



IDENTIFICACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN UN PROTOTIPO DESHIDRATADOR DE PULPA DE *ANNONA MURICATA*¹

IDENTIFICACAO DE TEMPERATURA E UMIDADE EM UM PROTÓTIPO DESIDRATADOR DE PULPA DE *ANNONA MURICATA*²

TEMPERATURE AND HUMIDITY IDENTIFICATION IN A PROTOTYPE DEHYDRATOR FOR *ANNONA MURICATA* PULP³

Paula Andrea Torres Amaya⁴, Kimberly Cano Fajardo⁵, Olga Lucía Ramos Sandoval⁶
Universidad Militar Nueva Granada

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 10 / Enero-Diciembre de 2015/ Colombia/ Pp. 1-260

Recibido: 05/10/2015

Aprobado evaluador interno: 23/10/2015

Aprobado evaluador externo: 28/11/2015

Doi: <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.229>

Para citar este artículo:

Torres, P., Cano, K., y Ramos, O. (2015). Identificación de temperatura y humedad en un prototipo deshidratador de pulpa de *Annona Muricata*. *Ciencia y Poder Aéreo*, 10 (1), 209-216. Doi: <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoder-aereo.229>

¹ Artículo científico original, derivado del proyecto: PIC_ING 1848, "Diseño de un prototipo de deshidratador de Guanábana". Adscrito al Grupo de Aplicaciones Virtuales (GAV). Financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

² Artigo científico original derivado do projeto PIC_ING 1848, "Projeto para um protótipo para desidratador *Annona Muricata*". Designado ao Grupo de Dispositivos Virtuais (GAV). Programa de Engenharia Mecatrônica. Financiado pela Universidade Militar Nova Granada. Bogotá Colômbia.

³ Original scientific paper, derived from the research project: PIC_ING 1848, "Design for a prototype to dehydrator soursop". Assigned to the Virtual Appliances Group (GAV). Mechatronics Engineering program. Funded by Nueva Granada Military University. Bogotá, Colombia.

⁴ Estudiante y miembro del grupo de investigación GAV. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería en Mecatrónica. Grupo de Investigación GAV, Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: u1802574@unimilitar.edu.co

⁵ Estudiante y miembro del grupo de investigación GAV. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería en Mecatrónica. Grupo de Investigación GAV, Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: u1802506@unimilitar.edu.co

⁶ Ingeniera electrónica, especialista en instrumentación electrónica, Magíster en teleinformática. Doctorada en Ingeniería. Profesora de la Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería en Mecatrónica. Grupo de Investigación GAV, Universidad Militar Nueva Granada. Correo electrónico: olga.ramos@unimilitar.edu.co

Resumen: la industria de alimentos, es considerada como una de las actividades económicas con mayor participación en Colombia, la cual para continuar con su proceso de producción, se han enfrentado con problemas de desperdicios debido a falta de infraestructura y métodos de conservación de alimentos que no altere las propiedades físico – químicas del producto a comercializar. Por ende, se ha presentado la necesidad de desarrollar metodologías orientadas a la extracción de agua, sin alterar sus nutrientes y así prolongar el periodo de degradación del fruto. En el presente artículo, se expone los resultados del análisis en temperatura y humedad que son necesarios para realizar el proceso de deshidratación de la *Annona Muricata*, la cual presenta un alto contenido de agua (83 por cada 100 gramos de fruta). El desarrollo de este proyecto se enfocó en permitir a los productores frutícolas, tener la capacidad de ofrecer frutos tropicales de degradación rápida, a mercados nacionales y posiblemente internacionales. Cuyos resultados se observan en la conservación de alimentos por largos periodos de tiempo, disminuyendo las pérdidas, fomentando el consumo y el desarrollo económico del productor agrícola.

Palabras clave: deshidratador; guanábana; humedad; nutrientes; temperatura.

