

## DETERMINAÇÃO DE ISOTERMAS DE SORÇÃO DA AMÊNDOA FERMENTADA DE CUPUAÇU

**DOUGLAS RODRIGUES DOS REIS<sup>1</sup>, CAROLINE VENTUROLI RODRIGUES<sup>2</sup>  
EDUARDO JOSÉ OENNING SOARES<sup>3</sup>, CAMILA DE SOUZA PAGLARINI<sup>4</sup>,  
ALEXANDRE GONÇALVES PORTO<sup>5</sup>,**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Alimentos, UNEMAT, Barra do Bugres-MT, (65) 3361.3596, dougrreis@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia de Alimentos pela UNEMAT.

<sup>3</sup>Professor Doutor da Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Engenharia de Produção.

<sup>4</sup>Doutoranda em Tecnologia de Alimentos, Universidade de Campinas, Departamento de Engenharia de Alimentos.

<sup>5</sup>Professor Doutor da Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Engenharia de Alimentos.

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** Típico da região amazônica, o cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum* Schum), é um fruto que tem um grande potencial de crescimento no mercado agrícola e industrial. Este fruto possui de 12 a 15 cm de comprimento e 10 a 12 cm de diâmetro, com um peso médio de 1kg, composto de 40% de polpa e de 35 amêndoas, equivalente a 20%. Por ser similar ao cacau, a amêndoa de cupuaçu tem despertado interesse científico e industrial, pois podem-se obter produtos similares ao chocolate a partir das amêndoas fermentadas, secas e torradas. Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento das isotermas de equilíbrio das amêndoas de cupuaçu fermentadas. Para tanto, foram realizados experimentos utilizando o método gravimétrico estático, com diferentes concentrações ácidas, garantindo uma umidade relativa do ar constante dentro dos recipientes onde foram inseridas as amostras e estas permaneceram em estufas incubadoras com temperatura controlada de 20, 30, 40 e 50°C até que atingissem massa constante. Para ajustar os resultados obtidos foram utilizados diferentes modelos matemáticos. Entretanto o modelo que melhor descreveu as isotermas de dessorção e adsorção das amêndoas de cupuaçu fermentadas foi o modelo de GAB, pois apresentou valores acima de 95% de coeficiente de correlação.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Theobroma grandiflorum*, conservação, Midilli e Kucuk

### THE INFLUENCE OF FERMENTATION IN THE DRYING KINETICS OF CUPUASSU ALMONDS

**ABSTRACT:** The Cupuaçu fruit (*Theobroma grandiflorum*) is known for its pleasant features of flavor and smell, however, with high water content, the fruit require, for its conservation, conducting drying, i. e., reduction of the moisture content. During the processing, the cupuaçu almonds are fermented with objective of development of numerous compounds of flavor. The aim of this study was to analyze the influence of fermentation in the drying kinetics of cupuaçu almonds. Almonds were extracted from the fruit, selected and cleaned under running water. They were then fermented using the methodology described in the literature. In the drying process were used fermented and unfermented almonds, and was conducted using one dryer tray under 40, 50 and 60°C and air velocity of 1.0 m/s. The results show that the drying temperature is a factor that directly influences the drying constant. The fermentation process promotes the facility to lose moisture of almonds, probably, reducing the resistance of their cell walls. The mathematical model of Midilli and Kucuk was that the best adjusted to the experimental data; the effective diffusivity values ranged from  $1.58 \times 10^{-9}$  to  $3.75 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s; and the activation energy varies from 66.44 to 68,29KJ/mol.

**KEYWORDS:** Theobroma grandiflorum, conservation, Midilli and Kucuk

**INTRODUÇÃO:** Uma fruta típica da região amazônica, o cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum* Schum) é um importante produto agrícola que vem ganhando o mercado internacional e apresentando uma grande perspectiva para o mercado interno. Atualmente o principal produto deste fruto é sua polpa, com isso suas sementes, as quais representam cerca de 17% da fruta, na maioria das vezes são descartadas, esse subproduto tem despertado interesse pelo setor industrial, pois ele pode ser utilizado como matéria prima de produtos semelhantes ao chocolate (COHEN; MATTIETTO; JACKIX, 2004).

A quantidade de água livre presente nos alimentos frescos é uma das principais causas de deterioração. Desta forma, as operações que removem a água livre têm sido usadas, há décadas em indústrias de processamento de alimentos para uma eficiente preservação dos produtos finais por longos períodos (FELLOWS, 2006).

O estudo da atividade de água ( $A_w$ ) pode ser feito através de isotermas de adsorção e dessorção, que representam a relação de equilíbrio entre atividade de água e a umidade de equilíbrio do produto, a temperatura constante. O conhecimento das curvas de adsorção e dessorção são úteis para o processo de secagem, a seleção de um equipamento adequado, o material da embalagem e a previsão de estabilidade durante a vida útil de armazenamento e transporte do produto (SILVA, 2013).

