



Descripción del control de una deshidratadora pasiva y su efecto en la regulación de temperatura en el proceso de deshidratación de hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

Description of the control of a passive dehydrator and its effect on temperature regulation in the dehydration process of Stevia leaves (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

Cebada Reyes, José Guillermo; Villalobos Espinosa, Julieta del Carmen; Villalobos Espinosa, Juan José

José Guillermo Cebada Reyes

jose.cr@teziutlan.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México/
Campus ITESTeziutlán, México

Julieta del Carmen Villalobos Espinosa

julietadelcarmen.villalobos@live.itsteziutlan.edu.mx
Tecnológico Nacionales de México/
Campus ITESTeziutlán, México

Juan José Villalobos Espinosa

im35151@uvp.edu.mx
Universidad Autónoma de Guerrero, México

Ingeniería y Región

Universidad Surcolombiana, Colombia
ISSN: 1657-6985
ISSN-e: 2216-1325
Periodicidad: Semestral
vol. 24, 2020
ingenieriayregion@usco.edu.co

Recepción: 08 Octubre 2020
Aprobación: 30 Noviembre 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/238/2382461006/>

DOI: <https://doi.org/10.25054/22161325.2733>

Autor de correspondencia: jose.cr@teziutlan.tecnm.mx

Resumen: Las hojas de Stevia (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) han adquirido gran importancia debido a su alto poder edulcorante (300 veces más que el azúcar), por lo que su consumo ha aumentado en los últimos años. El mayor contenido edulcorante generalmente se presenta en las hojas secas; lo que permite que el control de la temperatura se convierta en un parámetro de estudio importante. El presente trabajo de investigación analiza el efecto de la implementación de un sistema de control de lazo cerrado, a través de tecnología Arduino y electrónica convencional. Para lo cual, se evaluó la regulación de temperatura con un PID para una deshidratadora solar tipo cajón. Mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI) en Matlab, se realizó un monitoreo del proceso de deshidratación de la hoja de Stevia a tres diferentes temperaturas 30°C, 35°C y 40°C. Se evaluó el efecto de la temperatura por medio de la cuantificación del porcentaje de sustancias activas presentes en las hojas a través del estándar L a 630 nanómetros. Los resultados mostraron que a los 35°C es la temperatura óptima para la deshidratación de las hojas Stevia, por otra parte, la deshidratadora tipo pasiva con autorregulación de temperatura, es una opción factible para su aplicación en la deshidratación de hojas de Stevia.

Palabras clave: Máquina de estado finito, Sensor mlx90614, método de concentraciones volumétricas.

Abstract: Stevia leaves (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) have become important due to their high sweetening power, so their consumption has increased in recent years. The highest sweetener content is generally found in the dried leaves; allowing temperature control to become an important study parameter. The present research, explains the effect of the implementation of a closed loop control system implemented through Arduino technology and conventional electronics. Temperature regulation was analyzed with a PID (Proportional, Integral, Derivative

Control) for a drawer type solar dehydrator. Through a graphical user interface (GUI) in Matlab, the dehydration process of Stevia (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) was monitored through three different desired temperatures 30 °C, 35 °C and 40 °C. Finally, in the analysis of results, the effect of temperature on the dehydration process must be studied through the quantification of the percentage of its active substances present in the leaves using the L standard at 630 nanometers. The results showed that 35°C is the optimum temperature for the dehydration of Stevia leaves. On the other hand, the passive tyoe dehydration of temperature is a feasible option for its application in the dehydration of Stevia leaves.

Keywords: Finite state automaton, mlx90614 sensor, volumetric concentration method.

1. Introducción

La hoja de stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) se conoce popularmente como hoja dulce, hoja de caramelo, hierba de miel, dulce hierba, entre otros. Se obtiene de un arbusto herbáceo, perenne, de la familia de las *Asteraceae*. Presenta tallo erecto, subleñoso, pubescente, que crece en las zonas tropicales y subtropicales de América del Sur (Martínez, 2015). De acuerdo a Landázuri y Tigrero (2009) puede alcanzar hasta 90 cm de altura en su hábitat natural y en el trópico supera los 100 cm de altura. La raíz es pivotante, liforme y no profundiza, distribuyéndose cerca de la superficie. Presenta hojas elípticas, ovales o lanceoladas, con una disposición opuesta en sus estados juveniles y alternas cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica, previa a la floración (Alberti, 2006).

La hoja de stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) ha sido tradicionalmente empleada por sus propiedades como edulcorante de origen vegetal. Según Martínez (2002), diversos estudios han reportado sus propiedades diuréticas, cardiotónicas, vasodilatadoras, hipotensoras, antiácidas y antibacterianas, además de su fácil metabolismo para personas con diabetes (Duran, 2012).

El proceso de secado se define como el proceso en el que se elimina humedad de un producto (Barbosa-Canovas y Ibarz 2005), dentro de los parámetros principales de control es la temperatura. La falta de control de temperatura puede causar efectos significativos en la calidad del producto final; generando cambios indeseables en apariencia, textura, sabor y color (Muratore, *et al.*, 2008). Hidar, *et al.*, (2020) y Lemus, *et al.*, (2018) reportaron que la reducción o potenciación del poder edulcorante o de la capacidad antioxidante de las hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*), se ven afectados por el método (secado con aire caliente a 100°C y 180°C, congelación secado y secado a la sombra), tiempo y temperatura de secado empleados.

