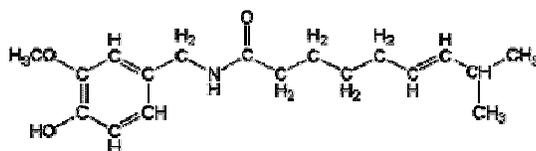
## 1.INTRODUÇÃO

As indústrias de processamento de hortaliças vêm apresentando importante crescimento no mercado nacional (TORRES, 2005).

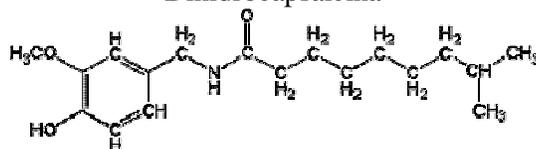
A pimenta-malagueta (*Capsicum spp*) é um arbusto pequeno pertencente à família das *Solanaceas*, nativa de regiões tropicais e muito cultivada no Brasil. Este possui flores alvas e frutos vermelhos, bastante picantes, utilizados como condimento e produção de molhos, sendo utilizados na América Latina desde a época pré-hispânica (NUNES e RIBEIRO, 2007). A principal característica do fruto é a pungência, conferida por substâncias alcalóides denominados capsaicinóides dos quais, aproximadamente 90% encontram-se na placenta dos frutos (ISHIKAWA et al., 1998 citado por (WAGNER, 2003).

Os principais capsaicinóides encontrados na pimenta malagueta são os seguintes:

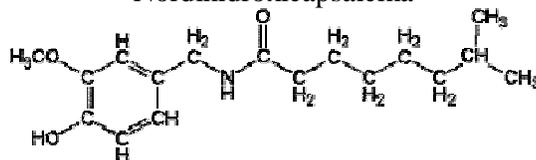
Capsaicina



Dihidrocapsaicina



Nordihidroxicapsaicina



Os diferentes tipos de pimentas apresentam diversas formas de preparo e de consumo, sendo uma das hortaliças mais versáteis para a indústria de alimentos. As pimentas doces e picantes podem ser processadas na forma de pó, flocos, picles, escabeches, molhos líquidos, conservas de frutos inteiros, geléias e etc. As pimentas picantes ainda são utilizadas pela indústria farmacêutica e também pela indústria de cosméticos (HENZ e COSTA, 2005). Trazem ainda benefícios para a saúde por sua atividade antioxidante e anticancerígena (BIANCHINI e PENTEADO, 1998).

A secagem é uma tecnologia amplamente utilizada pelas indústrias, com a finalidade de aumentar a vida útil dos produtos, permitindo também o transporte e o armazenamento sem a cadeia do frio. A remoção de umidade provoca diminuição da atividade de água do produto, inibe o desenvolvimento de microrganismos e retarda deteriorações de origem físico-química (CANO-CHAUCA et al., 2004). A perda de massa que ocorre quando um alimento é secado, diminui consideravelmente os custos de transporte e manuseio (KOMPANY et al., 1990).

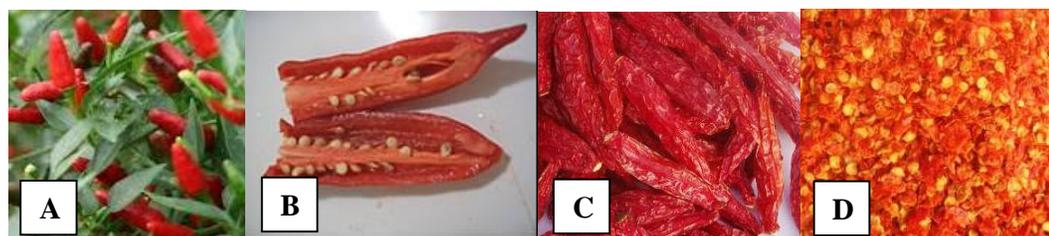
O estudo do processo de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial, podem ser feitos por simulação matemática. Para tal, o princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que representa satisfatoriamente a perda de umidade do produto durante o processo (JUNIOR e CORREA, 1999).

