

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SECADO CON MICROONDAS EN LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL BAGAZO DE MARAÑÓN<sup>1</sup>

### [EVALUATION OF THE DRYING EFFECT WITH MICROWAVE IN THE BIOACTIVE COMPOUNDS OF BAGAZO OF CASHEW]

Alfredo Morales Cruz<sup>1§</sup>, Abril Higuera Ramírez<sup>2</sup>, Víctor Rayo García<sup>1</sup>, Yanet Chávez Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias; Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. Carretera las Choapas-Cerro de Nanchital Km. 6. Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Veracruz, C.P. 96980, México. Tels. (01923) 3232010 al 32017. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Veracruz, Ver. México. C.P. 91897 Tels. (52) 229 9341478 <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (mcalfred16@outlook.com).

#### RESUMEN

El bagazo del marañón es un residuo agroindustrial que contienen compuestos fenólicos y carotenoides los cuales presentan propiedades antioxidantes que ayudan a la prevención de enfermedades crónicas degenerativas, para la conservación de los compuestos bioactivos se puede aplicar tecnologías emergentes como microondas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de las microondas sobre los compuestos bioactivos, así como su capacidad antioxidante en bagazo de marañón rojo. Las condiciones de deshidratación fueron potencias de 372, 390 y 460 W y muestra control, se determinó fenoles por Folin-Ciocalteu, cuantificación de carotenoides, capacidad antioxidante por ABTS, se midió color sistema Hunter. La potencia 390 W obtuvo mayor contenido de compuestos bioactivos así como capacidad antioxidante, fenólicos ( $777 \pm 0.018$  mg EAG/100 g, 75.5% de inhibición), carotenoides ( $909 \pm 0.03$   $\mu$ g/100 g, 75.5% de inhibición) en comparación con la muestra control y potencia 372, 460W con diferencias significativas de  $p > 0.05$ . El color no se vio afectado por el tratamiento con microondas la tonalidad para la potencia 390 W fue de  $b^* 14.12 \pm 0.18$  con  $\Delta E 10.69^c \pm 0.03$ . Después del tratamiento, se encontró un mayor contenido de compuestos fenólicos y carotenoides, las microondas permite conservar los compuestos bioactivos del bagazo el cual se puede aplicar en la elaboración de productos nutraceuticos.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante, carotenoides, color, fenoles.

#### ABSTRACT

Cashew bagasse is an agroindustrial waste containing phenolic compounds and carotenoids which have antioxidant properties that help prevent chronic degenerative diseases, for the conservation of bioactive compounds can be applied emerging technologies such as microwaves. The objective of the research was to evaluate the effect of microwaves on bioactive compounds, as well as their antioxidant capacity in red cashew bagasse. The conditions of dehydration were powers of 372, 390 and 460 W and shows control, phenols were determined by Folin-Ciocalteu, quantification

---

<sup>1</sup> Recepción 12-abril-2019  
Aceptación 02-septiembre-2019

of carotenoids, antioxidant capacity by ABTS, Hunter color system was measured. The 390 W potency obtained higher content of bioactive compounds as well as antioxidant capacity, phenolic ( $777 \pm 0.018$  mg EAG / 100 g, 75.5% inhibition), carotenoids ( $909 \pm 0.03$   $\mu$ g / 100 g, 75.5% inhibition) compared to the sample control and power 372.460 W with significant differences of  $p > 0.05$ . The color was not affected by the microwave treatment the tonality for the power 390 W was of  $b * 14.12 \pm 0.18$  with  $\Delta E 10.69c \pm 0.03$ . After the treatment, a higher content of phenolic compounds and carotenoids was found, the microwaves allow to conserve the bioactive compounds of the bagasse which can be applied in the elaboration of nutraceutical products.

**Index words:** Antioxidant capacity, carotenoids, color, phenols.

## INTRODUCCIÓN

El marañón (*Anacardium occidentale* L.) es originario del noreste de Brasil, pertenece a la familia de las Anacardiáceas y actualmente está distribuido por Centro y Sudamérica (Catarino *et al.*, 2015). La semilla, el principal producto comercial obtenido de este cultivo, está contenido en un aquenio reniforme, el cual se encuentra adherido al pseudofruto, tiene un agradable sabor y se comercializan preferentemente en forma de pulpa congelada, jugo y néctar (McLaughlin *et al.*, 2012; Dendena y Corsi, 2014).