Según Lemus, *et al.*, (2015) para tener un máximo aprovechamiento de las sustancias activas presentes en las hojas de Stevia, el proceso de deshidratación se debe de realizar en un rango de temperatura de 30°C - 80°C. Por otra parte, Garcia (2014) reportó que el rango temperatura que permitió conservar las sustancias activas de las hojas de Stevia en el proceso de deshidratado se encuentra entre 30°C - 40°C.

En México, la deshidratación solar se utiliza para la conservación de los alimentos, los dispositivos que son implementados para el deshidratado en las zonas agrícolas se basan en la deshidratación pasiva por convección natural, el cual se caracteriza por coleccionar el calor (radiación solar) de manera indirecta o directa (Cerino y Chávez 2018; Cerino, *et al.*, 2019).

La desventaja de este tipo de técnica es la disminución en la calidad del producto final, debido al poco control de los efectos del clima, principalmente de la temperatura (Castañeda, 2012). Por lo que, el objetivo del presente trabajo es reportar el desarrollo y validación de un prototipo de deshidratadora tipo pasiva con autorregulación de temperatura a través de un PID de acciones saturadas, para el secado de hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*).

2. Materiales y métodos

2.1 Descripción del sistema

Para el deshidratado de 3 kg de hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*), se diseñó una deshidratadora solar de cabina directa, cuyas medidas son: 80 cm de base por 40 cm de alto y con un área de 30 cm² (Figura 1a).

En la Figura 1b, se puede observar la distribución de las ventilas de 10 cm de diámetro acompañadas de tres actuadores tipo FAN modelo DS09225B12UP178. Dos se encuentran de manera lateral con una separación de 15 cm, su función es introducir aire fresco al interior de la cabina. Mientras que el respirador frontal tiene la función de extraer el aire caliente del sistema.

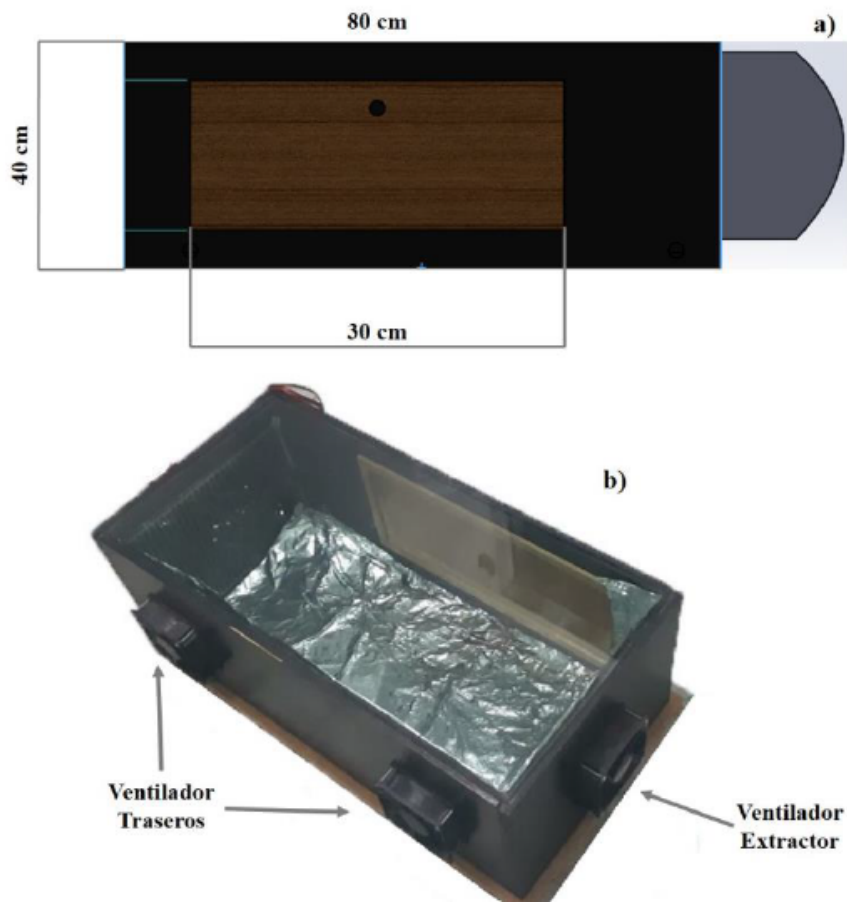


Figura 1

Figura 1. a) Dimesiones de la deshidratadora. b) distribución de de las ventilas

2.2 Lazo de control electrónico

El sistema electrónico que controla el prototipo es de lazo cerrado el cual, tiene la característica de ejecutar una acción de regulación de los actuadores proveniente de los sensores del sistema y acoplada a través de una unidad de control cuya interacción lo realiza una interfaz de usuario.