Resumo: a indústria de alimentos, é considerada como uma das atividades econômicas com maior participação em Colômbia, a qual para continuar com seu processo de produção, tem sido abordados problemas de perdas por falta de infraestrutura e métodos de conservação de alimentos, que não altere as propriedades físico-químicas do produto que vai ser comercializado. Por isto, tem-se apresentado a necessidade de desenvolver metodologias orientadas na extração de água, não alterando seus nutrientes e assim prologar a vida do produto. Neste trabalho se apresentam os resultados do analise da temperatura e umidade que são necessárias para realizar o processo de desidratação da *Annona Muricata*, a qual apresenta um alto conteúdo de água (83 per cento cada 100 gramas de fruta). O desenvolvimento deste projeto, permite oferecer produtos de frutas com a capacidades de ser conservados no tempo para ter um produto nos mercados nacionais e internacionais, diminuindo as perdas, fomentando o consumo e desenvolvimento econômico do produtor agrícola.

Palavras-chave: desidratador; *Annona Muricata*; nutrientes; temperatura; umidade.

Abstract: The food industry is considered as one of the economic activities with most participation in Colombia, which to continue with its process of production, have faced with problems regarding wastes due to lack of infrastructure and methods of food preservation that does not alter the physical - chemical properties of the product to market. Therefore, there has been a need to develop methodologies oriented to water extraction in fruits, without altering its nutrients and prolong the period of degradation. This paper presents the test results of the analysis of temperature and humidity that are necessary to perform the dehydration process for the *Annona Muricata*, which has a high water content (83 per 100 grams of fruit). The development of this project was focused on allowing fruit growers, to have the capability of offering rapid degradation tropical fruits to international and national markets. The results can be seen in food preservation for long periods of time, reducing losses, encouraging consumption and economic development of the agricultural producer.

Key Words: Dehydrator; Humidity; Nutrients; Soursop; Temperature.



Introducción

La participación de los productos frutícolas como actividad económica en la industria colombiana, ha suscitado gran interés debido a su alto consumo y producción industrial (Nixha y Madhumita, 2010). Aun así, frutas tropicales como la guanábana, se puede degradar por la variación climática tanto en el transporte como en el lugar de almacenaje, debido a su alto contenido de agua (Zhang, et al., 2014).

Con el propósito de disminuir el porcentaje de agua presente en este tipo de alimentos, se ha planteado metodologías que permitan sostener un periodo de tiempo más largo de comercialización. Estas, se encargan de implementar el concepto de secado, cuya actividad se centra en retirar el agua de la fruta apoyado por variaciones de temperatura, osmosis y el aire. (Zulkifli, Abdullah, Abdullah, Kamarundin, y Aziman, 2012).

El concepto de secado, surge del proceso de extracción de agua, por medio del calor generado por el sol y transmitido por el aire, por consiguiente, extrae hasta un 15% agua de los alimentos con temperaturas de 80 °C. (Igual, García-Martínez, Martín- Esparza, y Martínez-Navarrete, 2012).

El proceso de deshidratación, no genera mayores costos de producción y favorece la conservación del medio ambiente, sin embargo, se ve afectado por la necesidad de amplios espacios, afección por insectos, bacterias y polvo. (Saei, Tustin, Zamani, Talaire, y Hail, 2011).

Otro proceso que opera con temperatura, es el evaporador o concentrador, el cual elimina hasta una tercera parte del contenido del agua de la fruta, por medio del aire conducido por un ventilador (Santre y Agashe). Este método, genera un alto costo y no permite precisar la cantidad de agua extraída (Kiverlele, Shang y Huan, 2014). En resumen, estos procesos evitan el incremento de agentes encargadas de descomponer los alimentos y disminuyen su peso hasta de 8 veces el peso original (González, Vida-Martínez, Ausland, Pham y Thiyagarajan, 2013).

En el presente artículo, se expone el desarrollo de un deshidratador de guanábana, cuyo interés nace por su alto contenido de agua y cortos periodos de comercialización. El objetivo es identificar la temperatura y humedad necesaria para extraer el agua presente en la pulpa. Se realiza el diseño electro - mecánico del deshidratador, se caracterizan los sensores de temperatura y humedad que irán al interior de la caja. Finalmente, se socializan los resultados que se obtenidos.