El marañón generalmente se cultiva para comercializar la nuez, y el pseudofruto se considera a un subproducto del proceso, por lo que con esta investigación se pretende valorizar este último, así como reducir los residuos. De acuerdo a los estudios de Schweiggert y Carle (2015) encontraron que el pseudofruto del marañón contiene altas concentraciones de ácido ascórbico y compuestos fenólicos; rico en minerales y azúcares reductores como fructosa y glucosa, además, se ha estudiado que tiene un alto contenido de carotenoides principalmente de  $\beta$ -criptoxantina,  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno, que son pigmentos responsables de la coloración (Lafont *et al.*, 2011; Schweiggert y Carle, 2015).

Para la conservación de estos compuestos se han empleado diversos métodos, como la deshidratación que permite preservar alimentos altamente perecederos, reduciendo la humedad, lo cual disminuye su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse (Femenia *et al.*, 2000). El proceso de microondas se puede utilizar como un método alternativo para la deshidratación, ya que causan la polarización de moléculas y una movilidad intensa de sus electrones, debido a la conversión de energía electromagnética en energía cinética. A causa de este movimiento, los electrones chocan entre sí, generando calor como resultado de la fricción (Alibas *et al.*, 2007). Además, el proceso de calentamiento por microondas proporciona algunas ventajas como la velocidad, el ahorro de energía y la no formación de daños químicos en el producto (Arslan y Ozcan, 2010; Hayat *et al.*, 2010; Hojjati *et al.*, 2015). El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de microondas sobre los compuestos fenólicos, carotenoides, actividad antioxidante y color del bagazo del marañón rojo, con la finalidad de conservar los compuestos bioactivos y darle un valor agregado al pseudofruto del marañón al ser utilizado en la elaboración de productos agroindustriales y nutraceuticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

La materia prima que se empleó para este estudio fue el bagazo de marañón rojo, el marañón fue recolectado durante los meses de junio-julio del 2018 en el rancho los pericos de Las Choapas, Veracruz. Se seleccionaron los frutos en buen estado y se desinfectaron con Citrus®. Se extrajo el jugo con un extractor (marca Moulinex doméstico modelo 753) para la obtención del bagazo de marañón para su posterior deshidratación con microondas.

### Deshidratación con microondas

El bagazo de marañón fue deshidratado con un horno de microondas “GL modelo MS17444XT” con 120V – 60 Hz, 1400 W y 13.8 A de entrada y 2,450 MHz de frecuencia. Se colocaron 100 g del bagazo de marañón rojo en un plato de vidrio templado distribuyendo uniformemente en toda la superficie del plato, se emplearon potencias diferentes (372, 390 y 460W). Las muestras deshidratadas fueron trituradas con un molino marca Krups GX4100. Posteriormente se le determinó humedad por medio de las técnicas basadas en los métodos oficiales de la Association of Official Analytical Chemist (A.O.C., 1990).

### Determinación de compuestos fenólicos

La extracción del bagazo de marañón se obtuvo en metanol: agua (1:1). Se pesó 1 g de bagazo de marañón y se agregó 7.5 mL del disolvente de extracción. Posteriormente se sonó por (1h), se dejó en reposo por 15 h y se volvió a sonicar por 1h. El extracto se centrifugó a 13,000 x g por 5min, usando una centrifuga modelo Beckman J2-H2 (USA).

El contenido total de fenoles fue determinado usando el método de Folin-Ciocalteu. El reactivo de Folin-Ciocalteu fue diluido 10 veces con agua. El extracto de bagazo de marañón rojo (0.1 mL) fue mezclado con 0.75 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Después la reacción se dejó en reposo por 5 min, y se adicionaron 0.75 mL ( $60\text{ g L}^{-1}$ ) de bicarbonato de sodio y se mezcló. La solución fue incubada por 90 min y se leyó a 750 nm usando un Thermo Spectronic modelo Genesys 10<sub>uv</sub> scanning (Rochester, NY. USA). Se realizó una curva de calibración usando ácido gálico en concentraciones de 0 a  $0.25\text{ mg mL}^{-1}$ . Los resultados se expresan como mg equivalente de ácido gálico (EAG) /100 g DW  $\pm$  desviación estándar (SD) para tres repeticiones.