El control de temperatura se basó en un lazo cerrado de control electrónico, el cual consiste en una plataforma de hardware libre llamada Arduino. Para el accionamiento de cada uno de los actuadores se utiliza una tarjeta VNH5019 acoplada con una tarjeta Arduino (Figura 2a), que tiene la capacidad de regular la velocidad de los FAN modelo DS09225B12UP178; a través de la modulación por ancho de pulso (PWM) accionado a través de un voltaje estimado $v_{est}(T, \hat{T})$ dependiente del error de temperatura. En la Figura 2b, se muestran los componentes que están dispuestos en una caja de control *Schneider*. El lazo de control electrónico está constituido por tres VNH5019: una fuente de poder de 12 Volts, tres sensores MLX90614 y tres arduinos para la adquisición de datos del sistema, así como el accionamiento de las ventilas.

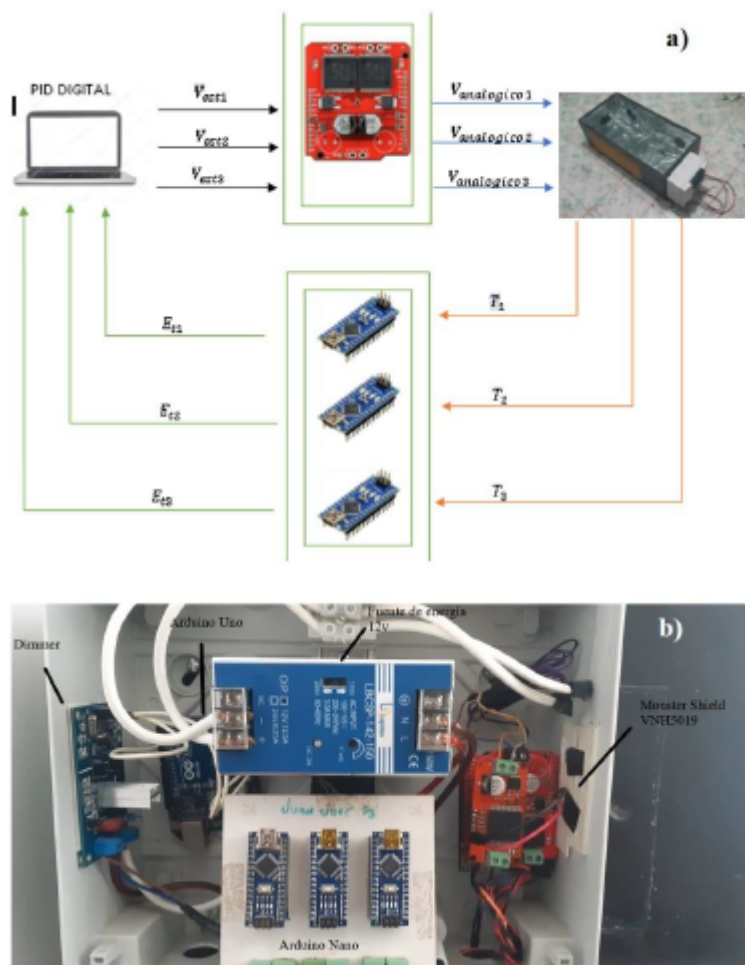


Figura 2.

Figura 2. a) Lazo de control de ventilación. b) Componentes del lazo de control.

El error de temperature se define como la diferencia entre la temperatura deseada T_d y la temperatura real o medida en el deshidratador T_m . El cual viene dado por la Ecuación 1:

$$\tilde{T} = T_d - T_m$$

Ecuación (1)

Los datos medidos se realizarán a través de tres sensores de temperatura infrarrojos MLX90614. Este dispositivo se basa en la ley de *Stefan – Boltzmann* el cual, establece que un cuerpo negro emite una radiación térmica con una potencia emisiva hemisférica total del tipo de onda infrarroja (Mousa, *et al.*, 2015).

El sensor MLX90614 es un chip de silicio con una fina membrana micromecanizada sensible a la radiación infrarroja emitida por un objeto. Este elemento posee un convertidor analógico digital de 17 bits y un filtro digital de acondicionamiento que permite un amplio rango de medición de temperatura (-40°C a 125°C). El cual, envía los datos de manera continua en formato PWM con una resolución de 10 bits a 0.14°C de precisión (Marques y Pitarma, 2019).

Para hacer una medición eficaz del sistema se utilizaron tres sensores de temperatura los cuales están dispuestos a 10 cm de distancia en una de las caras de la deshidratadora y computacionalmente se promedian para obtener la temperatura real de la deshidratadora Ecuación (2).

$$T_p = \frac{T_{m1} + T_{m2} + T_{m3}}{3}$$

Ecuación (2)

La acción de control se realizó a través de un PID el cual, el cual permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado de manera eficiente. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción: Proporcional, Integral y Derivativa, (Reyes, 2011; Bernabe, *et al.*, 2018), donde matemáticamente se define como se muestra en la Ecuación 3:

$$E = K_p(\tilde{T}) + K_v\left(\frac{d\tilde{T}}{dt}\right) + K_i\left(\int \tilde{T} dt\right)$$

Ecuación (3)

Para la sintonización de (3) se procede a corde a la siguiente regla (Reyes, 2011) (Ecuación 4,5 y 6):

$$K_p = \frac{V_s}{T_d}$$

Ecuación (4)

$$K_v = 20\% K_p$$

Ecuación (5)

$$K_i = 20\% K_v$$

Ecuación (6)

Donde K_p es la ganancia proporcional calculada a través de a razón del voltaje de salida de regulación PWM que de un valor de 5 volts, con respecto a las temperaturas deseadas de regulación.

