

SECADO EN CAPA DELGADA DEL TARO (*colocasia esculenta*) EN UN SECADOR SOLAR A DIFERENTES VELOCIDADES

THIN-LAYER DRYING OF TARO (*Colocasia esculenta*) IN A SOLAR DRYER AT DIFFERENT VELOCITIES

Martínez-Pereyra G.¹, Ramírez-Morales E.¹, Rojas-Blanco L.¹, Córdova Bautista Y.¹, Gonzales-Solano M.¹, Pérez-Hernández G.^{1*}.

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

* Avenida Universidad s/n Zona de la Cultura, Colonia Magisterial CP 86690, Villahermosa, Centro Tabasco, México.

*gph08@hotmail.com

RESUMEN

El taro (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo comestible, consumido principalmente en zonas tropicales del mundo. En la industria alimentaria su importancia radica en sus altas cantidades de almidón que permitirían reemplazar materias primas convencionales como maíz, ñame, yuca y papa. Las pérdidas poscosecha pueden alcanzar ~30 % de la producción total. La deshidratación es una alternativa para prevenir el crecimiento de microorganismos en el producto y para su posterior transformación en harinas y almidones. En este trabajo se

estudió el efecto de la velocidad del aire sobre la cinética de secado en capa delgada del taro en un secador solar indirecto a 0.16, 0.24 y 0.32 m s⁻¹. Las evaluaciones se realizaron en 1 kg de rodajas de taro de 0.5 cm de espesor. El peso se registró cada 15 min hasta que fue constante y la razón de humedad se ajustó en seis modelos matemáticos de secado. La calidad del ajuste de los modelos fue evaluada mediante el coeficiente de determinación (R²), y la raíz del error cuadrático medio (RMSE). El modelo de Wang y Singh describió mejor el proceso para las velocidades de 0.16 y 0.32 m s⁻¹. Mientras el modelo de

Henderson y Pabis dio un ajuste adecuado para la velocidad de 0.24 m s^{-1} . El proceso de secado ocurrió en el periodo de velocidad decreciente indicando que la difusión predominó en el proceso. La velocidad del aire de secado influyó positivamente en el tiempo y en la velocidad de secado.

Palabras clave: Modelos de secado, taro, secado solar, razón de humedad, velocidad de secado.

ABSTRACT

Taro (*Colocasía esculenta*) is edible tubers consumed mainly in tropical areas of the world. It is important because it has high amounts of starch that would replace conventional raw materials such as corn, yams, cassava and potato in the food industry. The post-harvest losses of taro tubers can reach ~30 % of total production. Dehydration is an alternative to prevent the growth of micro-organisms

in the product and their subsequent transformation into flours and starches. Therefore, in the present work we study the drying air velocity effect on thin layer drying kinetics of taro in an indirect solar dryer in forced convection at 0.16 , 0.24 y 0.32 m s^{-1} . The evaluations were made in 1.0 kg of taro sliced of 0.5 cm thick. The weight was recorded every 15 minutes until it was constant and moisture ratio was fitted to six different drying mathematical models. The adjustment quality was evaluated by the coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE). Wang and Sing model better predicted the process to a 0.16 y 0.32 m s^{-1} and Henderson and Pabis model to 0.24 m s^{-1} . The drying process took place in the falling rate period, which indicate that in the drying process diffusion predominated. The drying air velocity showed a positive influence on time and drying rate.

Keywords: Drying models, taro, solar drying, moisture ratio, drying rate.

INTRODUCCIÓN

El taro (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo comestible, cultivado y consumido principalmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo. La producción mundial se ha estimado en aproximadamente 60% en África, el 32 % en Asia, y 8 % en el Caribe y Oceanía [1]. En México, su cultivo ha aumentado pero su uso ha sido limitado debido a su corta vida poscosecha causado por el alto contenido de humedad [2]. El taro es fuente de fibra (0.6-0.8 %), de proteína (2.6 g / 100 g), magnesio, vitamina A, C, calcio y fósforo [1]. Además, contiene altas cantidades de almidón (70-80 g/100 g) [4], es altamente digerible [5] y es rico en mucilagos (gomos hasta 9.1%) [6]. Se estima que en promedio el 30 % de este producto se pierde durante el almacenamiento [7]. Para minimizar está