Método

El prototipo deshidratador de la *Annona Muricata* (guanábana), se elabora con el interés de abordar la conservación y comercialización de la familia de las *Annonaceae*, debido a su alta demanda en países tropicales, cuyo contenido de agua es alto y así presenta gran interés en realizar el proceso de deshidratación (Motshakeri y Mohd Ghazali, 2015).

La cantidad de agua presente en este tipo de fruta (A_w), se puede conocer a partir de la Ecuación 1, la cual relaciona la presión de vapor de agua pura y el vapor de agua (P_{Agua}) disponible en la fruta (P_{Fruta}), las cuales se conservan de acuerdo a una temperatura (T).

$$A_w = \left(\frac{P_{Fruta}}{P_{Agua}} \right) * T \quad [1]$$

Diseño del prototipo electro – mecánico de deshidratación

Para realizar el proceso de deshidratación de la pulpa de guanábana, se elabora una cámara con la herramienta CAD SolidWorks. La cámara posee un bombillo halógeno de 20 W, encargado de calentar el aire caliente almacenado en su interior y un ventilador de extracción, como se evidencia en la Figura 1 (Kaci y Koudier, 2011).

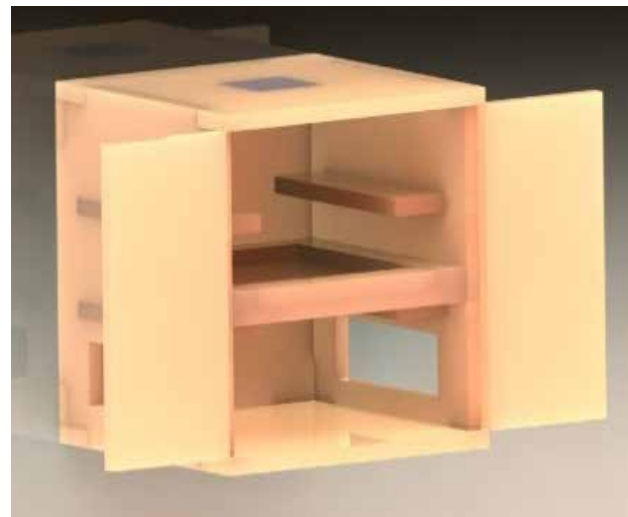


Figura 1. Prototipo deshidratador diseñado con la herramienta CAD – SolidWorks. Fuente: elaboración de las autoras.

Adicional a esto, se agregaron dos orificios a ambos costados agregando una tela, la cual permite el ingreso o flujo de aire al interior de la cámara filtrando posibles agentes que puedan perjudicar la estructura física de la guanábana (Wu, Pan, Qu, Wang, y Ma, 2014).

El deshidratador se puede aproximar a un horno con extractor convencional, el siguiente modelo matemático se basa en el desarrollo de (Zhang y Huan, 2013).

Usando la ley de transferencia de Fourier donde se establece que el flujo de calor de entrada es igual a la Ecuación 2

$$f_{in} = \frac{dQ}{dt} = w \tag{2}$$

Con base en esto se establece por la ley de enfriamiento de Newton, que el calor que se transfiere del deshidratador al ambiente está representada por la Ecuación 3

$$f_{out} = \frac{\Delta T}{R_{conv}} \tag{3}$$

Donde R_{conv} representa una resistencia a la transferencia de calor propia de cada medio en un área determinada

El calentamiento del deshidratador se puede modelar teniendo en cuenta un punto de potencia P. Parte de la potencia se utiliza para calentar el elemento (P_c) y el resto se intercambiara con el exterior (P_{ext}).

La caja física representa una resistencia y capacidad térmica C. Se establece la relación que el flujo de entrada representa la potencia disipada por el bombillo, lo anterior se expresa en la siguiente ecuación.

$$f_{in} = P = VI \tag{4}$$

Donde el voltaje y la corriente representan la potencia del bombillo de 20w.