K_v y K_i son las ganancias derivativa e integral, el cual se ajustan al 20%. La primera a través del calculo de la ganancia proporcional K_p y la segunda a través de la ganancia derivativa K_i .

2.3 Descripción de la interfaz gráfica de usuario

El principal objetivo de la automatización agraria consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. Para ser amigable estos procesos surgen las interfaces gráficas de usuario cuyo objetivo es la interacción del operario con el sistema. La interfaz gráfica de usuario se desarrolló usando la herramienta GUIDE-MATLAB; la cual, permite ejecutar comandos de manera gráfica sin desaprovechar el potencial de la plataforma de MATLAB (Cebada, *et al.*, 2016). Como se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 3a, al iniciar la interfaz gráfica de usuario, se inicia el lazo de control principal realizando la conexión de las tarjetas Arduino con el software de Matlab, para la toma de datos de los sensores de temperatura que proporcionara información a la estructura de control, para obtener la modulación del sistema de ventilas.

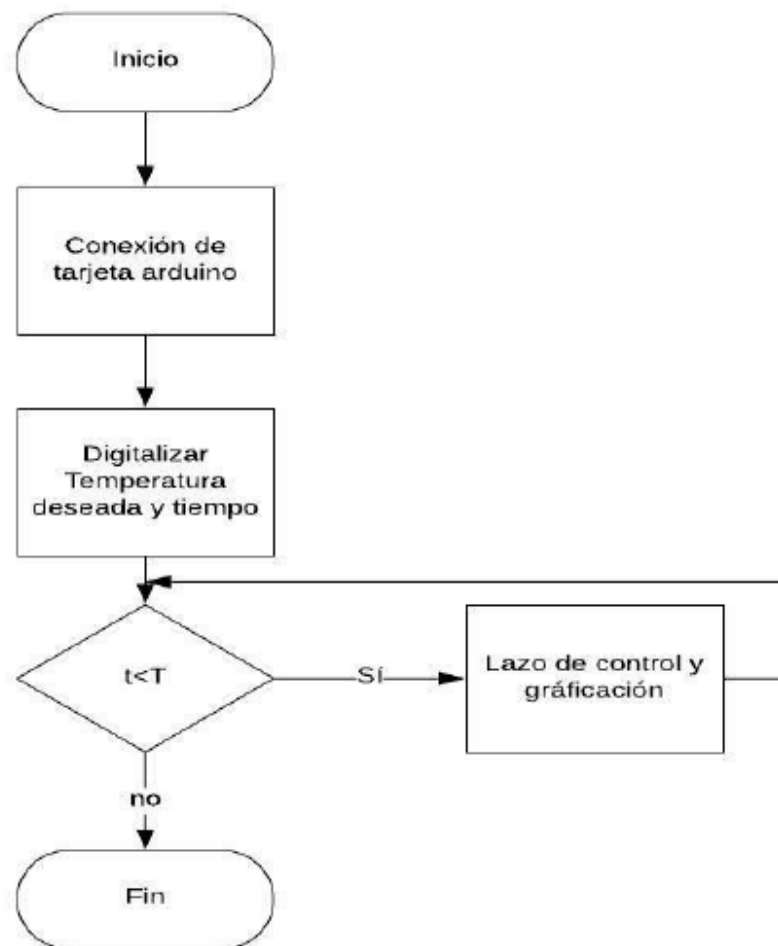


Figura 3.

Figura 3. Lazo principal del programa de adquisición y control de datos

En la Figura 3, se aprecia una secuencia de condiciones para la activación y control en la adquisición de datos de cada sensor, el cual sirvió para el control regulado de cada ventilador, las temperaturas de trabajo propuestas en el presente trabajo fueron: 30°C, 35°C y 40°C con el objetivo de conservar la mayor cantidad

de sustancias activas a través del control de la salida de aire caliente y entrada de aire fresco.

2.4 Metodología de validación

La metodología para validar el control de temperatura del sistema se utilizaron 2.5 gr de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) para la determinación de los metabolitos generados al momento de deshidratar las hojas. Para lo cual, se utilizaron 10 tubos de 13 x 100 mm para cada muestra de Stevia deshidratada a las temperaturas de 30°C, 35°C y 40°C, como muestra control de trabajo con muestra de hojas de Stevia sin control de temperatura.

Para realizar la validación se utilizó la metodología de clasificación mediante el estándar L a 630 nanómetros de concentraciones volumétricas. La clasificación se llevó a cabo tomando en cuenta cada tubo (10 tubos). En donde, el porcentaje de la sustancia activa presente en la muestra es equivalente al color que presenta en cada tubo; el conteo inicia de izquierda a derecha y durante el conteo se relaciona cada tubo al 10% de sustancia activa presente. Por lo que, para que el porcentaje de cierta sustancia activa se tome en cuenta, una cadena de reacción del mismo color se debe de mantener, si el color empieza a perder su tonalidad es el punto de quiebre y se cuatifica el porcentaje de concentración.