problemática, una alternativa es la deshidratación del producto. El secado solar ha sido utilizado en muchos países que tiene una radiación solar significativa durante todo el año [3,4], para conservar frutas, verduras, alimentos y otros productos agrícolas [5-8]. En los secadores solares, el producto no incluye ningún tipo de conservadores ni otros productos químicos añadidos, y no está expuesto a ningún tipo de radiación electromagnética dañina. Por otro lado, los modelos de secado en capa delgada describen los fenómenos de secado de forma unida, independientemente de los mecanismos de control. Los modelos de secado se han utilizado para estimar los tiempos de secado y para generalizar las curvas de secado de diferentes productos agrícolas [9, 10-15].

En la literatura se reportan varios estudios sobre el secado del taro. Al respecto, Marcel-Nguimbou [16] investigaron el efecto de las condiciones

de secado en la composición química, así como las propiedades físicas y funcionales y la actividad antioxidante de las harinas de taro. Observaron que la temperatura y la técnica de secado presentan un efecto marginal en el contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas y carbohidratos. Arici *et al.* [17] realizaron un estudio sobre el efecto de la temperatura y la velocidad del aire de secado sobre la composición química, los parámetros de color, los contenidos totales y resistentes de almidón, las propiedades bioactivas y de pegado de las harinas de taro. Kumar *et al.* [9], investigaron la cinética de secado de rodajas de taro precocidas en agua, vapor de agua y solución de limón y secadas en un horno de microondas a 360, 540 y 720 W. Encontraron que la velocidad de secado fue mayor en las rodajas precocidas en solución de limón y el modelo de Page fue el que mejor describió el comportamiento de secado.

Sin embargo, no hay reportes sobre el estudio de la cinética de secado en capa delgada del taro a diferentes velocidades del aire de secado en secadores solares. Por lo tanto, en el presente trabajo se reporta un estudio sobre el efecto de la velocidad del aire de secado sobre la cinética de secado en capa delgada de taro en un secador solar indirecto.

METODOLOGÍA

Configuración experimental. Consiste de un secador solar indirecto tipo colector-cabina en convección forzada. Está compuesto por un colector solar, una cámara de secado, una bandeja y un ventilador (Figura 1). El colector solar se compone de una cubierta de vidrio transparente de 0.003 m de espesor, una placa absorbidora de acero inoxidable suspendida de 0.0005 m de espesor pintada de negro mate. Los costados y el fondo del colector fueron hechos de panel de poliuretano de 0.0381 m de

espesor recubierto con acero galvanizado. Las dimensiones del colector son de 1 m de longitud, 0.7 m de ancho y 0.04 m de espaciamiento en el canal superior e inferior, con un área de captación de 0.7 m². El colector solar se orientó directamente hacia el sur con un ángulo de inclinación de 18° (Latitud local). La cámara se construyó con panel de poliuretano de 0.0381 m espesor recubierto con acero galvanizado. Las dimensiones de la cámara son 0.7 m de ancho, 0.5 m de profundidad y 0.7 m de altura. En la parte superior de la cámara se colocó un ventilador centrífugo de 0.20 kW a 12 V. El ventilador se conectó a una fuente de alimentación de corriente directa GW INSTEK PSW 250-13.5. En el interior de la cámara se colocó una bandeja de madera con malla de alambre galvanizado de 0.40 m de ancho y 0.60 m de largo.

