

SP  
0422

# XVIII

## Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos

# INTEGRAÇÃO PESQUISA INDÚSTRIA

de 04 A 07  
de agosto de 2002

Porto Alegre  
RS - Brasil

[www.cbeta2002.ufrgs.br](http://www.cbeta2002.ufrgs.br)

Estudo da cinética de ...  
2002 SP-PP-01222



CPATSA-25487-1

*Isabelita*  
25487

## Comissão Organizadora do CBCTA

**Nelcindo Nascimento Terra**

Presidente da SBCTA

**Isa Beatriz Noll**

Presidente do Congresso

**Carlos Eugenio Daudt**

Diretor Científico

**Júlio Alberto Nitzke**

Diretor Executivo

**Luis Carlos Gutkoski**

Diretor de Logística

**Alex Augusto Gonçalves**

Diretor Financeiro

**Plinho Francisco Hertz**

Coordenador de Publicação

**Lina Yamachita Oliveras**

Coordenadora de Mini-Cursos

**Sônia Martinelli**

**Pascual Isoldi Pinkoski**

Coordenadores de Visitas Técnicas

**Carlos Prentice-Hernández**

**Claire Tondo Vendruscolo**

**João Luiz Silva Vendruscolo**

**Neila Richards**



CBCTA 2002

**XVIII**

**Congresso  
Brasileiro  
de Ciência e  
Tecnologia  
de Alimentos**

# Frutas e Hortaliças

Clique no sinal + na moldura da esquerda  
para ter acesso a todos os artigos.

Para consulta de palavras-chave,  
utilize a ferramenta "Editar/Localizar – (Ctrl+F)"

# ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DE MAMÃO FORMOSA (*Carica papaya L.*)

Ânoar A. El-Aouar<sup>1</sup>; Patrícia M. Azoubel<sup>2</sup>; Fernanda E. X. Murr<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar e ajustar matematicamente a cinética de secagem de mamão Formosa (*Carica papaya L.*) utilizando o modelo difusional (Segunda Lei de Fick) adaptado a uma geometria cúbica. O processo de secagem foi realizado em duas diferentes temperaturas (40 e 60°C) e velocidades do ar (1.25 e 3.25 m/s). O aumento da temperatura favoreceu a diminuição do tempo de secagem do produto final. A velocidade do ar não exerceu praticamente influência alguma na cinética de secagem.

**Palavras-chave:** mamão, secagem, modelagem, difusividade efetiva.

## SUMMARY

DRYING KINETICS OF PAPAYA (*Carica papaya L.*). The present work had as objective to study and to model the drying kinetics of fresh papaya (*Carica papaya L.*) cubes using the diffusional model (Fick's second law) adapted to a cubic geometry. The drying process was carried out at two different temperatures (40 and 60°C) and two air velocities (1.25 e 3.25m/s). The drying kinetics study showed that air temperature increasing favoured the decrease of the final product drying time. Air velocity did not show any influence on drying kinetics.

**Keywords:** papaya, drying, modelling, effective diffusivity.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade de produtos alimentícios e seu custo de processamento são os principais fatores quando se deseja escolher o método de preservação de alimentos. A água, sendo um dos principais constituintes dos alimentos, está intimamente relacionada às mudanças físico-químicas e biológicas que ocorrem nos mesmos. A remoção de água é um fator decisivo para

---

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos (FEA / UNICAMP). CEP 13083-970, Campinas – SP, [anoar@ceres.fea.unicamp.br](mailto:anoar@ceres.fea.unicamp.br) - Autor responsável

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos (FEA / UNICAMP). CEP 13083-970, Campinas – SP, [pazoubel@ceres.fea.unicamp.br](mailto:pazoubel@ceres.fea.unicamp.br)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos (FEA / UNICAMP). CEP 13083-970, Campinas – SP, [fexmurr@ceres.fea.unicamp.br](mailto:fexmurr@ceres.fea.unicamp.br)

impedir o desenvolvimento de microrganismos capazes de deteriorar o alimento [3].

Nos últimos anos, muitas atividades vêm sendo desenvolvidas com intuito de se aplicar a secagem convencional como método de preservação de alimentos. Esta, por sua vez, consiste de um processo simultâneo de transferência de calor e massa acompanhado de mudança de fase [1]. Os fatores que governam os mecanismos de transferência determinam a taxa de secagem. Estes fatores são: pressão de vapor do material e do ar de secagem, temperatura e velocidade do ar, velocidade de difusão de água no material, espessura do material e superfície exposta à secagem [6].

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a cinética de secagem de mamão Formosa (*Carica papaya L.*) analisando a influência da temperatura e velocidade do ar, bem como ajustar o modelo difusional, adaptado a uma geometria cúbica, aos dados experimentais do processo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de mesmo grau de maturação e peso (3.5 – 4.0 kg) foram adquiridas no mercado local (CEASA de Campinas – SP), descascadas manualmente e cortadas em cubos de 20mm de aresta com auxílio de um cortador projetado para este fim.

