

USO COMBINADO DE TECNOLOGÍAS DE SECADO ASISTIDAS POR ULTRASONIDOS DE POTENCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.).

R.I. Castillo-Zamudio¹, T.I. Vidaña-Reyes^{1, 2}, D. A., Ávalos de la Cruz³, A. Cabal-Prieto^{1, 2}, M.A. Salgado-Cervantes⁴, C. Ozuna López⁵

1 Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz (CP-Campus Veracruz), 2 Instituto Tecnológico Superior de Huatusco (ITSH) 3 Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba (CP-Campus Córdoba), 4 Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA), 5 Estudios de la rosychely@colpos.mx

RESUMEN:

La carambola es una fruta exótica con un aporte nutrimental importante que se refleja por su elevada concentración de compuestos bioactivos como polifenoles, vitaminas A, C y minerales; sin embargo, debido a su alto contenido de agua es un producto altamente perecedero. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el uso de tecnologías combinadas de secado asistidas por ultrasonidos de potencia, para la obtención de hojuelas de carambola como alternativa de conservación. Se usaron frutos de carambola cultivados en el Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Se realizaron curvas de deshidratación osmótica (DO) con 50 y 60 °Brix, usando ultrasonidos de potencia (US), como tratamiento previo al secado convectivo (SC). Se realizaron cinéticas de secado a 50 y 60 °C y se midieron cambios de color, humedad y a_w , como parámetros de calidad. Los resultados mostraron que el uso de US disminuyó significativamente el contenido de agua de carambola durante el tratamiento de DO. Además, se encontró que el tratamiento de DO a 60 °Brix, combinado con el SC a 60°C, aumento significativamente la velocidad de secado de carambola. Se concluye que el uso de ultrasonidos de potencia permite reducir considerablemente el tiempo del proceso de deshidratado de frutos.

Palabras clave: Carambola, secado osmótico, ultrasonidos de potencia, secado artificial, parámetros de calidad

ABSTRACT:

Carambola is an exotic fruit with an important nutritional contribution that is reflected by its high concentration of bioactive compounds such as polyphenols, vitamins A, C and minerals; however, because of its high water content it is a highly perishable product. The objective of the present investigation was to study the use of combined drying technologies assisted by high power ultrasound, to obtain carambola slices as an alternative conservation technique. Carambola fruits cultivated at the Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz were used. Osmotic dehydration (DO) curves were performed with 50 and 60 °Brix, using ultrasound of power (US), as a pre-treatment for convective drying (SC). Drying kinetics were performed at 50 and 60 °C and changes in color, moisture and a_w were measured as quality parameters. The results showed that the use of US significantly decreased carambola water content during DO treatment. In addition, it was found that treatment of DO at 60 ° Brix, combined with SC at 60 °C, significantly increased carambola drying rate. It is concluded that the use of power ultrasound allows a considerable reduction in the time of the fruit dehydrated process.

Keys words: Star Fruit, osmotic drying, high power ultrasound, artificial drying, quality parameters

INTRODUCCIÓN

La capacidad nutraceútica y nutritiva de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) se ve reflejada, entre otras cosas, por la cantidad de compuestos bioactivos que tiene en su composición. El desconocimiento del contenido nutricional del fruto de carambola en zonas productoras aisladas, dentro del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, ha provocado el uso escaso de los frutos y poco valor agregado, generando cantidades de residuos excesivos y pérdidas postcosecha, ya que el fruto que no se consume o se vende a pie de carretera en muy limitado, dejando gran parte del fruto sin cosechar y provocando índices altos de contaminación ambiental debido al deterioro del mismo.