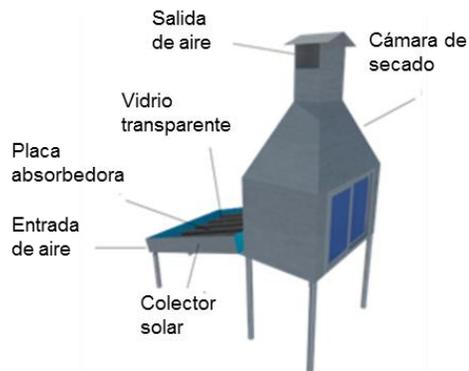


Figura 1. Esquema del secador solar utilizado

Procedimiento experimental. En el estudio se utilizó la variedad de taro morado recién cosechada en el municipio de Cunduacán, Tabasco, México (18.04° N y 93. 18° O y altitud de 10 m). Se seleccionaron taros de tamaño uniforme, se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas de 0.5 cm de espesor. El contenido de humedad inicial en base humedad fue de 0.68 (2.12 en base seca). Esta se determinó conforme a la norma NMX-F-083 [18] utilizando un horno de secado Ecoshel 9023A y una balanza analítica 0.0001g de precisión. En cada experimento se pesó 1.0 kg de taro en

balanza analítica Shimadzu aux 320 y después se colocó en la bandeja en un arreglo en capa delgada. La velocidad del ventilador se midió con un anemómetro Extech 45118 y se ajustó variando el voltaje en la fuente hasta alcanzar las velocidades del aire de secado en la cámara de 0.16, 0.24 y 0.32 m s⁻¹. Los experimentos de secado se realizaron del 19 al 24 de mayo del 2017 en Cunduacán, Tabasco desde las 8:30 hasta las 16:30 h. Durante el proceso de secado el peso del taro se registró cada 15 min mediante una balanza digital Torrey L-EQ y se detuvo hasta que alcanzó un peso constante. La temperatura ambiente y la humedad relativa del ambiente se midieron con un Hygro-Thermometro Extech RH101. La temperatura en la cámara se midió con termopar tipo J. La radiación solar incidente a una inclinación de 18° se midió con un piranómetro Hukseflux LP02. El termopar y el piranómetro se

conectaron a una tarjeta de adquisición de datos ADAMS-4016 para registrar la radiación solar y la temperatura en la cámara cada 15 min.

Razón de humedad y velocidad de secado. Los datos experimentales de secado se analizaron gráficamente en términos de la razón de humedad (MR) contra el tiempo de secado. Cuando la humedad relativa del aire de secado es constante, MR se determina mediante la ecuación (1). Si la humedad relativa fluctúa continuamente (debido a la variación de la radiación), MR se puede determinar mediante la ecuación (2) [19, 20]:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad (2)$$

Donde M_t y M_o son la humedad en base seca en el tiempo t (kg agua/kg materia seca) y la humedad inicial en base seca,

respectivamente, M_e es la humedad de equilibrio.

El contenido de humedad en base seca del producto se calculó mediante la ecuación (3):

$$M = \frac{m_i - m_d}{m_d} \quad (3)$$

Donde m_i es la masa inicial y m_d es la masa del producto seco.

La velocidad de secado se calculó con la ecuación (4):

$$\frac{dM}{dt} = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (4)$$

Donde t es el tiempo de secado (s), M_t y M_{t+dt} son la humedad en base seca en el tiempo t y $t+dt$, respectivamente y dt es un cambio diferencial del tiempo.

Ajuste de la razón de humedad. En la literatura se reportan varios modelos de secado en capa delgada que se utilizan para modelar la razón de humedad. En este trabajo se probaron seis modelos por regresión no lineal en OriginPro8

(Tabla 1). Los ajustes de cada modelo se evaluaron en función del coeficiente de correlación o coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrado medio (RMSE). El modelo con el valor más alto de R^2 y el valor más bajo RMSE se seleccionó como el modelo que mejor representa el proceso de secado. Si los valores de R^2 son superiores a 0.95 y los valores de RMSE son inferiores a 0.06 se considera un buen ajuste [21, 22].

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para predecir la cinética de secado

Rabha *et al.* [11]

Nombre del modelo	Ecuación del modelo
Newton	$MR = \exp(-kt)$
Page	$MR = \exp(-kt^n)$
Enfoque de difusión	$MR = a\exp(-kt) + (1 - a)\exp(-kbt)$
Dos términos	$MR = a\exp(-k_1t) + b\exp(-k_2t)$
Henderson y Pabis	$MR = a\exp(-kt)$
Wang y singh	$MR = 1 + at + bt^2$

RESULTADOS

Radiación solar y temperatura ambiente.

