

# CARACTERIZAÇÃO DAS ISOTERMAS DE SECAGEM DO CAROÇO DA JACA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS* LAM.) E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS SEGUNDO DIFERENTES MODELOS PRESENTES NA LITERATURA

**Daiane Silva Xavier<sup>1</sup>; José Ailton Conceição Bispo<sup>2</sup>; Taís Silva de Oliveira Brandão<sup>3</sup>**

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [daiane\\_engenheira@yahoo.com.br](mailto:daiane_engenheira@yahoo.com.br).

2. Orientador, Departamento de Tecnologia (DTEC), Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [ailton\\_bispo@hotmail.com](mailto:ailton_bispo@hotmail.com).

3. Participante do projeto de desenvolvimento de tecnologia para processamento de frutas cultivadas no semi-árido baiano, Departamento de Tecnologia (DTEC), Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [oliveira.tais@gmail.com](mailto:oliveira.tais@gmail.com).

## 1. INTRODUÇÃO

O fruto da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é muito popular nas regiões tropicais do mundo. Apresenta característica de sazonalidade bem específica, marcada pela concentração da oferta no período de dezembro/abril. O fruto é comercializado e consumido quase que exclusivamente na forma *in natura* o que leva a um índice elevado de perda na pós-colheita. Esse fato evidencia a necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer para os produtores aproveitarem melhor o fruto da jaqueira. (MELO et al., 2006).

Dos subprodutos da jaqueira, as sementes da jaca (15 a 25% do fruto), são muito utilizadas na alimentação humana, podendo ser cozidas ou torradas em forno, além de serem nutritivas, são saborosas (SILVA et al., 2007). As sementes frescas de jaqueira contêm 52 a 58% de umidade; 6,6% de proteína; 0,4% de gordura; 38,4% de carboidratos; 1,5% de fibra; 1,2 a 1,5% de cinzas. Em geral, as sementes frescas são consideradas ricas em amido e boas fontes de vitaminas B1 e B2 (MORTON, 1987).

O processo de secagem, baseia-se na redução da atividade de água do alimento, com consequente inibição do crescimento microbiano, atividade enzimática, oxidação de lipídeos e escurecimento não enzimático que ocorrem em alimentos. A desidratação reduz o peso e o volume do produto, aumentando a eficiência do transporte e do armazenamento (SARANTÓPOULOS, et al, 2001), além de conferir também o refinamento do alimento, tendo-se como consequência a instalação de um novo produto no mercado, o que usualmente vem motivando os investimentos de produção e beneficiamento agrícola, face aos benefícios monetários que derivam da transformação do produto.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

**Secagem.** O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da UEFS. Os caroços foram cozidos em panela de pressão doméstica com 3 L de capacidade, com pressão nominal de  $1,8 \cdot 10^5$  Pa, durante 30 minutos contados após o período inicial de ebulição da água. Após este cozimento inicial, os caroços foram cortados transversalmente em fatias uniformes (~ 5 mm de espessura). Em seguida as amostras foram desidratadas num secador de bandeja operado a diferentes temperaturas: de 50, 60, 70, 80 e 110 °C. Para cada temperatura foram utilizadas 4 bandejas contendo 10 g de amostras, as quais foram monitoradas a cada 10 minutos pela pesagem em balança analítica, com uma precisão de 0,001 g. Após a secagem, as amostras foram mantidas no secador de bandejas durante 24 horas para se obter a massa residual das fatias.

**Caracterização Físicoquímica.** Os caroços in-natura e secos, foram avaliados quanto ao teor de umidade, teor de cinzas, atividade de água (Aw), proteínas e lipídios. A determinação da umidade baseou-se na perda de peso de 10 g de amostra, em determinador de umidade por infravermelho, na temperatura de 100°C por 30 minutos. O teor de cinzas, foi medido seguindo a metodologia proposta por IAL (2005). Para a determinação da atividade de água, foi utilizado o equipamento Aqualab. O teor de proteína foi quantificado pelo

método de Kjeldahl. Já a quantificação do teor de lipídios foi realizado pelo método de Bligh e Dyer.