La importancia de dar a conocer alternativas de conservación de los frutos permite analizar otras posibilidades de consumo (además de aguas frescas y jaleas), y diversificar el mercado para la comercialización de carambola. Una de las técnicas de transformación de productos hortofrutícolas más asequibles en las zonas rurales es la deshidratación o secado al sol. El proceso de secado consiste en la eliminación del agua libre del alimento y tiene como objetivo fundamental la conservación. No obstante, el secado solar de frutos con elevado contenido de agua, como es el caso de la carambola, requiere de tiempo de procesos muy largos al sol, lo que repercute en una disminución en el contenido nutricional del producto final. En este sentido, desde la última década se realizan estudios para determinar condiciones de secado que garanticen productos deshidratados sensorialmente atractivos y con una concentración de compuestos nutricionales similares a la fruta natural.

La carambola contiene compuestos polifenólicos, como taninos y vitamina C, haciendo que la fruta obtenga una alta capacidad antioxidante (Navarro Martínez, 2011). Además, la fibra soluble que contiene la carambola impide la absorción del colesterol por el intestino; por su bajo contenido en hidratos de carbono, riqueza en potasio y bajo aporte de sodio, resulta muy recomendable para aquellas personas que sufren de diabetes, hipertensión arterial o afecciones de vasos sanguíneos y corazón (Palomar, 2006). Así mismo, su contenido de carotenoides y polifenoxidasas, le confieren actividad antioxidante, la capacidad de neutralizar a los radicales libres y prevenir enfermedades producidas por ellos, como por ejemplo la aterosclerosis (Castillo, Castillo & Huamán, 2013).

Una de la problemática más importante de estos frutos climatéricos, es que su vida útil es corta y por ello, es necesario estudiar procesos que incrementen su vida de anaquel para el consumo en fresco o bien, seleccionar el método de conservación más adecuado que permita consumirla manteniendo la mayor cantidad de los nutrientes de la fruta fresca.

En este sentido en el presente trabajo, se ha seleccionado la tecnología de secado convectivo como método de conservación y se estudiará el secado osmótico, como una alternativa de pre-tratamiento al secado convectivo (osmo-deshidratado), con la finalidad de disminuir el tiempo de secado con aire caliente y de potenciar las propiedades organolépticas de las muestras de carambola deshidratadas. Además, con la finalidad de acelerar el proceso de deshidratado osmótico y pérdida de agua durante el secado convectivo se aplicarán ultrasonidos de potencia en forma simultánea al proceso osmótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y preparación de materia prima

Frutos de carambola en el estado de madurez 3 fueron colectadas de árboles cultivados en el Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Los frutos se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas de 5 ± 0.3 mm de espesor.

Deshidratación osmótica (DO) asistida con ultrasonidos de potencia

La solución osmótica consistió en disoluciones de sacarosa y agua destilada ajustadas a 50 y 60 °Brix, en las cuales se sumergieron las rodajas de carambola en una relación 1:4 fruta:solución.

En el caso de los tratamientos de deshidratación osmótica sin ultrasonidos (DO), las soluciones se colocaron en una parrilla de calentamiento y agitación marca CIMAREC® con un agitador magnético a fin de mantener en movimiento las rodajas durante 24 horas que duró el proceso de deshidratación osmótica.

Con respecto a los tratamientos de DO asistida con ultrasonidos de potencia (DO+US) la solución y fruta se colocaron en un baño ultrasónico marca BRANSON®, modelo CPX3800H, a 40 kHz, manteniendo una temperatura de 27°C

Cinética de deshidratación osmótica

Durante las primeras dos horas, se pesaron muestras de carambola cada 15 minutos, cada 30 min las siguientes cuatro horas y posteriormente se registraron pesos cada hora, hasta completar 24 horas consecutivas. Con estos datos se desarrollaron las cinéticas ganancia de sólidos (GS) y pérdida de agua (PA).

Secado convectivo

Se realizó secado convectivo de rodajas de carambola empleando un secado de charolas con aire caliente a 50 y 60 °C. Previo al secado convectivo se aplicaron cuatro tipos de pre-tratamiento osmótico: **1)** 50 °Brix (50B DO), **2)** DO+US a 50 °Brix (50B DO+US), **3)** 60 °Brix (60B DO) y **4)** DO+US a 60 °Brix (60B DO+US). Se realizaron cinéticas de secado tomando muestras de carambola cada 15 minutos durante las primeras dos horas, cada 30 min durante las dos horas posteriores y cada 60 minutos durante las 6 horas finales.