La radiación solar y la temperatura ambiente medidas durante

las pruebas frente al tiempo se muestran

en la Figura 2. La temperatura ambiente

varió de 30 a 44 °C y la radiación solar de

180 a 1 000 W m⁻² aproximadamente.

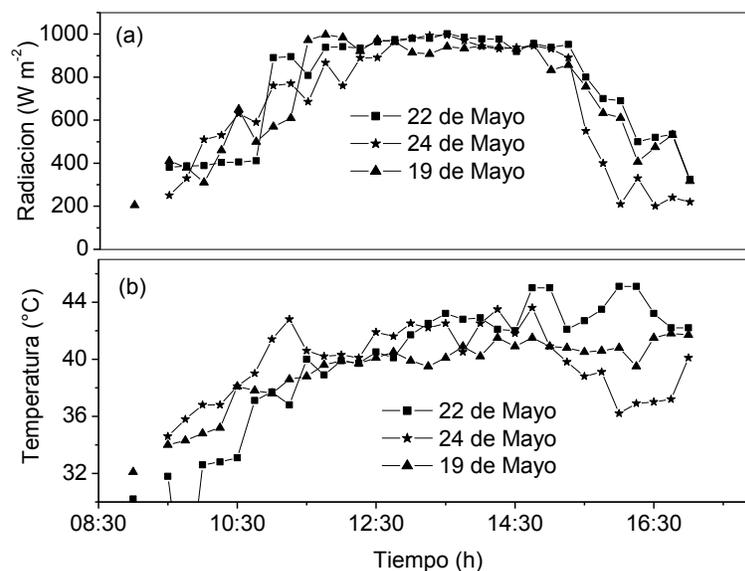


Figura 2. Radiación solar y temperatura ambiente frente al tiempo.

La radiación solar presentó pequeñas fluctuaciones el 19 y 22 de mayo de las 8:30 a las 10:30, y el 24 de mayo de las 8:30 a las 10:30, y el 24 de mayo de las 8:30 a las 11:30 y de 14:30 a 16:30 debido a la presencia de nubes. La humedad relativa varió de 40 a 64 % el 19 de mayo, de 41 a 62 % el 22 de mayo y de 41 a 62 % el 24 de mayo. La temperatura del aire de secado en la cámara estuvo en el rango de 30 °C a 48 °C el 19 de mayo, de 30 °C a 46 °C el 22 de mayo y de 32 °C a 46 °C el 24 de mayo.

Razón de humedad y velocidad de secado. La razón de humedad experimental obtenida con la ecuación (2) se graficó contra el tiempo de secado (Figura 3). En los tres casos la razón de humedad disminuyó continuamente con el tiempo hasta alcanzar un valor mínimo aproximado de 0.17. El menor tiempo de

secado fue de 6.5 h el 22 de mayo. El 19 y 24 de mayo el tiempo de secado fue de 8 h en ambos días.

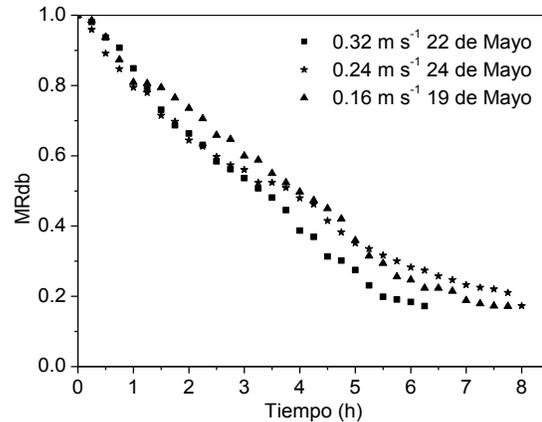


Figura 3. Razón de humedad del taro

En la Figura 4 se muestra la velocidad de secado contra la razón de humedad calculada con la ecuación (4). Se observa en los tres casos que el secado ocurrió en el periodo de velocidad decreciente. La velocidad de secado fue mayor al inicio del proceso y conforme el proceso avanzó, la velocidad de secado disminuyó continuamente con el tiempo. El 22 de mayo la velocidad de secado se

mantuvo de 17 a 23 % por encima del 19 de mayo. El 24 de mayo la velocidad de secado al inicio desde una razón de humedad de 1.0 a 0.78 fue mayor que el 19 y el 22 de mayo, de 0.78 a 0.57 la velocidad de secado fue menor que el 22 de mayo y mayor que el 19 de mayo, después de 0.6 hasta el final del secado, la velocidad de secado fue menor que el 19 y 22 de mayo.