Las concentraciones base para obtener los metabolitos básicos de las hojas de Stevia fueron:

1. 0.5 ml., de yoduro de potasio benzoico, dando una reacción color “vino” correspondiente a los rangos de los 410 a 450nm en el espectro de luz, para la determinación de Dúlcósido A
2. 0.5 ml., de Citrato sódico, dando una reacción color Amarillo en el rango de valores de 550nm a 600nm, para la determinación de Rebaúsido A.
3. 0.5 ml., de Dicromato sódico sulfatado dando una reacción Verde que comprende el rango de valores de 500 a 520 nm, con precipitado, para la determinación de Steviósido.
4. 0.5ml., de Sulfato Carbonatado de Potasio, dando una reacción de color Rojo correspondiente en el rango de los 650 a 700nm, con precipitado para la determinación de Rebaúsido C.

En donde el Dúlcósido A, Rebaúsido A, Steviósido y Rebaúsido C son los componentes químicos del Glucósido de steviol (Duran, *et al.*, 2012; Hidar, 2020).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la experimentación la cual se realizó en la Ciudad de Puebla, Puebla, México cuya geolocalización es: Latitud: 19.0413, Longitud: -98.2062 19° 2' 29" Norte, 98° 12' 22" Oeste a las 12:00pm y deteniendo el experimento a las 16:00pm, con un peso fresco de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) de un 1kg.

3. Resultados y discusión

En las gráficas de la Figura 4 se presenta el comportamiento de la temperatura bajo 4 escenarios. En la primera gráfica 4a, se observa el comportamiento de la temperatura sin ningún efecto de control de lazo cerrado, el cual, alcanza temperaturas superiores a los 40°C. Este proceso de deshidratado es el habitual en sistemas pasivos (Cerino y Chávez 2018; Cerino, *et al.*, 2019).

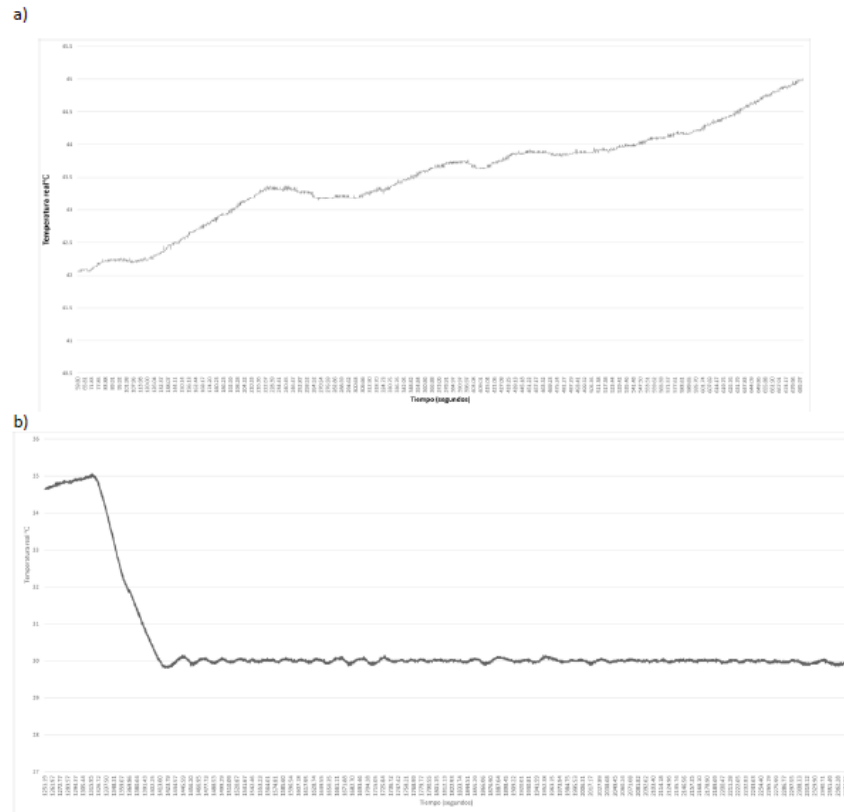


Figura 4-A

Figura 4-A. a) Comportamiento de la temperatura sin lazo de control cerrado, b) Comportamiento de la temperatura regulada a 30 °C.