*Abordagem Termodinâmica:* Num trabalho anterior (Bispo et al., 2013 in press) foi proposto um modelo para modelar processos de secagem descritos em termos do grau médio de hidratação ( $\alpha_H$ ) com base em amostras sujeitas a transições estruturais como a seguir,

$$\alpha_H(t) = \sum_{i=1}^n f_i(t) \alpha_i \quad (1)$$

onde  $f_i$  corresponde à fração de espécies de estrutura  $i$  em solução de modo que a propriedade intrínseca  $\alpha_i$  representa, por exemplo, o grau de hidratação da estrutura  $i$ . Na sequência das declarações anteriores deste modelo se considerarmos que  $\alpha_H$  é a função média que representa o grau de hidratação, em seguida, quando se considera que os processos de secagem deve ser descrita com base em transições estruturais entre amostras de espécies de elevado grau de hidratação ( $\alpha_{H1}$ ) e baixos grau de hidratação ( $\alpha_{H0}$ ), de modo que os termos  $\alpha_{H0}$  representará os respectivos graus de hidratação intrínsecas de cada espécie de estrutura.

$$\alpha_H(t) = \frac{1}{1+\exp(\varnothing_2+\varnothing_3t)} \varnothing_1 + \frac{\exp(\varnothing_2+\varnothing_3t)}{1+\exp(\varnothing_2+\varnothing_3t)} \varnothing_4 \quad (2)$$

onde  $\varnothing_1$ ,  $\varnothing_2$ ,  $\varnothing_3$  e  $\varnothing_4$  são os parâmetros de ajuste que podem ser obtidos por ajuste não linear da equação. (2) com os dados experimentais, de modo que  $\varnothing_1 = \alpha_{H1}$  e  $\varnothing_4 = \alpha_{H0}$ .

A variação de entropia no processo de liberação da água, à temperatura e pressão constante é dada por:

$$\Delta S_W = - \left( \frac{d\Delta G_W}{dT} \right)_{P,t} \quad (3)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do caroço de jaca in natura e seco é apresentada na tabela 1.

**Tabela 1** - Resultados obtidos para as análises físico-químicas da amostra in natura e seca a 80° por 85 min.

Constituinte (%)	In natura	Seco
Atividade de água (Aw)	0,997	0,451
Umidade	59,06	7,2
Cinzas	1,47	1,56
Proteína	0,74	0,91
Lipídios	1,26	1,01

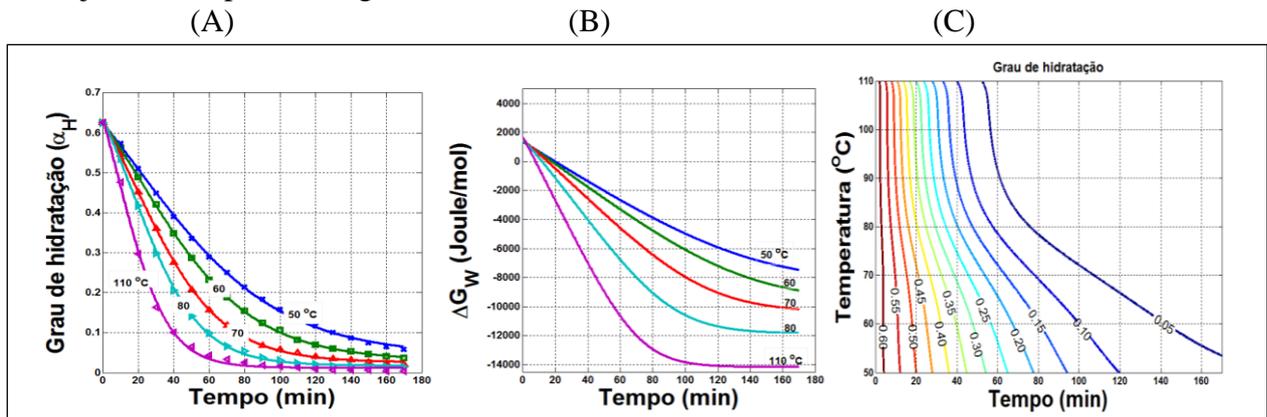
\* Os valores de proteína e lipídios para amostras desidratada encontram-se em base úmida.