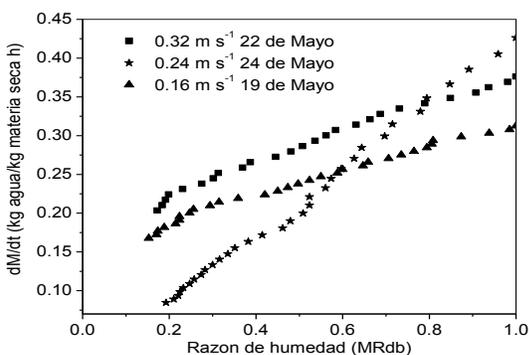


Figura 4. Velocidad de secado en función de la razón de humedad

Ajuste de los modelos de secado. La razón de humedad experimental para

cada velocidad se ajustó mediante un análisis de regresión no lineal a los seis modelos de secado en capa delgada mostrados en la Tabla 1. Los resultados del análisis de regresión de los modelos que mejor se ajustaron a cada caso se muestran en la Tabla 2. En todos los casos, los valores de R^2 fueron superiores a 0.95 y los valores de RMSE fueron inferiores a 0.06 indicando un buen ajuste. De los seis modelos, se encontró que el modelo de Wang y Singh fue el que mejor predijo el proceso de secado a 0.16 y 0.32 m s⁻¹, y el modelo de Henderson y Pabis a 0.24 m s⁻¹ (Figuras 5(a-c)). Las Figuras 5(d-f) muestran una comparación entre la razón de humedad experimental y la razón de humedad predicha con los modelos ajustados.

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión de los modelos que mejor se ajustaron

Velocidad	Nombre del modelo	Parámetros	R ²	RMSE
0.16 m s ⁻¹	Wang y Singh	a = -0.147 17, b = 0.007 442	0.993 8	0.014 17
0.24 m s ⁻¹	Henderson y Pabis	a= 0.993 95, k= 0.205 900	0.994 9	0.008 83
0.32 m s ⁻¹	Wang y Singh	a = -0.177 19, b = 0.006 510	0.995 6	0.007 40

