

SECAGEM DE CAJU COM A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

José Fernando Ávila Soares Sobrinho - nandormv@yahoo.com.br

Luciete da Paixão Souza – luciete_paixao@hotmail.com

Maria Clara Pinto Cruz – mariaclara.cruz@hotmail.com

Paulo Mário Machado Araújo – paubamma@yahoo.com.br
Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Laboratório de Energia e Materiais

Resumo. A energia solar, além de ser uma fonte natural disponível, é perfeitamente útil para a secagem de frutas que podem ser processadas com o mínimo de custos. Utilizou-se o fogão solar tipo caixa para realizar a secagem dos frutos, demonstrando eficiência satisfatória, com tempos de exposição de até 6 horas. Os parâmetros acompanhados na secagem foram: temperatura, radiação, perda de umidade do fruto, fibras e lipídeos. Para o estudo da secagem utilizaram-se espessuras diferentes (0,5; 1,0 e 1,5 cm). Com essa técnica foi possível observar que menor espessura obtém-se melhor resultado das características físicas com um menor tempo de exposição.

Palavras-chave: Secagem de frutas, Energia solar, Fogão solar.

1. INTRODUÇÃO

Estamos todos vivendo numa escala mundial um câmbio caracterizado por drásticas mudanças nos paradigmas que orientam a organização da sociedade humana. Aquecimento global, ocorrência de grandes desastres ecológicos, a existência de grandes populações vivendo em condições de profunda pobreza e a má distribuição da riqueza natural e humana, demonstram os aspectos ecologicamente predatórios, socialmente perversos e politicamente injustos. O desequilíbrio ambiental, causado pelas significantes interferências que sistemas humanos impõem sobre os sistemas naturais, têm motivado a busca por soluções duráveis ou sustentáveis.

Torna-se cada vez mais importante a necessidade de mudanças dos sistemas produtivos e práticas de uso dos recursos naturais. Para o setor energético, as mudanças necessárias são significativas na geração, distribuição e uso da energia. Trata-se de mudanças em direção a um maior uso de recursos renováveis.

Dentre os vários tipos de frutas que o Brasil dispõe o caju apresenta uma das maiores perdas por decomposição pós-colheita, além de abranger pequenos produtores.

A secagem do caju permite minimizar a perda do produto no campo; armazenar por períodos mais longos, sem o perigo de deterioração do produto e impedir o desenvolvimento de microorganismos e insetos. Métodos de preservação de frutas e vegetais são essenciais para a estocagem por longos períodos de tempo, sem que ocorra a deterioração na qualidade do produto. Vários métodos descritos na literatura são avaliados para a preservação de alimentos, tais como, tratamento químico, atmosfera controlada e desidratação (Sharma *et al.*, 1995).

Produtos secos são caracterizados pela baixa porosidade e alta densidade aparente. A operação de secagem pode acarretar uma diminuição da qualidade do produto. Entre os efeitos negativos destacam-se as mudanças significativas da cor (Krokida *et al.*, 2003), a diminuição do conteúdo de vitamina, micro elementos e substâncias antioxidantes e a degradação térmica de substâncias nutricionais importantes, assim como a perda do aroma e sabor do alimento (Drouzas & Schubert, 1996).

Alimentos secos de alta qualidade podem ser obtidos em tempos de secagem reduzidos empregando-se microondas como técnica de secagem por radiação (Drouzas & Schubert, 1996; Funebo & Ohlsson, 1998). Contudo, o custo da energia utilizada nesta técnica de secagem é muito elevado tendo ainda pouca aplicação a nível industrial.

A literatura relata que o sistema de secagem utilizando o secador solar é um caminho promissor para conservação de vários produtos agrícolas (Ivanova & Andonov, 2001; Ivanova *et al.*, 2003; Sharma *et al.*, 1995). Entretanto os principais problemas são: identificar o tipo de secador mais econômico e melhor adaptado para as condições climáticas e o tipo de alimento. A escolha da configuração do secador influirá tanto no aproveitamento da energia solar para a perda de umidade dos alimentos, quanto nos parâmetros da operação de secagem, tais como temperatura e velocidade do ar (Sharma *et al.*, 1995).