Planteando la misma igualdad $f_{out}=P_{ext}$ y $f_c=P_c$ por medio de la primera ley de la termodinámica se puede definir que

$$f_{in} + f_{out} = f \tag{5}$$

Remplazando se establece el modelo final

$$VI = c \frac{dT}{dt} + \frac{T - T_{ext}}{R} \tag{6}$$

De esta forma el diagrama de bloques de la planta quedaría como se muestra en la Figura 2.

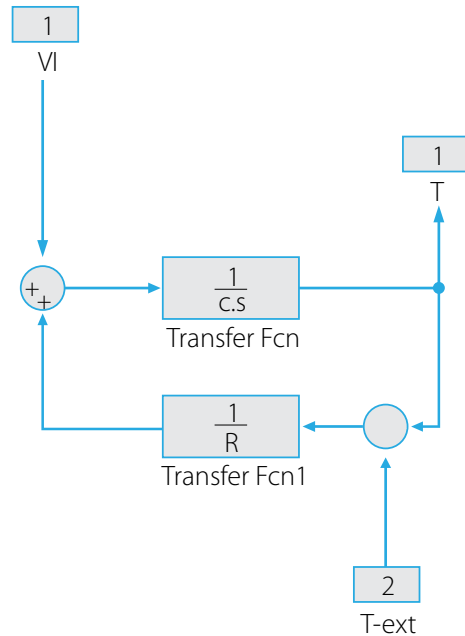


Figura 2. Diagrama de bloques de la planta. Fuente: elaboración de las autoras.

Caracterización de los sensores de temperatura y humedad

Inicialmente, se realiza la caracterización de la variación de la temperatura, debido a la transferencia de calor del bombillo halógeno, se utiliza un sensor NTC. El sensor expresa la relación entre la temperatura y el voltaje generado por medio de la siguiente ecuación

$$V = 24.06T^{-1.17} \tag{7}$$

Para determinar si la función anterior se comporta de igual forma al sensor se toman unas muestras experimentales con el fin de determinar el error de desviación. Obteniendo como resultado lo ilustrado en la Figura 3.

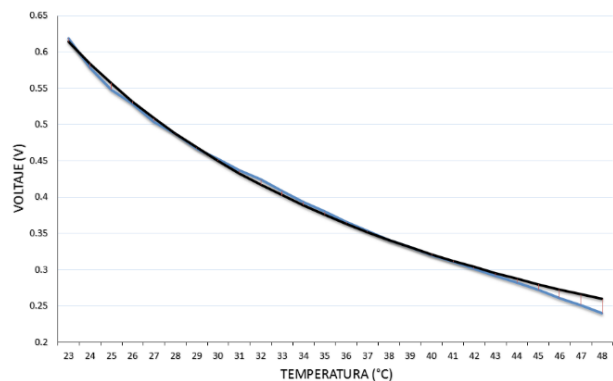


Figura 3. Sensor NTC (Azul) vs Función (Negra). Fuente: elaboración de las autoras.



La desviación de las gráficas se define según la Tabla 1.

Tabla 1. Error del sensor de temperatura

RANGO °C	% ERROR (V)
23 - 25	0.993
26-30	0.427
31-35	1.199
36-40	0.088
41-45	1.272
46-50	3.94

Fuente: elaboración de las autoras.

De la Tabla 1 se determina que el error del sensor se presenta en mayor magnitud con temperaturas superiores, donde varía de 1.5 a 2 °C.

A continuación se realiza la caracterización de la humedad, por medio del sensor DHT11. La respuesta del sensor frente al cambio de humedad se expresa según la siguiente ecuación.

$$V = 24.06\%HR^{0.303} \quad [8]$$

Para determinar si la función corresponde al comportamiento del sensor de humedad se genera experimentalmente la medición de la humedad con variaciones y se compara con los valores de la Ecuación 8. Obteniendo como resultado lo ilustrado en la Figura 4.