Determinación de humedad y sólidos totales

El análisis de humedad se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-083-1986. Las muestras de carambola frescas y deshidratadas se trituraron y se pesaron en crisoles empleando una balanza analítica marca ADAM® modelo AAA 300L. Finalmente, los crisoles se dejaron en la estufa Marca VIEW LINE a 100°C durante 24 horas. Los sólidos totales se obtuvieron por diferencia entre 1 y la fracción másica de agua obtenida para cada muestra correspondiente a través del tiempo.

Determinación de color

Se realizaron mediciones sobre las superficies de las rodajas de carambola de las coordenadas cromáticas L*, que indica la luminosidad, a* que mide el nivel de rojez y b* para indicar el nivel de amarillo en la muestra. Se empleó un colorímetro Hunter Lab, MiniScan XE Plus, Modelo No D/8-L. Se realizaron tres mediciones por cada muestra. Los análisis fueron realizados por triplicado para cada tratamiento de secado.

Determinación de a_w

Se usó un higrómetro de rocío marca AquaLab en el cual se coloca la muestra triturada dentro de una celda. Las mediciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento de secado

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se procesaron usando un paquete estadístico Statistics 20. Se obtuvo la media y desviación estándar empleando un Análisis de varianza (ANOVA). Los valores promedio correspondientes fueron comparado mediante la prueba de t de Tukey-Kramer, con un nivel de confianza del 95%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinética de deshidratación osmótica

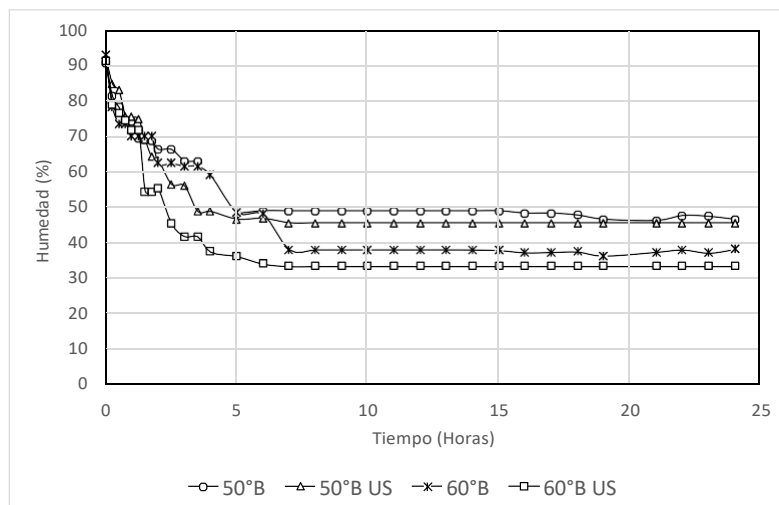


Figura 1 Curvas de humedad con respecto al tiempo de muestras de carambola tratadas osmóticamente a 50 y 60° Brix, con y sin la asistencia de ultrasonidos de potencia .

La Figura 1 muestra las curvas de humedad (b.h.) de rodajas de carambola, bajo diferentes tratamientos osmóticos (°Brix): 50 °Brix, (50°B), 60 °Brix (60°B), y los mismos tratamientos asistidos con ultrasonidos de potencia, 50°B US y 60°B US, respectivamente.

Los resultados mostraron que, durante las primeras cinco horas, la velocidad de pérdida de agua es lineal con respecto al tiempo y que, tras este periodo, la velocidad con la que se pierde el agua disminuye y se mantiene constante las 19 horas restante de proceso.