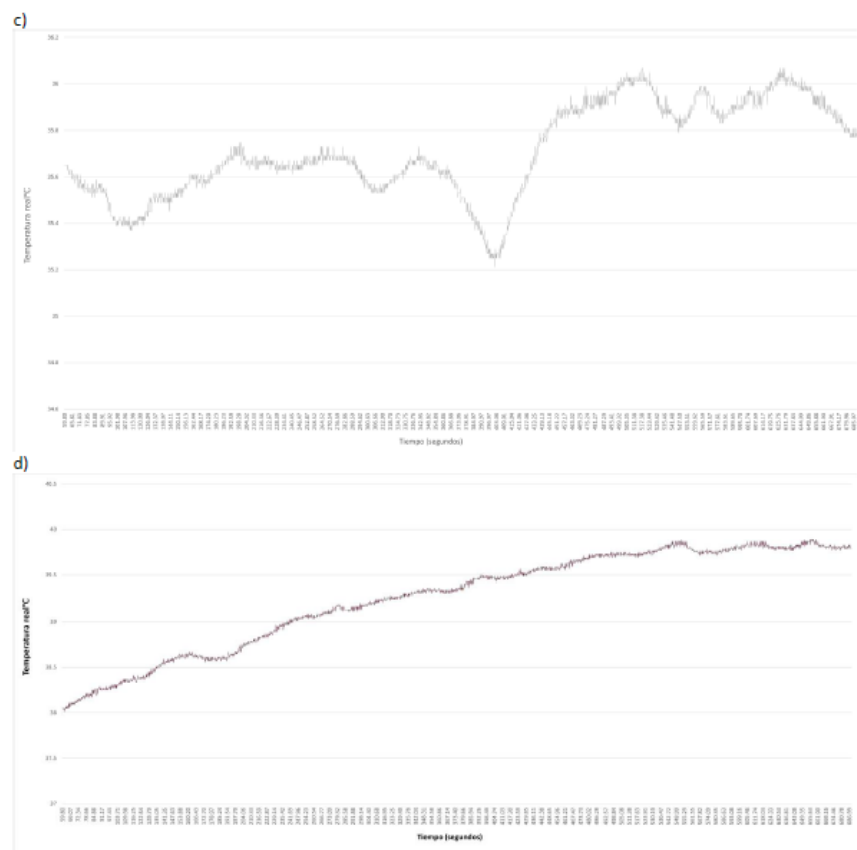


Figura 4-B

Figura 4-B. c) Comportamiento de la temperatura regulada a 35 °C, d) Comportamiento de la temperatura regulada a 40 °C.

Tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de la temperatura

Temperatura deseada	Error máximo	Error mínimo
Sin regulación	--	--
30°C	+5 °C	+0.25°C
35°C	+0.8 °C	+0.2 °C
40°C	-0.2 °C	-2 °C

Por otra parte, las gráficas 4b, 4c, 4d; muestran el comportamiento de la temperatura regulada a través de la estructura de control descrita en la figura 3 e implementada a corde a la Figura 2a (lazo cerrado electrónico de control). El coeficiente de error de temperatura en el experimento, se describe en la Tabla 1.

Los errores que se alcanzan estan dentro de los parámetros estandares de control, tomando en cuenta que los sistemas retro alimentados de temperatura son sistemas de orden uno cuya característica principal es la lentitud en la respuesta de control como lo sugiera Ogata en 1977. No obstante, pese a esta limitación se observa que el efecto de regulación mantiene la acción de control dentro de los límites del 2% al 10%.

Estas acciones de regulación tienen un efecto importante en la cuantificación de sustancias activas presentes en las hojas de stevia (*Stevia rebaudiana Bertonii*) deshidratadas. Para lograr esta cuantificación se tomaron muestras en cada experimento realizado. En donde, se maceraron para posteriormente llevar a cabo la clasificación de la muestra en 10 tubos de ensayo (Figura 5). Utilizando la metodología descrita en la sección 2.

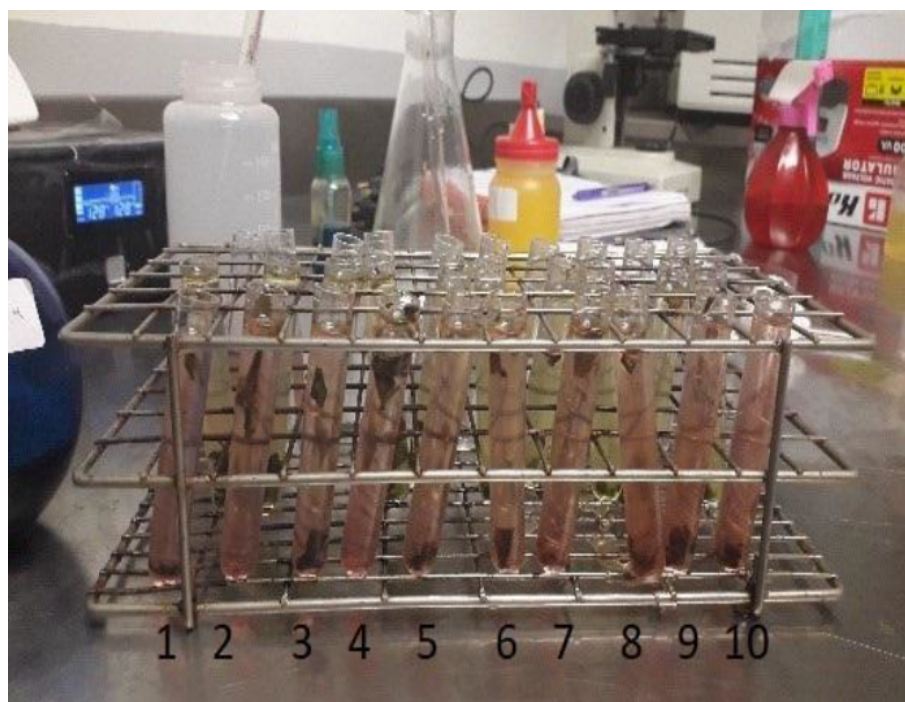


Figura 5.