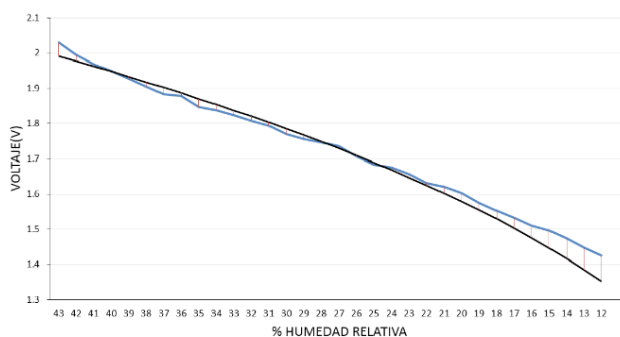


Figura 4. Sensor DHT11 (Azul) vs Función (Negra). Fuente: elaboración de los autores.

Con la Figura 3 se construye la Tabla 2, donde se determinan los porcentajes de error en determinados rangos de humedad.

Según la Tabla 2, el error en la medición de humedad es mayor en las mediciones bajas con un 0.4 a 0.6 de error en el %HR.

Tabla 2. Error del sensor de Humedad

RANGO %HR	% ERROR (V)
.10-15	4.348
16-20	1.756
21-25	0.413
26-30	0.285
31-35	0.826
36-40	0.460
41-45	0.955

Fuente: elaboración de las autoras.

Definición del sistema de control

Para el sistema de control se implementa un sistema de seguridad que no permita que la temperatura sobrepase el rango de 80°C, con el fin de poder identificar la temperatura y la humedad de trabajo del deshidratador.

Las reglas establecidas para el sistema de control son las siguientes

$$U(t) = 0, \text{ si } e(t) > 0 \quad [9]$$

$$U(t) = 1, \text{ si } e(t) < 0 + B$$

Si el error es positivo, el bombillo se apaga y se activa el extractor, hasta que el error sea negativo más un valor de ajuste B, que representa la banda muerta para que el controlador no quede oscilando en un rango muy reducido.

De esta forma el esquema de control se ilustra en la Figura 5.

El sistema de control se implementa por medio de la plataforma Arduino, utilizando un ADC para adquirir los datos del sensor de temperatura.

El circuito de acondicionamiento para la señal del sensor de temperatura, cumple con la Ecuación 10 para que se pueda utilizar todo el rango de 0 a 5 voltios de la lectura del Arduino.

$$V_{0-5} = 10(V_{\text{sensor}} - 0.2) \quad [10]$$

Para la salida del control se utiliza una salida digital, debido a que el control solo posee dos estados, que se definen por la comparación de la lectura del ADC.

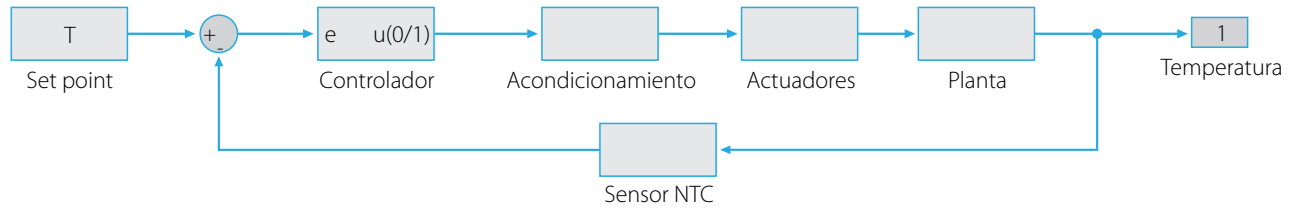


Figura 5. Esquema del sistema con controlador. Fuente: elaboración de las autoras.