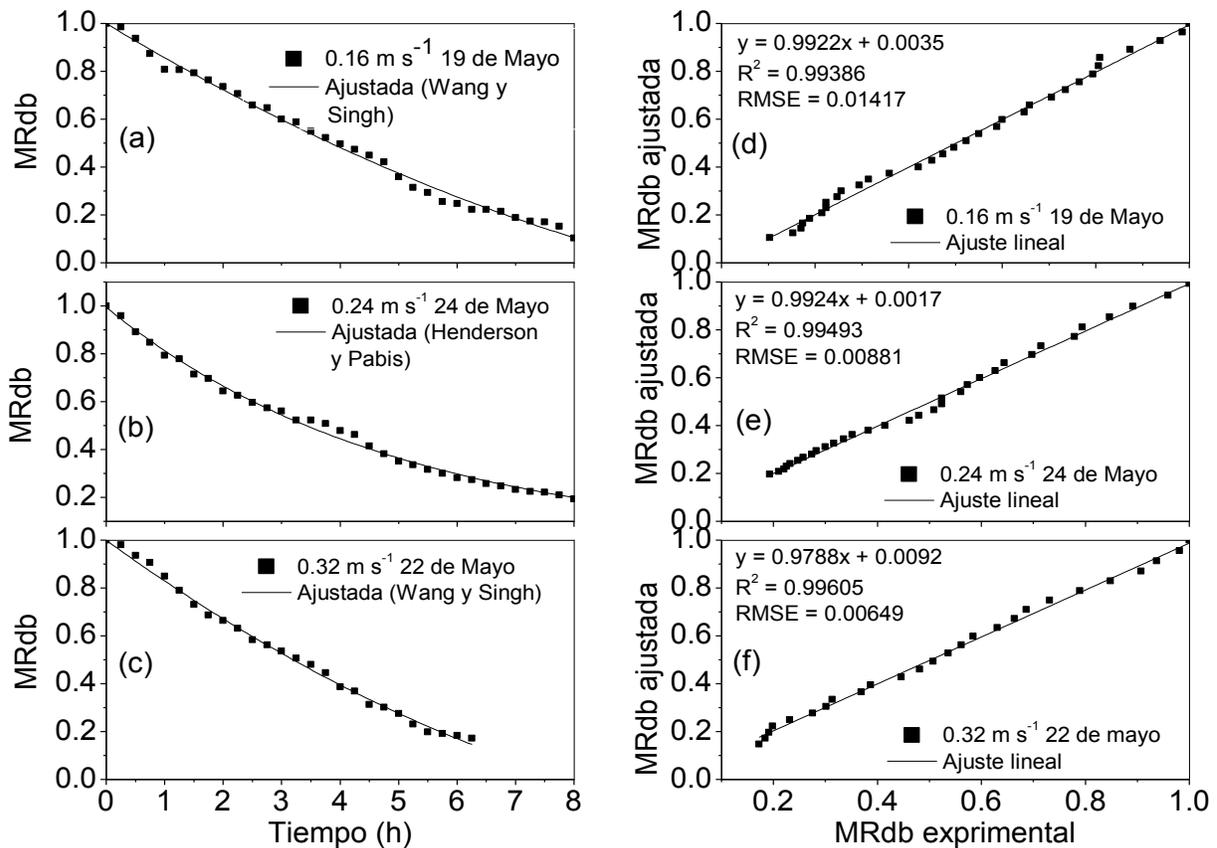


Figura 5. Comparación entre la razón de humedad experimental y ajustada

DISCUSIÓN

Razón de humedad y velocidad de secado. La razón de humedad para este

estudio (Figura 3) presento una tendencia similar a los reportados por Vega-Gálvez *et al.* [23] para manzanas,

Reyes *et al.* [6] para hongos y Amer *et al.* [7] para bananas. En la figura 3 y 4 se puede observar que la velocidad del aire de secado influyó positivamente en el tiempo y en la velocidad de secado, ya que cuando la velocidad del aire de secado se incrementó, el tiempo de secado disminuyó y la velocidad de secado aumentó. Este comportamiento es claramente observable en días soleados o con pocas nubes como el día 19 y 22 de mayo. Sin embargo, en días nublados o parcialmente nublados como el día 24 de mayo el tiempo de secado y la velocidad de secado se ven además afectados por la variación de la radiación solar. Por lo tanto, en un proceso de secado solar un aumento en las velocidades del aire de secado no implica una disminución en el tiempo de secado ya que depende de factores adicionales como: la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa del ambiente. En la Figura 4 se

puede observar que todo el proceso se realizó en el periodo de velocidad de secado decreciente, esto indica que la difusión predominó en el proceso de secado. Al respecto, Akoy [14], Goyal *et al.* [15] y Shi *et al.* [29] reportaron resultados similares en el secado de rodajas de diferentes productos.

Ajuste de los modelos de secado. En la figura 5(d-f) se observa que los puntos están agrupados alrededor de estas líneas rectas cuyas pendientes son aproximadamente igual a 1. Los valores de R^2 y de RMSE del ajuste lineal resultaron superiores a 0.95 e inferiores a 0.06 respectivamente indicando un buen ajuste. Esto confirma que los modelos describen adecuadamente el comportamiento de secado de las rodajas de taro.

CONCLUSIONES

En todos los casos la razón de humedad disminuyó continuamente con el tiempo.