No estado de Sergipe, especificamente no município de Lagarto, atualmente vem intensificando o cultivo de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). Tendo demonstrado ser uma atividade rentável de grande importância sócio-econômica. Contribuindo como fonte geradora de renda e sustentabilidade da atividade rural, principalmente para os pequenos produtores.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da temperatura nas curvas de cinética de secagem e através do tratamento estatístico dos dados, determinando os coeficientes de correlações ( $R^2$ ) das equações propostas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada neste estudo foi pimenta malagueta e as sementes. Os lotes de semente da pimenta malagueta foram adquiridos através dos produtores do Município de Lagarto-SE (Figura 1).



**Figura 1** – Pimenta e sementes *in natura* (A e B) e desidratadas (C e D)

As amostras foram acondicionadas em cápsulas de alumínio, com capacidade de 60g. O processo de secagem foram as temperaturas de 50, 60 70, 80, 90 e 110°C. Os resultados dos teores de umidade foram obtidos em um equipamento de infravermelho, pré-ajustado para a temperatura desejada por período de 60 minutos.

O estudo cinético foi realizado para determinação das curvas das isotermas de desorção da pimenta, ajustando-se as curvas de secagem experimentais, através das Equações 01, 02, 03 e 04, que correspondem aos modelos para as equações Lewis, Brooker, Fick e Resíduos; respectivamente.

$$\text{Lewis} \quad RU = \frac{X}{X_0} = \exp(-kt) \quad (01)$$

$$\text{Brooker} \quad RU = \frac{X}{X_0} = c \exp(-kt) \quad (02)$$

$$\text{Fick} \quad RU = \frac{X}{X_0} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right] \quad (03)$$

$$\text{Resíduos} \quad RU = \frac{X}{X_0} = a \exp(-bt) + c \exp(-dt) \quad (04)$$

Em que:

$X_0$  = conteúdo de água inicial, decimal base seca;

$X$  = conteúdo de água, decimal base seca;

$X_e$  = conteúdo de água de equilíbrio, decimal base seca;

a, b, c, d e n = coeficiente e, geralmente dependente da temperatura e do produto;

k = constante de secagem,  $\text{min}^{-1}$ ;

t = tempo de secagem, min;

$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$  = razão de umidade, adimensional;

$D_{ef}$  = difusividade efetiva,  $\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Para o ajuste dos modelos matemáticos de secagem, aos dados experimentais, realizou-se a análise de regressão não linear, pelo método Simplex e Quase – Newton, utilizando-se o software STATISTICA 7.0. O grau de ajuste para cada condição foi considerado a significância do coeficiente de regressão pelo teste t, adotando o nível de 5% de probabilidade, sendo os valores dos parâmetros dos modelos, estimados em função da temperatura do ar de secagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se pelas Tabelas 1 e 2, os resultados obtidos para os parâmetros das equações analisadas, coeficientes de correlação ( $R^2$ ) e os erros médios ( $e_{\text{médio}}$ , %). Os modelos foram ajustados por meio de regressão não linear, aos dados experimentais obtidos para a secagem das amostras de pimenta malagueta. Verifica-se que a secagem ocorre no período de taxa decrescente, mostrando que a difusão é, provavelmente, o mecanismo físico que governa o movimento da umidade através da estrutura da amostra, ou seja, a velocidade de secagem é controlada pela velocidade de difusão do líquido por meio do sólido, não apresentando um período de taxa constante definido.

Dos modelos matemáticos empregados para ajustar os dados experimentais de cinética de secagem nas amostras de pimenta e das sementes, os melhores foram obtidos para as equações de Fick e dos resíduos, que forneceram resultados para os coeficientes de determinação para as temperaturas estudadas superiores a 99%.

Carneiro (2011) estudando a cinética de secagem da pimenta dedo-de-moça nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, também encontrou um coeficiente de correlação acima de 99% utilizando os modelos matemáticos (Midilli e Kucuk, Page e Henderson e Pabis).