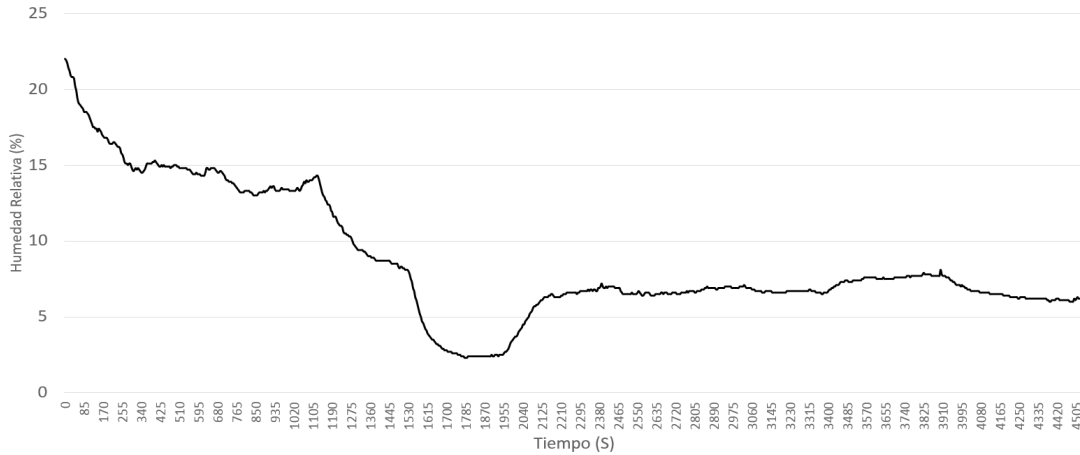


Figura 6. Variación de la humedad con respecto al tiempo en el interior de la cámara deshidratadora. Fuente: elaboración de las autoras.

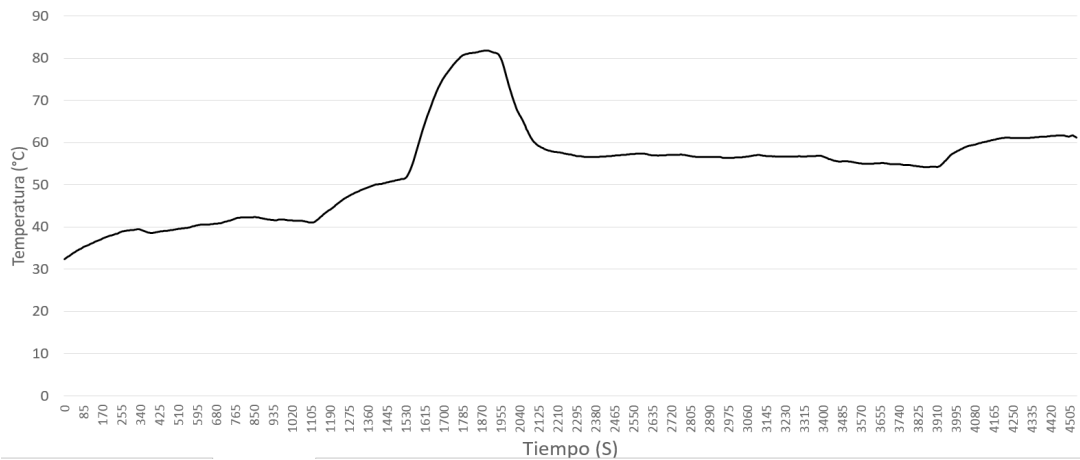


Figura 7. Variación de la temperatura con respecto al tiempo en el interior de la cámara deshidratadora. Fuente: elaboración de las autoras.

Resultados

Al realizar el proceso de secado, se logra identificar la humedad y la temperatura de trabajo del deshidratador en 60°C y 6.5 %HR como se evidencia a continuación.

La humedad disminuye a medida que aumentaba la temperatura. El comportamiento se debe al secado que se genera por el calentamiento de la bombilla, aumentando la temperatura del aire al interior del espacio reduciendo la %HR, el comportamiento de la humedad se puede en la Figura 6.

La temperatura como se muestra en la Figura 7 se mantiene constante luego un periodo de tiempo, en donde se puede verificar que al ingresar una perturbación externa el control de seguridad reacciona y no dejó que se excediera el límite ideal de secado.