Fonte: Dados da Pesquisa

Avaliando-se a composição química do caroço da jaca (Tabela 1) observa-se que a atividade de água no caroço de jaca cru é o dobro da atividade de água na amostra seca. Sendo a água um forte fator de crescimento microbiano no alimento, compreende-se a necessidade da desidratação no processo de conservação do alimento. Nesse caso o teor de umidade da amostra in natura apresenta um teor de 59,06%. Silva et al. (2006) apresenta um valor de umidade para o caroço de jaca cru de 52 – 58%, estando o valor encontrado na análise próximo ao observado na literatura enquanto que para a amostra desidratada o resultado obtidos foi de 7,2%. O teor de cinzas na amostra in natura e seca foram de 1,47% e 1,56% respectivamente, podendo ser confirmado que quando a amostra passa pelo processo de desidratação todos os macroconstituintes se concentram. A amostra in natura apresentou ainda 1,26% de gordura e após secagem obteve-se um valor de 1,01%, porém Morton (1987) apresenta valores de lipídio em torno de 0,4% na amostra in natura. Assim, pode-se observar que o caroço de jaca não apresenta elevado teor de gordura. Segundo Franco (1999), o teor de proteína no caroço de jaca está em torno de 3,5%. Os valores de proteína encontrados na amostra in natura do caroço de jaca foram de 0,74%, já na amostra seca obteve-se 0,91%.

O painel (A) da Figura 1 mostra os resultados experimentais obtidos para o grau médio de hidratação ( $\alpha_H$ ) durante o processo de secagem dos caroços de jaca com temperaturas distintas no secador de bandeja.

**Figura 1** - (A) Dados experimentais para o grau médio de hidratação ( $\alpha_H$ ) em diferentes tempos de secagem e temperaturas. Linhas, ajuste não linear dos dados experimentais utilizando eq. (21), Bispo et al. 2013, em cada condição de temperatura. (B) Variação de energia livre de Gibbs de libertação de água ( $\Delta G_w$ ) a partir do interior dos caroços ( $W_i$ ) ao exterior ( $W_e$ ) em valores distintos de tempo de secagem e da temperatura. (C) Diagrama de nível para o grau médio de hidratação ( $\alpha_H$ ) como função da temperatura do secador de bandeja e do tempo de secagem.

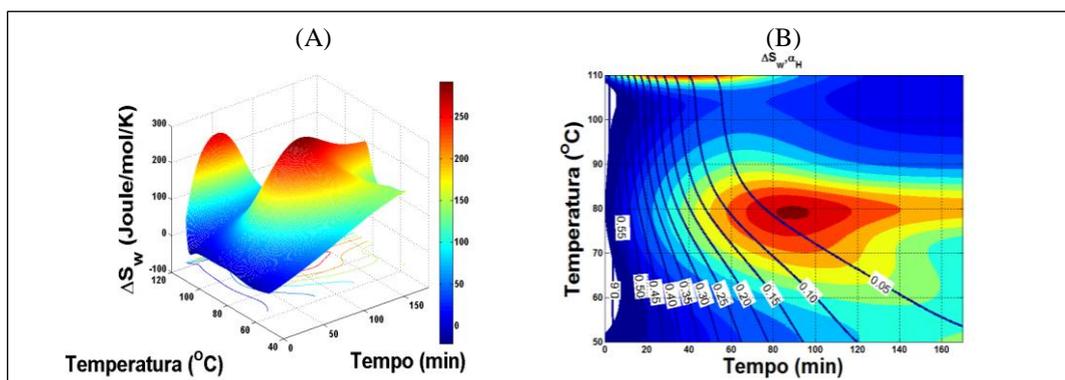


Fonte: Dados da Pesquisa

As linhas são os resultados correspondentes para o ajuste da equação 2 e como pode ser observado nestes resultados o modelo se ajusta aos resultados experimentais com alta precisão, com os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) maior do que 0,98 para todas as curvas ajustadas.