Además, se observó que la aplicación de ultrasonidos de potencia (US) disminuye significativamente (Turkey, $p < 0.05$) el contenido de agua de las muestras en un tiempo dado, en comparación con los tratamientos sin US. Por lo tanto, el contenido de azúcar y la aplicación de US inciden significativamente en la humedad final de muestras de carambola, alcanzando un porcentaje de humedad (b.h) de 46.4 y 45.5 % para los tratamientos de 50 °Brix sin y con US, respectivamente y 38.1 y 33.3% para los tratamientos a 60 °Brix sin y con US, respectivamente.

Secado convectivo

La Figura 2 muestra la pérdida de rodajas de carambola deshidratadas a 50°C y 60°C, tratadas previamente por diferentes tipos de deshidratación osmótica: 50 °Brix sin US (50B SUS 50°C y 50B SUS 60°C), con ultrasonidos (50B CUS 50°C y 50B CUS 60°C) y 60 °Brix sin US (60B SUS 50°C y 60B SUS 60°C) y con ultrasonidos (60B CUS 50°C y 60B CUS 60°C). Los resultados muestran que usando un pre-tratamiento de DO a 60 °Brix, se alcanzan humedades significativamente más bajas tras una hora de secado convectivo, obteniendo muestras con humedad de 0.16 g agua /g s.s. (60B CUS 60°C) con respecto a la humedad de 0.31 g agua/g s.s obtenida para el pre-tratamiento de 50 Brix bajo la misma condición de secado convectivo (CUS 60°C).

Además, se encontró que la temperatura del aire juega un papel muy importante en la velocidad de secado de las muestras, obteniendo una humedad de 0.35 g agua/g s.s. para muestras de carambola deshidratadas a 50 °C (50B CUS) en comparación con la humedad de 0.29 g a agua/g s.s. de muestras deshidratadas a 60°C. Esto indica que el uso de una solución hipertónica combinada con una temperatura de aire de 60 °C provoca la disminución del 65% del agua contenido en la muestra de carambola tras una hora de secado. Así mismo se observó el uso ultrasonidos durante el pre-tratamiento de deshidratado osmótico provoca que se necesite un menor tiempo para llegar a un peso constante en las muestras. Estos resultados coinciden con Robles & Ochoa (2012) quienes proponen que, el uso de ultrasonidos de potencia en el procesamiento de alimentos favorece la intensificación de los procesos tradicionales, principalmente sobre la reducción de tiempos de proceso y mejora en los atributos de calidad.

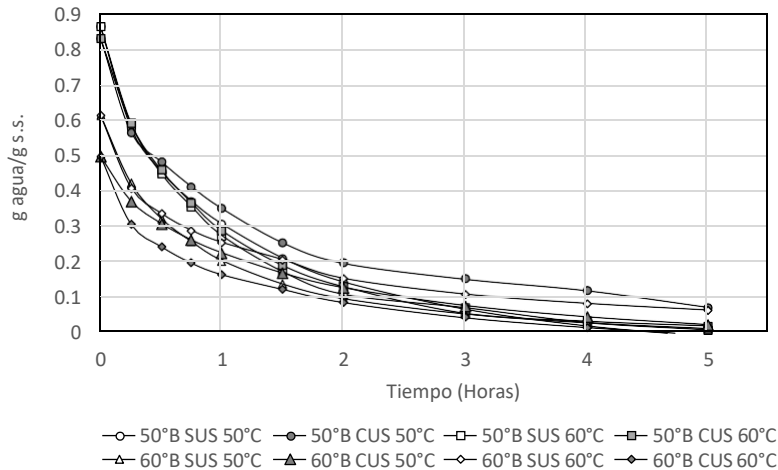


Figura 2 Curvas de secado de rodajas de carambola a 50 y 60 °C empleando diferentes pre-tratamientos de deshidratación osmótica.