Finalmente, se logra observar que en el tiempo transcurrido, se disminuyó hasta un 55% del peso original de la pulpa de guanábana, debido a los cambios tanto de temperatura como de humedad y el flujo de aire entre las cámaras, como se evidencia en la Figura 8.

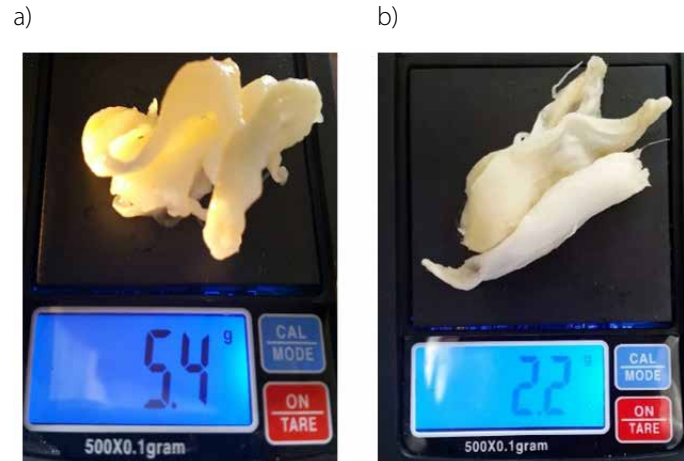


Figura 8. Verificación de la disminución de peso. Fuente: elaboración de las autoras.

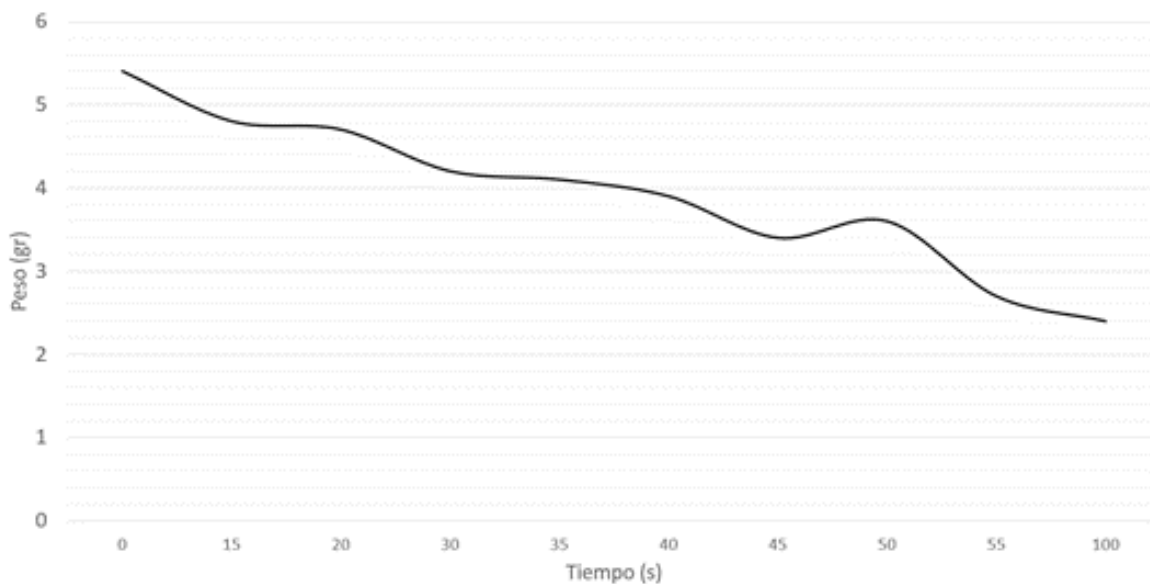


Figura 9. Disminución del peso de la guanábana con respecto al tiempo. Fuente: elaboración de las autoras.

Para ver el compartimento del secado en la Figura 8 se grafica el peso de la muestra dentro del deshidratador en un intervalo de tiempo de 100s.

Conclusiones

Se elaboró un deshidratador en donde se logró obtener dentro de las muestras la disminución de peso de hasta un 55%. De esta manera, se logró identificar la temperatura y humedad que son necesarias para lograr extraer el agua de la *annona muricata*.