**MATERIAL E MÉTODOS:** Este projeto foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia e Processamento Agroindustrial, pertencente ao Centro Tecnológico de Mato Grosso (CTMAT), e no Laboratório de Química; pertencentes à Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Deputado Estadual Renê Barbour, na cidade de Barra do Bugres. A matéria prima utilizada foi adquirida de produtores da região norte do Mato Grosso. Primeiramente as amêndoas extraídas do fruto foram selecionadas, higienizadas e fermentadas segundo a metodologia descrita por VASCONCELOS (1999), depois de fermentadas as amêndoas foram armazenadas para posterior determinação de atividade de água. Para as isotermas de sorção foi utilizada a metodologia adaptada de SANTOS (2011), onde, as amostras foram pesadas em uma balança analítica (precisão de 4 casas após a vírgula), e inseridas triplicatas em pequenos recipientes plásticos de aproximadamente 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura colocados em tripés plásticos com altura aproximada de 5cm dentro de um recipiente de vidro com soluções de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) com concentração variando de 20 a 70%. Primeiramente foram pesados 7 dias após terem sido colocados na estufa para serem aferidos os devidos comportamentos, e posteriormente, pesados periodicamente de 3 em 3 dias até atingirem umidade de equilíbrio estático. Após atingirem o equilíbrio termodinâmico, as amostras foram submetidas ao método da estufa, 105°C por 24h para a determinação da umidade final (IAL, 2008). Os valores de umidade de equilíbrio foram ajustados a diferentes modelos matemáticos como GAB, Henderson, Halsey, Chen e Clayton. Os dados experimentais foram comparados com os valores calculados pelos modelos matemáticos, analisando-se os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pelo erro médio relativo (SE).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Tabela 1 apresenta os parâmetros elaborados para o modelo matemático de GAB, sendo o que melhor se ajustou aos dados experimentais, obtendo  $R^2$  mais próximo à unidade e menores valores do erro médio estimado (SE) nas amêndoas fermentadas. A Tabela 2 apresenta o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) e erro médio estimado (SE) do modelo de GAB.

TABELA 1. Parâmetros de ajuste das isotermas de dessorção e adsorção de amêndoa de cupuaçu fermentada para o modelo de GAB.

MODELO	T (°C)	A	B	C	D	X <sub>m</sub>	K
GAB dessorção	20			5551100		0,0370	0,7173
	30			8226213		0,0322	0,7923
	40			229,55		0,0277	0,8077
	50			184,14		0,0250	0,7907
GAB adsorção	20			3,0399		0,0231	0,8461
	30			3,2852		0,0219	0,8614
	40			9,0756		0,0164	0,9160
	50			10,4680		0,0177	0,8450

TABELA 2. Coeficientes de correlação (R<sup>2</sup>) e erro médio estimado (SE) do modelo matemático de GAB.

Modelo	T (°C)	Adsorção		Dessorção	
		R <sup>2</sup> (%)	SE (%)	R <sup>2</sup> (%)	SE (%)
GAB	20	98,37	16,31	95,23	6,80
	30	98,48	15,44	97,62	5,17
	40	99,39	7,44	99,27	3,99
	50	99,38	7,42	98,65	4,20

Os resultados obtidos a partir dos modelos matemáticos ajustados estão representados graficamente nas figuras abaixo, demonstrando a influência da temperatura e da atividade de água sobre a umidade de equilíbrio do alimento. Na Figura 1 apresenta as isotermas da amêndoa de cupuaçu fermentada utilizando soluções ácidas.