Equipamentos simples e de baixo custo estão sendo experimentados para ser aliado do homem e do meio-ambiente utilizando energia solar. Nesse estudo utilizou-se o fogão solar tipo caixa, para secar as seguintes frutas tropicais: caju e abacaxi. Tais alimentos se diferenciam quanto à sua composição, conteúdo em umidade, tamanho e outras propriedades físicas e químicas. Estas diferenças permitirão a obtenção uma relação entre o tempo de secagem e as propriedades/geometria dos alimentos. Realizou-se estudo sobre a cinética da secagem acompanhado a perda de umidade do fruto de acordo com o tempo de exposição e o comportamento dos parâmetros incidência de radiação solar e temperatura no processo, buscando sempre manter as características físico-químicas do fruto analisado.

Portanto, este trabalho se propõe a estudar a secagem de caju a fim de se obter uma qualidade uniforme e controlada do produto seco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os caju foram obtidos nas feiras locais (Aracaju-SE), procurando uniformizar o grau de maturação das frutas.

O equipamento utilizado para a extração dos lipídeos de caju foi o extrator tipo Soxhlet. Utilizou-se cerca de 3,0 - 5,0 g de caju como massa da fruta inicial. Neste equipamento, o éter de petróleo fica sob refluxo, sendo que o processo de extração é realizado de forma intermitente. Em seguida, após 4 h, efetua-se uma destilação com o fim de obter a massa de lipídeos. Portanto, o cálculo será feito conforme equação 1:

$$\text{Lipídeos (\%)} = 100 \times \frac{\text{massa}_{-de-lipídeos}}{\text{massa}_{-fruta_inicial}} \quad (1)$$

A amostra de caju sem o lipídio da determinação anterior foi utilizada para análise de Fibra. Utilizou-se a digestão em tubo de Kjeldahl, para hidrólise de substâncias presentes no caju, e assim, poder se separar as fibras insolúveis e em seguida filtrado e secado em estufa a vácuo para se obter o resíduo seco e em seguida foi incineração. Portanto, o cálculo:

$$\text{Fibra (\%)} = 100 \times \frac{\text{resíduo}_{-seco} - \text{resíduo}_{-incinerado}}{\text{massa}_{-fruta_inicial}} \quad (2)$$

Nos experimentos todas as amostras de caju foram cortadas em fatias radiais com espessuras controladas, pesadas a massa inicial e devidamente identificada. Foram avaliadas diversas espessuras (0,5, 1,0 e 1,5 cm) para verificar o seu efeito no tempo de secagem.

Designaram-se as seguintes abreviaturas para as amostras de caju.

Tabela 1 Designação das amostras

Amostra	Espessura
1	0,5
2	1,0
3	1,5

Para confecção do fogão solar utilizou-se caixa de papelão, papel alumínio, cola, chapa de aço (pintada de preto) e vidro com dimensões da caixa interna de aproximadamente 600 x 500 x 300 milímetros.



Figura 1 – Fogão solar tipo caixa revestido de papel alumínio

Após cortadas as amostras em triplicata estas inseridas no fogão solar, a cada 2 horas as mesmas foram submetidas às pesagens. Todas as amostras foram retiradas, pesadas e novamente recolocadas no fogão (Figura 1). O experimento foi realizado no mesmo dia com o monitoramento da temperatura.



Figura 2 – Experimento em andamento:
Fatias de caju secando ao sol

Foram utilizados dois sensores no instrumento eletrônico da AQX para aquisição da temperatura (°C) e da incidência de radiação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de Lipídeos e fibras do caju realizadas no LPA (Laboratório de Pesquisa em Alimentos) no ITP tiveram os resultados conforme a tabela 2.

Tabela 2: Análises de lipídeos e fibras da amostra de caju

Análises	Resultados
LIPÍDEOS	2,79 ± 0,1
FIBRAS	11,22 ± 1,9

As fibras brutas de um alimento incluem, teoricamente, materiais não digeríveis pelos organismos humano e animal e são insolúveis em ácido e base diluídos em condições específicas. A fibra bruta não tem valor nutritivo, mas fornece a ferramenta necessária para os movimentos peristálticos do intestino. Pode ser encontrada em diversos locais do organismo, principalmente na parede celular das células do tecido vegetal. Lipídeos são definidos como componentes do alimento que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, tais como éter etílico, éter de petróleo, acetona, clorofórmio, benzeno e álcoois. As análises de lipídeos e fibras mostram com clareza a importância da prática da secagem com energia solar que, provavelmente, não comprometerá as características energéticas e alimentares existentes no fruto.