Se identificó el tiempo en el que se puede obtener como resultado la deshidratación de la pulpa de la *annona*

muricata, con el propósito de orientarlo a la implementación de personas productoras frutícolas en sectores con bajas temperaturas y alta humedad.

El deshidratador permite conservar las características de sabor y nutritivas de la *annona muricata*, extendiendo su vida útil para consumo.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, por la financiación del proyecto PIC_ING 1848 del año 2015.

Referencias

- Gonzales, X., Vidal-Martinez, G., Ausland, J., Pham, K. H., & Thiyagrajan, M. (2013). Air plasma jet induced bacterial inactivation in dry, aqueous and food environments. *Abstracts IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)* (p. 1). IEEE.
- Igual, M., Garcia-Martinez, E., Martin-Esparza, M. E., & Martinez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47 (2), 284 - 290.
- Kaci, F., & Koudier, F. Z. (2011). Realization of an indirect solar dryer: With a plan sensor for fruits and vegetables. *International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*. 10, 1 - 4. IEEE.
- Kiverele, T., Shang, M., & Huan, Z. (2014). Air source heat pump system for drying biomaterial. *International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE)* (pp. 1 - 7). IEEE.
- Motshakeri, M., & Mohd Ghazali, H. (2015). Nutritional, phytochemical and commercial quality of Noni fruit: A multi-beneficial gift from nature. *Trends in Food Science & Technology*, 45 (1), 118 - 129.
- Nixha, R. B., & Madhumita, S. (2010). Solar food processor. *International Conference Chemistry and Chemical Engineering (ICCCCE)* (pp. 381 - 385). IEEE.
- Zhang, H., Wang, Z.-Y., Yang, X., Zhao, H.-T., Zhang, Y.-C., Dong, A.-J., y otros. (2014). Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an Amino Acid Analyzer and ICP-MS with micro-wave digestion. *Food Chemistry*, 147, 189 - 194.
- Igual, M., Garcia-Martinez, E., Martin-Esparza, M. E., & Martinez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47 (2), 284 - 290.
- Santre, M. M., & Agashe, S. D. (s.f.). Dynamics of Spray Dryer.
- Kiverele, T., Shang, M., & Huan, Z. (2014). Air source heat pump system for drying biomaterial. *International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE)* (pp. 1 - 7). IEEE.
- Gonzales, X., Vidal-Martinez, G., Ausland, J., Pham, K. H., & Thiyagrajan, M. (2013). Air plasma jet induced bacterial inactivation in dry, aqueous and food environments. *Abstracts IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)* (p. 1). IEEE.
- Saei, A., Tustin, D. S., Zamani, Z., Talaire, A., & Hail, A. J. (2011). Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage. *Scientia Horticulturae*, 130 (1), 256 - 265.
- Motshakeri, M., & Mohd Ghazali, H. (2015). Nutritional, phytochemical and commercial quality of Noni fruit: A multi-beneficial gift from nature. *Trends in Food Science & Technology*, 45 (1), 118 - 129.
- Zulkifli, K. S., Abdullah, N., Abdullah, A., Kamarudin, W. S., & Aziman, N. (2012). Effect of heat-drying on antioxidant activity of selected fruit peels. *IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER)* (pp. 129 - 134). IEEE.
- Kaci, F., & Koudier, F. Z. (2011). Realization of an indirect solar dryer: With a plan sensor for fruits and vegetables. *International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*. 10, 1 - 4. IEEE.
- Wu, B., Pan, Z., Qu, W., Wang, B., Wang, J., & Ma, H. (2014). Effect of simultaneous infrared dry-blanching and dehydration on quality characteristics of carrot slices. *LWT - Food Science and Technology*, 57 (1), 90 - 98.
- Zhang, M., & Huan, Z. (2013). Experimental setup of an air source heat pump for drying banana chips. *Proceedings of the 10th Industrial and Commercial Use of Energy Conference (ICUE)*. 10, 1 - 6. IEEE.