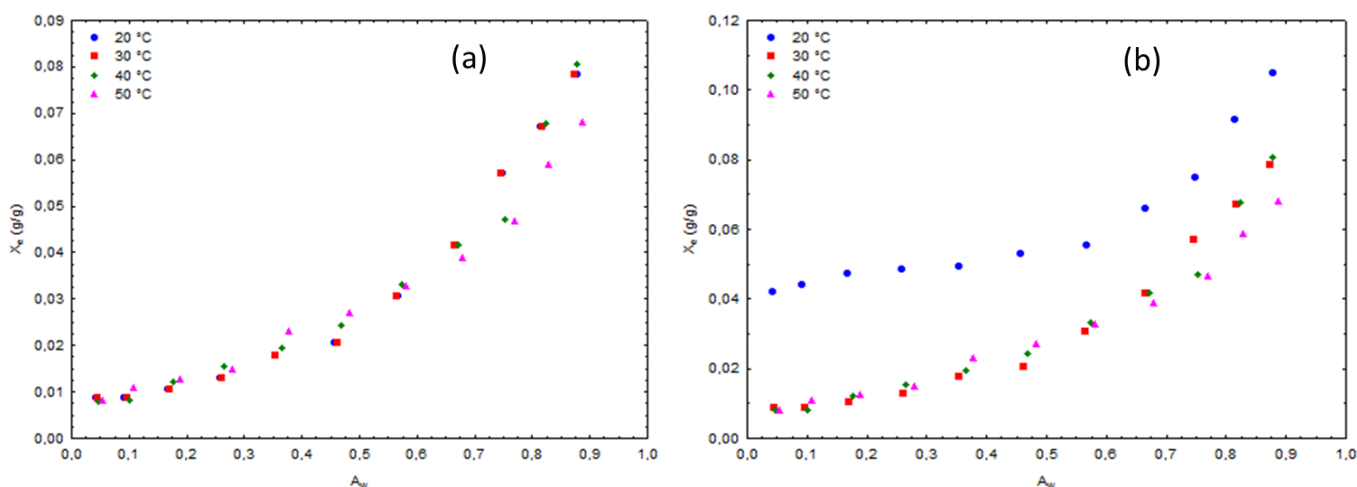


FIGURA 1. Ajuste matemático com modelo de GAB para isoterma de dessorção (a) e adsorção (b) em temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C.

As curvas de equilíbrio geradas a partir dos dados obtidos para isotermas de dessorção, apresentaram formas sigmoidais conforme a Figura 1 (b). Esta é uma característica de materiais com alto índice de umidade inicial. Segundo MEDEIROS et al. (2006), a forma sigmoide é a curva mais aproximada em caracterização de alimentos.

A partir dos valores encontrados para o coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>) e de erro médio estimado (SE), calculados para cada modelo, foi possível identificar que o modelo de GAB foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, aos fenômenos de dessorção e adsorção. VEJA-GÁLVEZ et al. (2007), constatou através de um estudo de isotermas de sorção de pimentão, que a temperatura tem influência direta na umidade de equilíbrio das isotermas de dessorção, e que além disso a atividade de água e a umidade de equilíbrio são diretamente

proporcionais, pois, quanto maior a umidade de equilíbrio de um alimento, maior será sua atividade de água. SILVA et al. (2008), analisando o comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó, evidenciaram a partir do coeficiente de correlação que os modelos de Oswin e GAB evidenciaram os melhores ajustes aos dados analisados.

As isotermas de adsorção da farinha de Coroa-de-frade analisada por LIMA et al. (2008), foram ajustadas pelos modelos matemáticos de GAB e Halsey, e pode-se observar que houve mínima influência da temperatura sobre as isotermas em um intervalo de 0,50 a 0,80 atividade de água. Desse modo, pode-se obter uma boa aproximação das curvas em relação aos valores nas quatro temperaturas estudadas, como visto na Figura 1 (a), isso comprova o bom ajuste obtido a partir do modelo de GAB.

**CONCLUSÕES:** As isotermas de adsorção e dessorção para as amêndoas de cupuaçu fermentadas demonstraram um comportamento sigmoidal, propriedade peculiar de alimentos com alto índice de umidade inicial. O modelo de GAB foi o que melhor se adequou aos dados experimentais das isotermas de adsorção e dessorção, com valores acima de 95% de coeficiente de correlação.

## REFERÊNCIAS

- COHEN, K. O.; MATTIETTO, R.; JACKIX, M. N. H. **Processo de Torração das Amêndoas e Nibs de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2004.
- FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática**. Editora Artmed S.A., 2006. 602p.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo-SP.2008. p.1020.
- LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. **Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.2, p.163-170, 2008.
- MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. M.; LANNES, S. C. S. **Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products**. Journal of Food Engineering, v. 73, n. 4, p. 402-406, 2006.
- SANTOS, P. **Influência das variáveis do processo na secagem de pimenta bico**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Barra do Bugres, 2011.
- SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. **Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, 2008.
- SILVA, B.C. **Cinética de secagem e determinação de isotermas de sorção de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT. Barra do Bugres, 2013.
- SILVA, R. B.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G. **Influência da temperatura e da velocidade do ar nas taxas de secagem da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2008. Disponível em: <[http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos\\_conic/Expandido\\_00625.pdf](http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00625.pdf)> Acesso em 10 de Agosto de 2015.
- VASCONCELOS, M. A. M. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Campinas, 1999. 114p.
- VEGA-GÁLVEZ, A., LEMUS-MONDACA, R., FITO, P. AND ANDRÉS, A. **Moisture sorption isotherms and isosteric heat of red bell pepper (*var. Lamuyo*)**. Food Science and Technology.v.13, p.309–316, 2007.