Figura 5. Maceración y clasificación de las muestras de Stevia

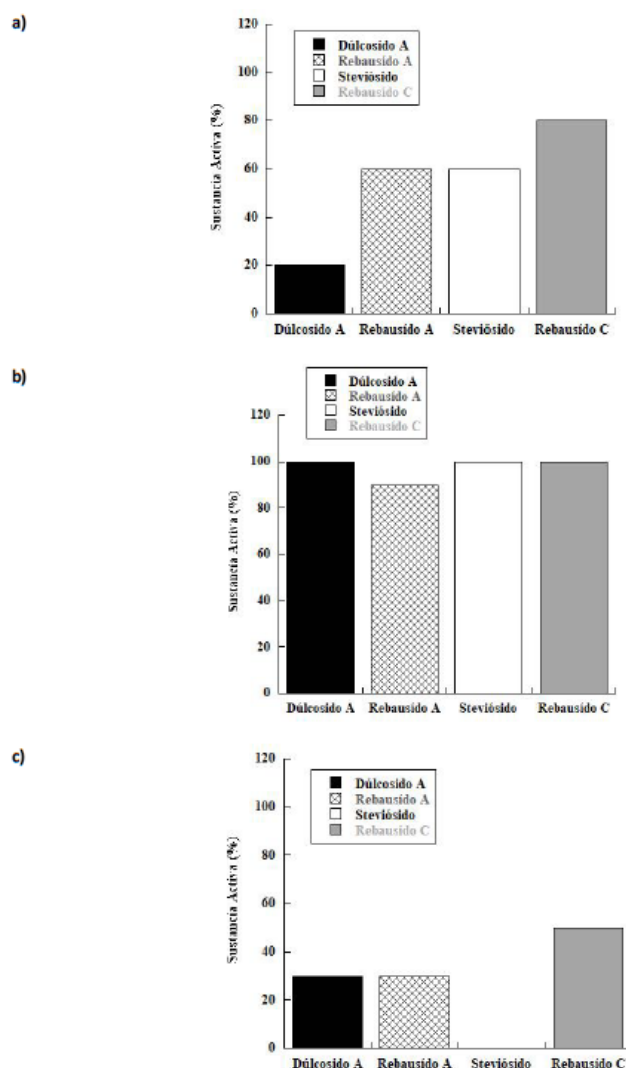


Figura 6.

Figura 6. a) Porcentaje de sustancias activas presentes con la temperatura regulada a 30°C, b) Porcentaje de sustancias activas presentes con la temperatura regulada a 35°C, c) Porcentaje de sustancias activas presentes con la temperatura regulada a 40°C.

En la Figura 6, que para cada experimento de deshidratación se observa un efecto en el porcentaje de las sustancias activas presentes en las muestras estudiadas, dependiente de la temperatura empleada.

En la muestra control, no se observó presencia de Dulcosido A, Rebausido A, Steviósido y Rebausido C, lo que corroboró que la falta de control en el proceso de deshidratación afecta directamente en la presencia de los componentes químicos del Glucosido de steviol (Duran, *et al.*, 2012).

Por el contrario, cuando se mantuvo el control en la temperatura de secado (Figura 6a, 6b y 6c) se observó la presencia de estos compuestos químicos. Para un control a 35°C se mantuvieron en mayor proporción las sustancias activas estudiadas (Figura 6b). Mientras que para la muestra reguladas a 30 °C se observó un menor porcentaje de Dulcosido A, Rebausido A, Steviósido y Rebausido C en las hojas deshidratadas.

Para la temperatura de 40°C se observó un proceso de degradación de las sustancias activas como (Figura 6c). En donde el compuesto químico Steviósido, se degrada completamente.

Con lo cual, se pudo corroborar lo reportado por Periche, *et al.*, (2014) y Lemus, *et al.*, (2018) en donde mencionaron que la temperatura potencializa o reduce las sustancias activas y que el rango de temperaturas para un deshidratado óptimo es 30°C - 35°C como lo reportó García en 2014.

4. Conclusiones

Se puede concluir que el presente trabajo de investigación muestra la importancia que tiene la regulación de temperatura en el proceso de deshidratado de las hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). El control de la temperatura se refleja en la conservación de las propiedades endulcorantes en las hojas de stevia; preservando las sustancias activas como: Dulcósido A, Rebaudiósido A, Esteviósido y Rebaudiósido C.

En las hojas de Stevia deshidratadas a 30°C, se encontró presencia de sustancias activas en menor proporción que las reportadas a 35°C; mientras que en las hojas tratadas a 40°C y sin regulación de temperatura (muestra control), presentaron una mayor degradación de las sustancias activas. Lo que indica que la falta de control de la temperatura y el aumento de esta por arriba de los 35°C, afecta directamente el poder edulcorante de las hojas de Stevia.