Determinación de humedad y sólidos totales

La figura 3 muestra el porcentaje de humedad y solidos totales después de cada combinación de tecnologías de secado (DO, US y SC) y de la fruta fresca, en la cual puede observarse que la deshidratación osmótica reduce aproximadamente el 50% de humedad de las muestras en relación con la humedad inicial en la fruta fresca; además se obtiene una ganancia de solidos totales similar a la obtenida por Moreira y Oliveira, (2008) quienes señalan que dicha ganancia de sólidos permite potencializar las propiedades organolépticas del producto final. Así mismo, bajo estas mismas condiciones de DO, tras el secado convectivo se obtiene una pérdida significativa de agua (70%, aproximadamente) con respecto de la humedad inicial. El tratamiento que mayor pérdida de agua presentó, tanto la etapa de DO como en el secado convectivo (SC), fue el de 60°Brix y 60°C. Por lo tanto, la aplicación del secado combinado (DO+SC), asistido o no con ultrasonidos de potencia, favoreció la reducción del contenido de agua para conservar el producto y aumentar su vida de anaquel.

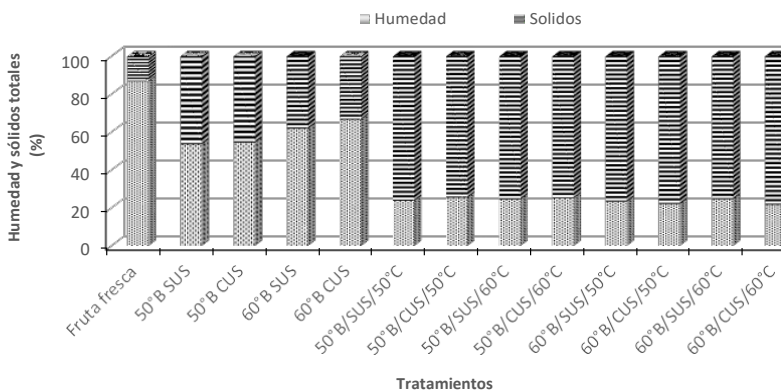


Figura 3 Comparación del porcentaje de humedad y sólidos totales del de las muestras de carambola empleando diferentes pretratamientos de DO y temperaturas de secado, respecto a la fruta fresca.

Determinación de color

Si bien ninguno de los tratamientos de secado estudiados, tuvo un efecto significativo sobre las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* de las muestras de carambola con respecto al tiempo de proceso, la Figura 4 muestra que, el tipo de tratamiento si influyó significativamente en la luminosidad (L^*) y la relación de rojo (a^*) y amarillo (b^*) de las muestras de carambola.

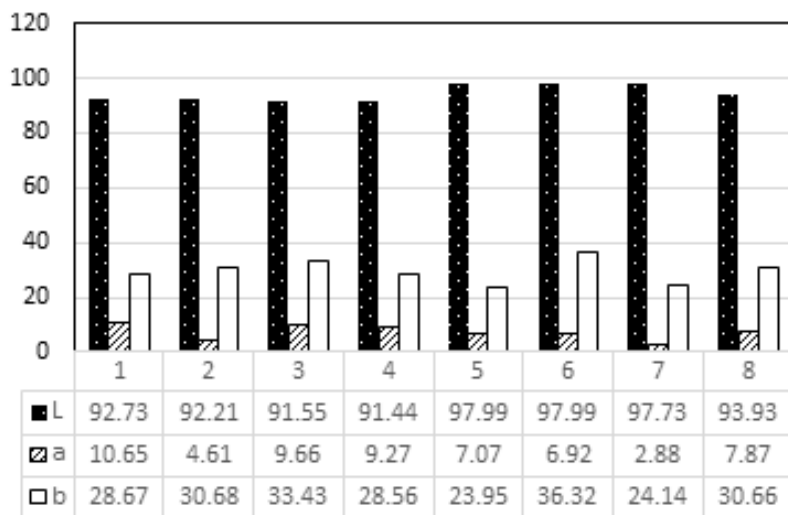


Figura 4 Valores promedio de las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* de rodajas de carambola deshidratadas osmóticamente y secadas a 50 y 60°C: 1 (50B SUS 50°C), 2 (50B CUS 50°C), 3 (50B SUS 60°C), 4 (50B CUS 60°C), 5 (60B SUS 50°C), 6 (60B CUS 50°C), 7 (60B SUS 60°C) y 8 (60B CUS 60°C),