El tiempo necesario para alcanzar la humedad de equilibrio varió en el rango de 6.5 a 8 h. El proceso de secado ocurrió en el período de velocidad decreciente, lo que sugiere que la difusión predominó en el proceso de secado. El modelo de Wang y Singh fue el modelo de secado adecuado para describir el proceso de secado del taro a 0.16 y 0.32 m s⁻¹, y el modelo de Henderson y Pabis a 0.24 m s⁻¹. Las gráficas de dispersión de la razón de humedad experimental contra la razón de humedad predicha, confirmaron que estos modelos describen adecuadamente el comportamiento de secado de las rodajas de taro. La velocidad del aire de secado afecta positivamente la velocidad de secado y el tiempo de secado solo en los días soleados o con pocas nubes. En días nublados o parcialmente nublados la velocidad y el tiempo de secado dependen también de la variación en la

radiación solar y los cambios correspondientes en la temperatura del aire.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto UJAT-2013-IA_04 UJAT-PFI.

REFERENCIAS

- [1] Sen M., Akgul A. y Ozcan M. (2001). Golevez [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] yumrusunun fiziksel ve kimyasal Özellikleri ile Kızartma ve Püreye ϕ lenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 25, 427-432. <http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-01-25-6/tar-25-6-9-0006-72.pdf>
- [2] Rodríguez-Miranda J., Rivadeneyra-Rodríguez J. M., Ramírez-Rivera E. D. J., Juárez-Barrientos J. M., Herrera-Torres E., Navarro-Cortez R. O. & Hernández-Santos, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México, *Ciencia y Mar*, Vol. 15 (43) 37-47. <http://www.umar.mx/revistas/43/0430104.pdf>
- [3] Dendy D. A. (2001). Composite and alternative flours. In *Cereal Products*, 263-275.
- [4] Sugimoto Y., Nishihara K. & Fuwa H. (1986). Some properties of taro (*ishikawa-wase* and *takenokoimo*) and yam (*iseimo* and *nagaimo*) starches, *Journal of the Japanese Society of Starch Science*, Vol. 33, 169-176. doi:10.5458/jag1972.33.169

- [5] Sefa-Dedeh S. & Agyir-Sackey E. K. (2002). Starch structure and some properties of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta*) starch and raphides, *Food Chemistry*, Vol. 79, 435-444. doi:10.1016/S0308-8146(02)00194-2
- [6] Hong P. G. & Nip K. W. [1990]. Functional properties of precooked taro flour in sorbets. *Food Chemistry*, Vol. 36, 261-270. doi:10.1016/0308-8146(90)90065-C
- [7] Aboubakar, Njintang Y., Scher J. & Mbofung C. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches, *Journal of Food Engineering*, Vol. 86, 294–305. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.10.006
- [8] Idlimam A., Lamharrar A., Abdenouri N., Kane C., Akkad S., Jamali A., & Kouhila M. (2007). Thermodynamic properties and moisture sorption isotherms of *Argania spinosa* and *zygophyllum gaetulum*. *J. Agron.*, Vol. 7 (1), 1-14. doi:10.3923/ja.2008.1.14
- [9] Koukouch A., Idlimam A., Asbik M., Sarh B., Izrar B., Bah A. & Ansari A. (2015). Thermophysical characterization and mathematical modeling of convective solar drying of raw olive pomace. *Energy Convers, Manag.*, Vol. 99, 221-230. doi:10.1016/j.enconman.2015.04.044
- [10] Sevik S. (2014). Experimental investigation of a new design solar-heat pump dryer under the different climatic conditions and drying behavior of selected products, *Solar Energy*, Vol. 105, 190–205. doi:10.1016/j.solener.2014.03.037
- [11] Reyes A., Mahn A. y Vásquez F. (2014). Mushrooms dehydration in a hybrid-solar dryer, using a phase change, *Energy Conversion and Management*, Vol. 83, 241-248. doi:10.1016/j.enconman.2014.03.077
- [12] Amer B. M. A., Hossain M. A. y Gottschalk K. (2010). Design and performance evaluation of a new hybrid solar dryer for banana, *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, 813-820. doi:10.1016/j.enconman.2009.11.016
- [13] López-Vidanña E. C., Méndez-Lagunas L. L. y Rodríguez-Ramírez J. (2013). Efficiency of a hybrid solar–gas dryer, *Solar Energy*, Vol. 93, 23-31. doi:10.1016/j.solener.2013.01.027
- [14] Kumar V., Sharma H. K. y Singh K. (2016). Mathematical Modeling of Thin Layer Microwave Drying of Taro Slices, *J. Inst. Eng. India Ser. A*, Vol. 97 (1), 53–61. doi:10.1007/s40030-016-0147-1
- [15] Tunde-Akintunde T. Y. (2011). Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper, *Renew Energy*, Vol. 36, pp. 2139–2145. doi:10.1016/j.renene.2011.01.017
- [16] Rabha D., Muthukumar P. y Somayaji C. (2017). Experimental investigation of thin layer drying kinetics of ghost chilli pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.) dried in a forced convection solar tunnel dryer, *Renewable Energy*, Vol. 105, 583-589. doi:10.1016/j.renene.2016.12.091
- [17] Babalis S. y Belessiotis V. (2004). Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of fig, *J Food Eng.*, Vol. 65 (3), 449–58. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.02.005
- [18] Madamba P., Driscoll R. y Buckleb, K. A. (1996). The thin-layer drying characteristics of garlic slices, *J. Food*