La temperatura de 35°C, fue en donde se presentó una mayor concentración de las sustancias estudiadas: Dulcósido A, Rebaudiósido A, Esteviósido y Rebaudiósido C, siendo 35°C la temperatura óptima para la deshidratación de hojas Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). Por otra parte, la regulación de temperatura con un PID para una deshidratadora solar tipo cajón, es una opción factible para la deshidratación de hojas de Stevia.

Referencias bibliográficas

- Alberti, P. 2006 Los aportes de las mujeres rurales al conocimiento de plantas medicinales en México. Análisis de Género. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Vol. 3, No. 2, pp. 139-153.
- Barbosa-Canovas, G. V., y Ibarz, A. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa Libros.
- Bernabe E., Romantchik E., Cebada J. G. and Velázquez N. 2018. Design of a Position Control for a Cutting System of a Maize-Husking Machine. IEEE Latin American Transaction., Vol. 16, No. 4, pp. 115–117. <https://doi.org/10.1109/tla.2018.8362132>
- Castañeda, A., González A., Guzmán R., and Ibarra O. 2012. Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. Revista Acta Universitaria, Vol.22, No. 3, pp. 14-19. <https://doi.org/10.15174/au.2012.380>
- Cebada J. G, Hahn F. F., Ruiz A., and Michua A. 2016. Design of a Position Control Based on Cuckoo Search Tuning for a Cutter Leaves Robot. IEEE Latin America Transaction, Vol. 14, No. 5, pp 2085-2092. <https://doi.org/10.1109/tla.2016.7530399>

- Cerino I. and Chávez E., 2018. Efficiency of tunnel type solar dryer with cocoa (*Theobroma Cacao* L.) in Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. Special, No. 21, pp. 1 -10. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1528>
- Cerino I., López Cruz I., Serm, M. Busarakon J. and Marcus N., 2019. Mathematical modelling of the thin layer drying of pineapple (*Ananas comosus*, L.): experiment at village-scale in a greenhouse type solar dryer. *Revista Ingeniería Investigación y Tecnología UNAM*, Vol. XX, No. 2, pp. 4395-4405. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.016>
- Duran S., Rodríguez M., Cordon K and Record J. 2012. *Estevia (stevia rebaudiana)*, edulcorante natural y no calórico. *Revista chilena de nutrición*, Vol. 39, No. 4, pp 203-206. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182012000400015>
- Garcia, F. J. 2014. Evaluación de los procesos de secado sobre la calidad de la *Stevia (Stevia Rebaudiana)* y la Hierbabuena (*Mentha Spicata* sp). M. S. thesis, Dept. Civil and agricultural Engineering. Nacional Univ., Bogotá, Colombia, 144pp. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.165>
- Hidar N., Ouhammou M., Mghazli S., Ildimam A., Hajjaj A. and Bouchdoug M. 2020. The impact of solar convective drying on kinetics, bioactive compounds and microstructure of stevia leaves. *Renewable Energy*, Elsevier, pp 1-28. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.124>
- Landázuri, P., & Tigrero, J. 2009. *Stevia rebaudiana* Bertoni, una planta medicinal. *Bol. Téc. Edición Especial. ESPE*. Sangolquí, Ecuador, 1-38.
- Lemus-Mondaca R., Ah-Hen K., Vega-Gálvez, A., Honores C. and Moraga N. 2015. *Stevia rebaudiana* Leaves: Effect of Drying Process Temperature on Bioactive Components, Antioxidant Capacity and Natural Sweeteners. *Plant Foods for Human Nutrition (Plant Foods Hum Nutr)*, Springer, pp 49-56. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0524-3>
- Lemus-Mondaca R., Vega-Gálvez A., Rojas P., Stucken K., Delporte C., Valenzuela-Barra G and Jagus J. 2018. Antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory potential of *Stevia rebaudiana* leaves: effect of different drying method. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic*. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.10.003>
- Marques G. and Pitarma R. 2019 Non-contact Infrared Temperature Acquisition System based on Internet of Things for Laboratory Activities Monitoring. The 9th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT), Halifax, Canada, August 19-21. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.068>
- Martínez Cruz, M. 2015. *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. Una revisión. *Cultivos tropicales*, 36, 5-15.
- Martínez Pérez, T. 2002. La hierba dulce. Historia, usos y cultivo de la *Stevia Rebaudiana* Bertoni. *Ciencias*.
- Mousa M., Oudat E. and Claudel C., 2015. A Novel Dual Traffic/Flash Flood Monitoring System Using Passive Infrared/Ultrasonic Sensors. *IEEE 12th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems*, Dallas, TX, USA, Oct. 19-22. <https://doi.org/10.1109/mass.2015.61>
- Muratore G., Rizzo V., Licciardello F. and Maccarone E., 2008. Partial dehydration of cherrytomato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chemistry*, Vol. 111, No. 4, pp. 887-891. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.001>
- Ogata K., 1977. *Ingeniería de control modern*. Prentice Hall, Vol. 3, Madrid, pp. 238-261.

- Periche, A., Koutsidis, G., & Escriche, I. 2014. Composition of antioxidants and amino acids in Stevia leaf infusions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0398-1>
- Reyes F. 2011. Robótica. Control de robots manipuladores. AlfaOmega, Vol. 1, México DF, pp. 357-358.

Notas de autor

jose.cr@teziutlan.tecnm.mx