Segundo a tabela 3 observa-se que após 4 horas de exposição foi possível analisar que a perda de massa foi significativa em todas as amostras, tornando-se praticamente constantes nas amostras 1 e 2. Na amostra de espessura 3 foi possível observar que a perda de massa teve um resultado diferente devido à sua maior espessura. Um fator importante a ser destacado é que na faixa de horário das 10:00 h às 14:00h, obtém-se redução significativa devido a maior incidência de radiação que provoca um aumento do efeito estufa no interior do fogão solar.

Na tabela 3 é apresentado os resultados da secagem do caju.

Tabela 3 - Secagem do caju após 6h de exposição com monitoramento da temperatura, espessura e massa.

Espessura	% Perda de massa (média)		
	2 h (74 °C)	4 h (71 °C)	6 h (53 °C)
1	67,6256 ± 5,4659	84,7336 ± 1,4714	84,7965 ± 1,4418
2	51,37062 ± 2,8192	72,68901 ± 16,0960	72,82151 ± 18,5984
3	44,1755 ± 1,9798	71,58229 ± 2,7633	78,16498 ± 2,7500

Os fatores climáticos como chuva, nuvens entre outros tem influência direta no desenvolvimento do experimento, podendo atrasar a secagem no fogão solar.

A secagem de frutas com o fogão solar pode fazer parte da vida de muitas pessoas que costumam seca-las e hortaliças também, mas não sabem da existência desse protótipo inovador, eficiente, simples, barato e eficaz.

O sistema de aquisição de dados (AXQ) demonstrou ser mais sensível e eficiente do que o termômetro analógico.

A prática sendo utilizada com o fogão solar não provoca impactos ao meio-ambiente, pois sua fonte de energia é limpa, renovável e abundante.

Os dados referentes à irradiância média diária $G=238,7074 \text{ W/m}^2$, foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através de dados coletados em estações meteorológicas automáticas.

4. CONCLUSÕES

A secagem do caju com energia solar mostrou-se eficiente, ambientalmente correta e utiliza como protótipo o fogão solar tipo caixa, que é construído com materiais recicláveis, podendo fazer parte da prática de secagem de fruta que é comum no Brasil.

As secagens realizadas com espessuras diferentes evidenciou que com a utilização de menor espessura obtém-se melhor resultado das características físicas com um menor tempo de exposição que comprovam a eficiência do fogão solar.

REFERÊNCIAS

- Drouzas, A. E., Schubert, H., Microwave application in vacuum drying of fruits. *Journal of Food Engineering*, 28, 203-209, (1996). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Funebo, T., Ohlsson, T. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38, 353-367, (1998). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Ivanova, D., Andonov, K. Analytical and experimental study of combined fruit and vegetable dryer. *Energy Conversion and Management*, 42, 975-983, (2001). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Ivanova, D., Enimanev, Kr., Andonov, K. Energy and economic effectiveness of a fruit and vegetable dryer. *Energy Conversion and Management*, 44, 763-769, (2003). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., Marinou-Kouris, D. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59, 391-403, (2003). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Melo, Q. M. S.; Cavalcante, R. D. Pragmas. In: Lima V. P. M. S. (Org.) A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ETENE, 1988. p. 267-300. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 35). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Oliveira, V. H., Santos, F. J. S., Miranda, F. R., Almeida, J. I. L., SAUNDERS, L. C. U. Avanços de pesquisa em caju cultura irrigada. In: WORKSHOP AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1997, Fortaleza. Palestras. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997. 48 p. p. 26 - 27. 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- Sharma, V. K., Colangelo, A., Spagna, G. Experimental investigation of different solar dryers suitable for fruit and vegetable drying. *Renewable Energy*, 56, 413-424, (1995). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.
- SHI, X.Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Research International*, Kidlington, v. 28, n. 5, p. 445-54, (1995). 4. MOTA, R. "Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica", *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.

DRYING OF PINEAPPLE AND CASHEW WITH THE USE OF THE SOLAR ENERGY

Abstract. *The solar energy is an available natural source and it is perfectly useful to dry fruits that can be processed with the minimum of costs. The solar stove used to dry the fruit was the box one type, having a satisfactory efficiency during the tests, with times of exposition until 6 hours. The parameters checked during the drying had been: temperature, radiation, loss of humidity of the fruit, fibers and lipids. To study the drying process, different thicknesses had been used (0,5; 1,0 and 1,5 cm). With this technique it was possible to observe that lesser thickness takes better result of the physical characteristics with a lesser time of exposition.*

Key words: Drying of fruits, Solar energy, Solar stove.