Os ensaios foram conduzidos em um secador contínuo de bandejas em leito fixo com dois diferentes níveis de temperatura (40 e 60°C) e velocidade do ar (1.25 e 3.25m/s) até que o equilíbrio dinâmico entre a umidade das amostras e do ar de secagem fosse alcançado. Foi utilizado um termo-higrômetro digital para se registrar a temperatura de bulbo seco assim como a umidade do ar de secagem. Um anemômetro digital foi utilizado para registrar a velocidade do ar. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

O ajuste matemático da cinética foi realizado utilizando a solução obtida por Crank [2] para uma placa plana infinita adaptando-a a uma geometria cúbica através da consideração feita por Treybal [5] de que uma geometria retangular (mais especificamente cúbica) corresponderia à superposição de três placas planas de mesmas dimensões características. Tal procedimento é conhecido como *Regra de Newman* (Equação 1).

$$\left[ \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \right] = \left[ \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp \left[ -(2i+1)^2 \pi^2 D_{ef} \frac{t}{4L^2} \right] \right]^3 \quad (1)$$

onde:

$X_t$  = umidade em um tempo  $t$  (kg/kg matéria seca - ms)

$D_{ef}$  = difusividade efetiva ( $m^2/s$ )

$X_0$  = umidade inicial (kg/kg ms)

$L$  = meia aresta do cubo (m)

$X_e$  = umidade no equilíbrio (kg/kg ms)

$t$  = tempo de processo (s)

Foi utilizado um procedimento de regressão não-linear aplicado ao modelo difusional através do software STATISTICA 5.0. Desta forma, foi possível determinar as difusividades efetivas de água para o processo de secagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra o conteúdo de umidade das amostras como função do tempo de secagem (a), assim como a taxa de secagem em função da umidade das amostras (b).

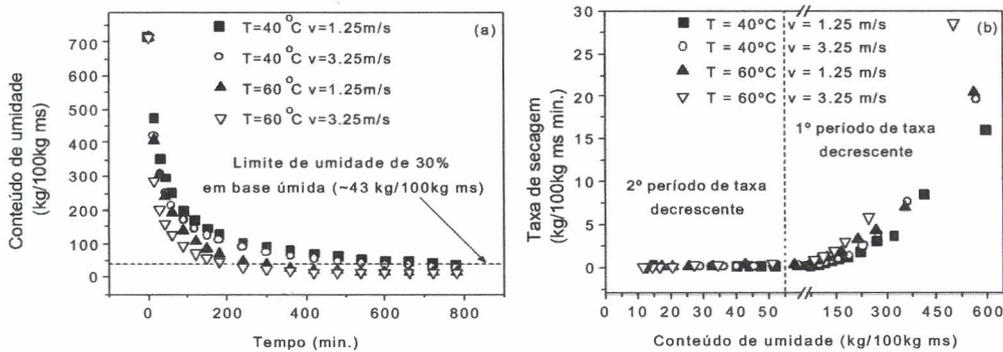


Figura 1 – Curvas de secagem de mamão Formosa. (a) umidade em função do tempo de secagem e (b) taxa de secagem em função da umidade das amostras.

Pela Figura 1 (a), observa-se que a velocidade do ar não exerceu praticamente influência alguma no processo. O aumento da temperatura favoreceu a diminuição do tempo de secagem, considerando um limite de umidade de 30% em base úmida, de acordo com a legislação para frutas secas. De acordo com a Figura 1 (b), observa-se no 1º período de taxa decrescente que a temperatura provocou um aumento na taxa de secagem. Este efeito foi pouco significativo quando o conteúdo de umidade das amostras foi inferior a 0.6 kg/kg ms (2º período de taxa decrescente). É provável que o fenômeno de encolhimento, o qual foi bastante pronunciado ao longo do processo, causou um aumento da resistência interna tornando mais difícil a saída da umidade do produto.

Como a velocidade do ar não influenciou a cinética de secagem, sugere-se trabalhar com uma velocidade mais baixa com o intuito de se economizar energia elétrica. Sendo assim, o ajuste foi realizado considerando apenas as duas temperaturas (Figura 2).

As difusividades efetivas de água obtidas pelo modelo difusional foram  $1.72 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $40^\circ\text{C}$  e  $2.71 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $60^\circ\text{C}$ . Rahman e Lamb [4] trabalhando com abacaxis frescos e pré-tratados osmoticamente encontraram valores de difusividade efetiva que variaram de  $1.62 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $1.25 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ .

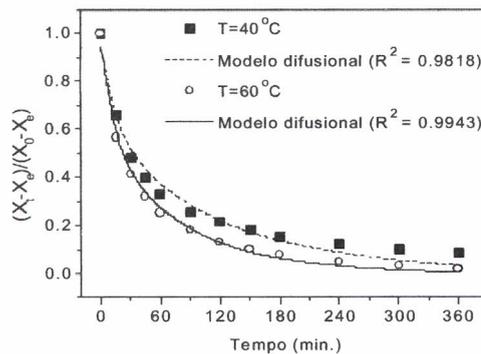


Figura 2 – Ajuste do modelo difusional aos dados do processo de secagem.

#### 4. CONCLUSÕES

A temperatura exerceu influência significativa sobre o tempo de secagem favorecendo ao aumento da difusividade efetiva de água; o mesmo não ocorrendo com a velocidade do ar. A taxa de secagem aumentou com a temperatura apenas no 1º período de taxa decrescente (entre 0.6 e 6.0 kg/kg ms).

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. *Sciences des Aliments*, v.14, p. 61-73, 1994.
- [2] CRANK, J. 1975. *The Mathematics of Diffusion*. 2ª ed. S.I Clarendon Press, Oxford.
- [3] LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technology*, v.14, n.2, p. 391-413, 1996.
- [4] RAHMAN, MD.; LAMB, J. Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated pineapple. *Journal of Food Process Engineering*, v. 14, p. 163-171, 1991.
- [5] TREYBAL, R. E. 1981. Drying. In: *Mass – Transfer Operations*. 3ª ed. McGraw-Hill, New York.
- [6] VAN ARSDEL, W. B.; Drying Phenomena. In: VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN Jr., A. I. *Food Dehydration*, 2ª ed. AVI publishing Co., Westport, v.1, n.3, p. 22-57, 1973.