Na figura 2, painel (A) através da análise de superfície de variação de entropia, equação 3, é possível se ter um acesso rápido e mais preciso ao ponto de funcionamento ótimo do que os testados pelo painel Figura 1 (B). Assim, observando-se do painel (A) da fig. 2 observa-se que próximo à região de 70 a 80°C e o tempo de secagem entre 65 e 120 minutos, existe uma região de máxima entropia, que é melhor observado no diagrama de nível mostrado na Figura 2 do painel (B). Neste painel, é possível observar que o processo de maximização de entropia dá um resultado direto que aponta para a melhor condição de operação a temperaturas mais reduzidas através da combinação do efeito da temperatura e do tempo dependendo do grau de hidratação desejado para o produto (linhas Fig. 2 B).

**Figura 2** – (A) Diagrama da superfície de variação de entropia de saída de água obtido para valores distintos de tempo de secagem e de temperatura. (B) Diagrama de nível de variação de entropia de saída de água a valores distintos de tempo de secagem e de temperatura. As linhas, neste caso, representam os resultados para diferentes graus de hidratação.



Fonte: Dados da Pesquisa

A partir destes resultados verificou-se que a operação de melhor estado seco para atingir um produto com próximo a  $\alpha_H = 0,07$  ocorre próximo a  $80^\circ\text{C}$  e o tempo de secagem de 85 min. Contudo, observando-se as linhas de nível para outros graus de hidratação pode-se concluir que a partir das respectivas linhas de máxima variação de entropia que tangenciam estes graus de hidratação pode-se obter a condição otimizada para estes casos. Assim, nestes casos, a utilização do painel (B) na fig. 2 pode-se obter as melhores condições de operação para cada caso.

#### 4. CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho é possível caracterizar a cinética de secagem do caroço de jaca, onde a otimização e as condições ideais para o controle da desidratação em condições reduzidas de temperatura, através da maximização da variação de entropia, permite determinar as condições ótimas de trabalho. É possível observar a influência do processo de secagem nas características físico-químicas da amostra e a importância das condições ótimas de trabalho no controle da qualidade dos alimentos. O modelo proposto aqui mostra que a baixas temperaturas, vale a pena procurar condições que maximizem a variação de entropia ( $\Delta S_w$ ) uma vez que isso irá resultar em um mínimo local de energia livre no termo ( $-T\Delta S_w$ ) durante a liberação de água onde a baixas temperaturas pode-se obter condições energéticas similares às observadas a altas temperaturas com maior probabilidade de manutenção das propriedades organolépticas dos produtos.

#### REFERÊNCIAS

- BISPO J.A.C., SILVA, C.M.R., BONAFE, C.F.S. AND ASSIS, D. **Modeling drying isotherms using a structure transition model**. *Drying Technology*, 2013, 31(9), 1008-1019.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999.
- IAL - INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo, IAL, p. 1018, 2005.
- MELO, G. L. DE., VIEIRA, G. ARAÚJO, A. SOUZA. I. V. DE. LACERDA, T. **Caracterização das propriedades físicas e físico-químicas da jaca in natura e desidratada**. XII Seminário de Iniciação Científica da UESC Ciências Agrárias, Anais, p. 114 - 115, 2006.
- MORTON, J. F. **Jackfruit**. In: **Fruits of warm climates**. Miami-USA: [s.n.], 1987, p.58-67
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001 215p.
- SILVA, J. V.; JORDAO FILHO, J.; RIBEIRO, M. L. G; SILVA, E. L. **Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpusheterophyllus*Lam.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas**. *Ciência e Agrotecnologia* 31(2) p. 523- 530, 2006.
- SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J. RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, E. L. **Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas**. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 31, n. 2, p. 523-530, mar.-abr., 2007.