Ponte et al., (2009) estudando a cinética de secagem da pimenta de cheiro, usando um secador de bandejas, com temperatura de bulbo seco de 50°C, 60°C e 70°C, com 10, 2,7 e 2,3 horas respectivamente, para alcançar uma umidade de aproximadamente 1,0% em base seca e usando os modelos de Fick, Page, Page Modificado, Henderson e Pabis, e Logarítmico, usando análise de regressão não linear, verificou um ajuste satisfatório dos modelos aos dados experimentais, sendo na maioria dos casos o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 0,97.

**Tabela 1.** Dados dos parâmetros das equações da cinética de secagem de pimenta malagueta

Parâmetros	Temperatura, °C						Equação
	50	60	70	80	90	100	
k	0,017	0,024	0,025	0,025	0,026	0,027	LEWIS
R2	0,978	–	–	–	–	–	
e <sub>médio</sub> (%)	-0,005	-0,028	-0,024	-0,027	-0,029	-0,033	
k	0,015	0,01	0,012	0,01	0,009	0,008	BROOKER
c	0,952	0,668	0,682	0,651	0,617	0,575	
R2	0,985	0,695	0,712	0,667	0,593	0,537	
e <sub>médio</sub> (%)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	
a1	0,035	0,239	0,469	0,752	-0,011	0,619	FICK
a2	0,072	0,69	-0,11	0,393	0,411	-0,215	
a3	0,28	0,187	0,763	-0,004	0,828	0,855	
b1	-0,029	-0,001	-0,01	0,184	-0,036	-0,007	
b2	0,079	0,178	-0,023	-0,004	-0,004	-0,014	
b3	0,029	-0,001	0,15	-0,05	0,247	0,318	
R2	1	0,999	0,999	0,999	0,994	0,997	
e <sub>médio</sub> (%)	0	0,008	-0,035	0,005	-0,001	-0,02	
a	0,975	0,69	0,406	0,732	0,421	0,42	RESÍDUOS
b	0,023	0,178	-0,001	0,197	-0,001	0	
c	0,035	0,427	0,726	0,418	0,816	0,848	
d	-0,029	-0,001	0,165	-0,001	0,26	0,332	
R2	1	0,999	0,998	0,998	0,994	0,996	
e <sub>médio</sub> (%)	4,00E-05	2,90E-04	5,10E-03	-1,50E-04	5,80E-05	-5,00E-05	

A secagem ocorre no período de taxa decrescente, mostrando que a difusão é, provavelmente, o mecanismo físico que governa o movimento da umidade através da estrutura da amostra, ou seja, a velocidade de secagem é controlada pela velocidade de difusão do líquido por meio do sólido, não apresentando um período de taxa constante definido. Para os modelos matemáticos de LEWIS e BROOKER quando se ajustou aos dados experimentais, estes apresentaram coeficientes de determinação (R2) superiores ou próximos a 0,82 (Tabelas 2), já o modelo de Fick e o Resíduos apresentaram um valores mais elevado do coeficiente de determinação (R2 = 0,99).

Contudo, Madamba et al. (1996) ressaltam que o coeficiente de determinação (R2) não é capaz de, sozinho, determinar satisfatoriamente o melhor modelo tornando-se viável, portanto, a avaliação dos demais coeficientes calculados, para sua definição.

**Tabela 2.** Dados dos parâmetros das equações para a cinética de secagem das sementes.

Parâmetros	Temperatura, °C						Equação
	50	60	70	80	90	100	
k	0,017	0,02	0,02	0,021	0,021	0,02	LEWIS
R <sup>2</sup>	0,822	–	–	–	–	–	
e <sub>médio</sub> (%)	-0,015	-0,029	-0,036	-0,036	-0,041	-0,045	
k	0,013	0,01	0,008	0,008	0,006	0,005	BROOKER
c	0,871	0,729	0,675	0,651	0,631	0,625	
R <sup>2</sup>	0,895	0,744	0,652	0,626	0,562	0,552	
e <sub>médio</sub> (%)	0,001	0,001	0	0	0	-0,875	
a1	0,081	1,061	0,378	-0,176	-0,013	1,061	FICK
a2	0,732	-0,693	0,643	0,715	0,732	-0,693	
a3	0,246	0,708	0,116	0,612	0,504	0,708	
b1	-0,007	-0,018	0	0,029	-0,022	-0,018	
b2	0,057	-0,022	0,217	0,222	0,315	-0,022	
b3	-0,007	0,116	0	0,003	-0,001	0,116	
R <sup>2</sup>	0,998	0,998	0,999	0,999	0,997	0,998	
e <sub>médio</sub> (%)	0,012	-0,861	-0,018	-0,002	-0,053	-0,861	
a	0,732	0,625	0,494	0,681	0,729	0,625	RESÍDUOS
b	0,057	0,144	0	0,244	0,321	0,144	
c	0,327	0,471	0,643	0,481	0,497	0,471	
d	-0,007	-0,001	0,217	-0,406	0	-0,001	
R <sup>2</sup>	0,998	0,998	0,999	0,998	0,997	0,998	
e <sub>médio</sub> (%)	-6,31E-03	-7,73E-03	1,33E-03	-2,16E-03	4,21E-06	-7,73E-03	