Determinación de a_w

La actividad de agua (a_w) de las ocho combinaciones de tratamientos se encuentra entre 0.469 y 0.555, presentando un menor valor los tratamientos en donde se usó la tecnología de ultrasonidos, cabe mencionar que hay una diferencia notable en dos de los tratamientos: 50°B/con US/50°C y 60°B/con US/50°C que presentan 0.482 y 0.469, respectivamente; en comparación con los otros tratamientos.

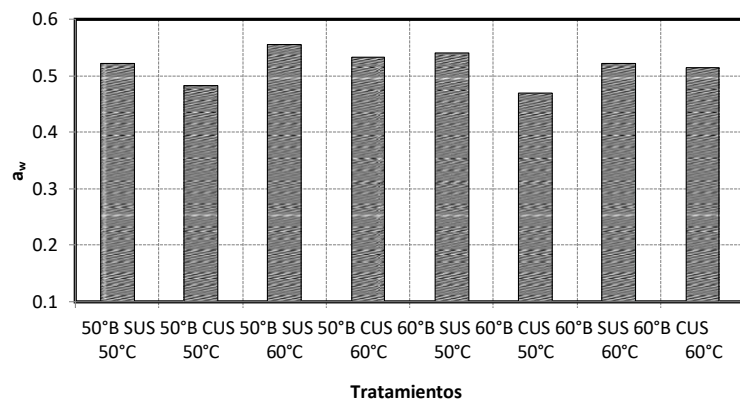


Figura 5 Actividad de agua de las rodajas de carambola deshidratada osmóticamente con diferentes combinaciones de DO, US y SC, como producto final.

Los resultados reflejan que todos los tratamientos tienen una actividad de agua menor a 0.6, es por ello que cumple con los parámetros de calidad propuestos por Badui-Dergal (2006), quien afirma que con una a_w mayor a

dicho valor puede generar el crecimiento de hongos y levaduras, además de propiciarse algunas reacciones de deterioro en detrimento del producto.

En conclusión, el uso de tecnología combinadas de secado (DO+SC) mantiene atributos de calidad en las rodajas de carambola deshidratadas aceptables y similares a la fruta fresca. Además, el uso de US reduce considerablemente el tiempo de secado lo cual garantiza la conservación de rodajas empleando un menor tiempo de proceso para su obtención.

BIBLIOGRAFÍA

- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (Cuarta ed.). México: PEARSON, 15-19.
- Castillo, K., Castillo, H., & Huamán, J. (2013). Efecto de la *Averrhoa carambola* L. o “carambola” vs. gemfibrozilo sobre el perfil lipídico en *Rattus rattus* var. *albinus*. *Acta Médica Peruana*, 30(3), 136-141.
- Martínez Navarro, B. E. (2011). Análisis bromatológico del carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y determinación de su capacidad antioxidante. Orizaba, Ver.
- Moreira, P. y F. Oliveira. 2008. Optimization of osmotic dehydration of ‘Tommy Atkins’ mango fruit. *Int. J. Food. Sci. Tech.* 43(7), 1276-1280. Doi: 10.1111/j.1365-2621.2007.01605.x.
- Palomar Antonio (2006). La despensa de Hipócrates: los poderes curativos de los alimentos. Tlalaparta, 4ª. Edición. Pp.
- Robles Ozuna, L. E., & Ochoa Martínez, L. A. (2012). ULTRASONIDO Y SUS APLICACIONES EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, pp. 109-122.
- Rowland, M. (2016). La carambola: propiedades y beneficios de una fruta exótica. Hoy digital. Obtenido de <http://hoy.com.do/lacarambolapropiedadesybeneficiosdeunafrutaexotica2/>.