Eng., Vol. 29, No. 1, 75–97.
doi:10.1016/0260-8774(95)00062-3

[19] Akoy E. O. M. (2014). Experimental characterization and modeling of thin-layer drying of mango slices, *International Food Research Journal*, Vol. 21, No. 5, 1911-1917. url: [http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20\(05\)%202014/27%20IFRJ%2021%20\(05\)%202014%20Elamin%20086.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20(05)%202014/27%20IFRJ%2021%20(05)%202014%20Elamin%20086.pdf)

[20] Goyal R. K., Kingsly A. R. P., Manikantan M. R. y Ilyas S. M. (2006). Thin-layer drying kinetics of raw mango slices, *Biosystems Engineering*, Vol. 95, No. 1, 43-49. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2006.05.001

[21] Marcel-Nguimbou R., Yanou-Njintang N., Makhlof H., Gaiani C., Scher J. y Mbofung C. M. F. (2013). Effect of Cross-Section Differences and Drying Temperature on the Physicochemical, Functional and Antioxidant Properties of Giant Taro Flour, *Food Bioprocess Technol*, Vol. 6, 1809–1819. doi:10.1007/s11947-012-0846-1

[22] Arıcı M., Metin-Yıldırım R., Ozülkü G., Yasar B. y Said-Toker O. (2016). Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity, *Food Science and Technology*, Vol. 74, 434-440. doi:10.1016/j.lwt.2016.08.006

[23] NMX (1986). Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios.

[24] Akpınar E., Bicer Y. y Cetinkaya F. (2006). Modelling of thin layer drying of. *Journal of Food Eng*, vol. 75, nº 3, 308-315, 2006

[25] El-Sebaei A. y Shalaby S. (2013). Experimental investigation of an indirect mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, *Energy Convers. Management*, Vol. 74, 109-116. doi: 10.1016/j.enconman.2013.05.006

[26] Doymaz I. y Ismail O. (2011). Drying characteristics of sweet cherry, *Food and Bioprocess Processing*, Vol. 89, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.006>

[27] Browne M. W. y Cudeck R. (1993). Testing structural equation models. in *Alternative ways of assessing model fit*, 136-162, In K. Bollen & S1^a ed Sage, Long, Ed., Newbury Park, NJ.

[28] Vega-Gálvez A., Ah-Henb K., Chacana M., Vergara J., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., Lemus-Mondaca R., Di Scala K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices, *Food Chemistry*, vol. 132, 51-59. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.029

[29] Shi Q., Zheng Y. y Zhao Y. (2013). Mathematical modeling on thin-layer heat pump drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices, *Energy Conversion and Management*, Vol. 71, 208-216. doi:10.1016/j.enconman.2013.03.032