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que os modelos matemáticos empregados para se ajustar os dados experimentais de cinética de secagem nas amostras de pimenta e do resíduo, os melhores ajustes foram obtidos para as equações de Fick e dos resíduos, que forneceram resultados para os coeficientes de determinação para as temperaturas estudadas superiores a 99%.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BIANCHINI, R.; PENTEADO, M.V.C. Carotenóides de pimentões amarelos (*Capsicum annuum* L.). Caracterização e verificação de mudanças com o cozimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, 18 (3), 1998.
- CARNEIRO, P.A.V.; SILVA, F.S.; PORTO, A.G. **Análise da cinética de secagem de pimenta variedade dedo de moça**. In: Congresso de Iniciação Científica, 4<sup>a</sup>. (JC), 2011, Cáceres/MT. Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG, 2011. Vol. 7 (2011). Cód. 5241. ISSN ONLINE 2237-9258. CDROM 2178-7492.

- CÁZARES-SÁNCHEZ, E.; RAMÍREZ-VALLEJO, P.; CASTILLO-GONZÁLEZ, F.; SOTO-HERNÁNDEZ R. M.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, M.T.E CHÁVEZ-SERVIA, J. L. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*capsicum annuum* l.) del centro-oriente de Yucatán. **Agrociencia**. n.39, p.627-638, 2005.
- HENZ, G.P.; COSTA, C.S.R. Como produzir pimenta. Embrapa Hortaliças. **Embrapa Hortaliças e Frutas**, nº 33, p-7, 2005.
- ISHIKAWA, K.; JANOS, T.; SAKAMOTO, S.; NUNOMOURA, O. The contents of capsaicinoids and their phenolic intermediates in the various tissues of plants of *Capsicum annuum*. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v.17, p.22-25, 1998.
- JÚNIOR, P.C.A; CORRÊA, P.A. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.349-353, 1999.
- KOMPANY, E.; BENCHIMOL, J.; ALLAF, K.; AINSEBA, B.; BOUVIER, J.M. Carrot dehydration for instant rehydration: dehydration kinetics and modeling. **Drying Technology**. v.11, n.3, p.451-470, 1993.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Jornal of Food Engineering**, v.29, p.75-97, 1996.
- NUNES, C.; RIBEIRO, N. Análise de pigmentos de pimenta malagueta por cromatografia em papel. **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, João Pessoa – PB, 2007.
- PARRIS, M. Liquid chromatographic method for determining capsaicinoids in *Capsicum* and their extractives. Collaborative study. **Journal of AOAC-ASTA**, v.79, n.3, p.738-745, 1996.
- PONTES, S. F. O.; SANTOS, C.T.; BONOMO, R.C.F.; PONTES, L.V.; FONTAN, R.C.I. **Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.11, n.2, p.143-148, 2009.
- TOFANELLI, M.B.D.; AMAYA-ROBLES, J.E.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Ácido giberélico na produção de frutos partenocárpicos de pimenta. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.116-118, 2003.
- SUNG, Y., CHANG, Y. e TING, N. Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits. **Botânica Bulletin of Academia Sinica**. n.46, p.35-42, 2005.
- TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.1, p.98-104, 2005.
- WAGNER, C.M. Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annuum* L. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 104.p, 2003.