

CINÉTICA DA SECAGEM DE CACAU

Victor HABER Pérez¹, Marlene Rita de QUEROZ²

RESUMO: Neste trabalho foi estudada a cinética de secagem de cacau, de acordo com o método proposto por Strumillo (1986). No corpo do trabalho são reportadas as curvas cinéticas, assim como alguns parâmetros característicos mais importantes tais como o coeficiente de velocidade de secagem, o coeficiente de transferência de massa e a umidade de equilíbrio e crítica. Foram obtidas equações cinéticas para condição de secagem e finalmente foi formulada uma metodologia para obter uma curva cinética generalizada de acordo com as condições experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem, cinética, cacau

ABSTRACT: During the beneficiary of cocoa, the drying stages play an important role to determine quality and final price of the product. Taking this in mind this article treats the kinetic of this subprocess. The results obtained from the experiments were processed and used to build up mathematical empirical models characterized for this process. Beside the characteristic curves, we report important parameters for the drying stage, such as the drying rate coefficient for each experiment. Finally a general equation is presented which can be applied for the following conditions: $50 \leq T \leq 70^{\circ}\text{C}$ and initial moisture content of 1.368 (d.b.). This equation also allows prediction of drying time of cocoa for a given moisture content or just simulates the characteristic drying curves.

KEYWORDS: Kinetic, drying, cocoa

INTRODUÇÃO: Na atualidade o cacau é um produto altamente cotado no mercado internacional, e seu processamento é baseado em uma tecnologia muito antiga, sendo que as pesquisas e trabalhos realizados em torno do seu processamento somente abordam os problemas da prática industrial. Contudo, seria um grande avanço para a análise do processo utilizar as vantagens da modelação matemática, o que atualmente, não é muito adotado. Por outro lado, está claro que os processos mais importantes são a fermentação e a secagem, os quais determinam as propriedades organolépticas e consequentemente a qualidade comercial do grão. Neste contexto, pode-se deduzir a importância que tem o estudo da cinética de secagem para garantir uma alta eficiência do processo de forma integral assim como uma qualidade apropriada do produto final.

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento experimental consistiu em estudar o processo de secagem de cacau forasteiro cubano coletado em província de Santiago de Cuba,

¹ Estudante do curso de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola DPPPA/UNICAMP, Caixa Postal, 6011, CEP13083-970- Campinas-SP. E-mail vitorh@agr.unicamp.br

² PhD em Térmica e Energia, DPPPA/UNICAMP, Caixa Postal, 6011, CEP13083-970 Campinas-SP. E-mail marlene@agr.unicamp.br

Cuba. Os experimentos se realizaram em uma estufa, simulando um processo de secagem contínua, para níveis de temperatura correspondentes para valores de 50, 60, e 70°C, sendo que a umidade inicial em todos os casos foi mantida constante em 1.368 Kg de umidade/Kg de sólido seco. Para selecionar os níveis de temperatura se teve em conta que o cacau é um produto que pode se decompor às temperaturas maiores aos 75°C (Nosti, 1976). As curvas obtidas experimentalmente de umidade vs tempo se mostra na figura 1, na qual se observa o comportamento do processo de secagem para cada experimento. O método utilizado para o processamento dos dados experimentais e obter os modelos matemáticos das curvas de secagem baseou-se em uma equação cinética que permite descrever todo o processo de secagem (Strumillo, 1986). Este método foi avaliado na prática para o estudo da cinética de secagem de sólidos porosos e capilares-porosos (Asare, 1994) e foi programado em linguagem Quick Basic versão 7.0 para computador IBM compatível (Novoa, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 mostram-se os resultados obtidos a partir do processamento dos dados experimentais, particularmente o coeficiente de velocidade de secagem, a umidade de equilíbrio, o coeficiente de transferência de massa e a umidade crítica, os quais são parâmetros muito importantes para caracterizar o processo de secagem e obter os modelos matemáticos que permitam simular o comportamento da cinética do processo. Esses parâmetros foram determinados em todos os casos para erros menores dos 10%, segundo o processamento dos dados experimentais utilizando programa SECAGEM.EXE. Os coeficientes de velocidade de secagem obtidos, como se pode observar na Tabela 1, são do mesmo ordem, embora logicamente eles aumentam com a temperatura, entretanto, os valores das umidades de equilíbrio se corresponde com os reportados na literatura especializada (Urguhart, 1963). No caso do coeficiente de velocidade de secagem e a umidade de equilíbrio se encontro uma dependência significativa desses parâmetros com a temperatura como resultado de uma análise estatística realizada com o programa STAGRAPHIC.EXE versão 2.1, chegando-se a obter expressões empíricas, sendo os valores da variável $F_{cal} (10.73, 768) > F_{tab}$, para um nível de probabilidade de 95% segundo o que se mostra na Tabela 2. Foram obtidas equações cinéticas partindo dos valores de K e x_{eq} para cada experimento. Desta forma ao comparar os tempos de secagem calculados com os experimentais para cada experimento, foi possível afirmar que a simulação é aceitável, com erros pontuais relativamente pequenos, sobretudo, partindo dos valores correspondentes à umidade crítica, ou seja, para o período de secagem decrescente. Finalmente foi estabelecido um procedimento para obter uma curva generalizada com o objetivo de descrever o comportamento integral do processo. Esse procedimento foi comprovado para as seguintes condições: $T = 60^{\circ}\text{C}$, $K = 0.006392 \text{ min}^{-1}$, $x_{eq} = 0.1107 \text{ Kg}$, $x_0 = 1.368 \text{ Kg/Kg}$ e $0 \leq t \leq 800 \text{ min}$, e os resultados são apresentados na Figura 2. Uma análise dos resultados obtidos demonstra que o método é adequado para problemas de secagem de cacau, posto que, ao comparar os erros do ajuste com respeito aos valores experimentais se encontro que estes nunca foram maiores de 5%.

CONCLUSÕES: O ajuste das curvas experimentais do processo de secagem partindo das equações cinéticas para cada experimento foi adequado, tomando em conta que os erros dos desvios entre o valor de tempo calculado e o ajustado, vai diminuindo na medida em que se aproximam da umidade crítica. Se encontrou uma expressão generalizada a qual permite

simular de forma adequada o processo de secagem considerando-se adequado o método usado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

URGUHART. **Cacao**. Edición Revolucionaria. Ciudad Habana. 1963

STRUMILLO,C.et al.: **Drying: Principles, Applications and Desing**. Ed. Gordon and Breach, Sc. Publishing. 1986, p. 79-95.

ASARE,S. “**Estudio de las etapas principales del beneficiado de cacao**”. Tesis de ingeniería química. ISPJAM. Santiago de Cuba. 1994.

NOSTI,J. **Cacao y Café**. Edição revolucionaria. Cidade de la habana.1962.

NOVOA,R. et al. Programa para simular processos de secagem. **Rev. Tecnologia Química**. 1995.

TABELA 1 . Valores de K, xeq, Xc Kg para cada experimento

Coeficiente	50 C	60 C	70 C
K	$5.6 \cdot 10^{-3}$	$6.39 \cdot 10^{-3}$	$7.18 \cdot 10^{-3}$
Xeq	0.126	0.111	0.095
Xc	0.222	0.165	0.156
Kg	0.445	0.514	0.585

TABELA 2. Ajuste das equações para calcular K e Xeq.

Coeficiente	a	a0	r	Fcal
K	$1.655 \cdot 10^{-3}$	$7.895 \cdot 10^{-5}$	0.956	10.73
Xeq	0.2067	$-1.6 \cdot 10^{-3}$	0.999	768