### Determinación de carotenoides

Los extractos de carotenoides de marañón rojo en fresco y deshidratado se realizaron con acetona y con éter de petróleo, después de cinco lavados con agua fue obtenido el extracto y la extracción de los carotenoides fue verificada espectrofotométrica a 450 nm, usando un Thermo Spectronic modelo Genesys 10<sub>uv</sub> scanning (Rochester, NY. USA).

### Capacidad antioxidante por el radical ácido 2,2- azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS)

Se empleó el método descrito por Regier *et al.* (2005) se preparó la solución madre, pesando 0.0384 gr de ABTS y 0.0066 g de peroxidisulfato de potasio, la solución se aforó a 10 mL con agua

destilada, se dejó en reposo por 12 h. Para la solución de ABTS se tomó 550 µL de la solución madre y se aforó a 50 ml de etanol puro (dilución 1:100) teniendo una absorbancia de 0.7 (±0.02) a 734 nm antes de su análisis. Se tomaron 10 µL de muestra y se adiciona 990 µL de solución ABTS. Se mezclaron y después de 1 min se midió la absorbancia de cada muestra a 734 nm, durante 7 min. Para la determinación del porcentaje de inhibición se empleó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ inhibición} = \frac{\text{Abs inicial} - \text{Abs final}}{\text{Abs inicial}} \times 100$$

### Determinación de color

El color del bagazo de marañón rojo en estado fresco y deshidratado se determinó usando un colorímetro universal. Para la medida de color se utilizó el sistema Hunter L\*, a\*, b\*, y ΔE. Donde L\* es la luminosidad, a\* define el componente rojo- verde (el rojo indica valores positivos y el verde indica valores negativos), b\* define el componente amarillo – azul (el amarillo indica valores positivos y el azul valores negativos) y ΔE precisa la cuantificación de un cambio en el color (Mathias-Rettig-Ah-Hen, 2014). El cálculo para expresar la diferencia de color fue obtenido por la fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$$

Donde: ΔE= valor para diferenciar el color; ΔL= diferencia entre la lectura L\* del blanco y la lectura L\* de la muestra; Δa\* = diferencia entre la lectura a\* del blanco y la lectura a\* de la muestra; Δb\* = diferencia entre la lectura b\* del blanco y la lectura b\* de la muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Deshidratación del bagazo de marañón con microondas

La evaluación de las condiciones de deshidratación con microondas permitirá encontrar las condiciones adecuadas para no afectar las propiedades funcionales del bagazo de marañón. Las potencias empleadas fueron: 372 W, 390 W, 460 W y muestra sin tratamiento (control) y tiempos de deshidratación de 12, 15 y 18 min como se muestra en el Cuadro 1. La cantidad de muestra empleada en la deshidratación con microondas fue de 100 gr, tomando como referencia el trabajo de Rodiz *et al.*, (2018) donde reportaron que la cantidad de muestra en la deshidratación del bagazo de carambola es de 100-200 gr obteniendo mejores resultados en la deshidratación. Se obtuvo que el bagazo de marañón deshidratado a diferentes potencias y tiempo mantuvieron sus características organolépticas, esto se puede deber que las microondas no afectan los compuestos bioactivos así como las propiedades del alimento, siempre que sean las condiciones adecuadas para la deshidratación, entre otros factores como tamaño de la muestra, capacidad, potencia de las microondas para la optimización de la deshidratación de las materias primas (Céron *et al.*, 2013). Akoy *et al.* (2015) reportaron condiciones similares en el proceso de secado de mango con microondas, empleó un rango de 5-45 minutos para optimizar el secado, y reportó que el tiempo

adecuado para deshidratar por microondas es de 15- 20 minutos. Por otro lado, Neel *et al.*, (2011) optimizaron el tiempo de 5 minutos a 720W en la deshidratación de la nuez del marañón.

**Cuadro 1.** Condiciones de deshidratación del bagazo de marañón.

Potencia microonda (W)	Tiempo (min)	Peso de la muestra (g)	Humedad (%)
372	18	100	11
390	15	100	9
460	12	100	8

La humedad es una de las variables más importantes dentro de la deshidratación de los alimentos, esta determina la capacidad de absorción de la energía transportada por la radiación de microondas, los fenómenos convectivos, difusivos y la porosidad en el proceso de disipación del calor. Se determinó humedad en la muestra control y en los polvos deshidratados de bagazo de marañón a diferentes potencias (372W, 390W y 460W); los resultados obtenidos en el bagazo de marañón rojo fueron 11%, 9% y 8% respectivamente (Cuadro 1). En otras investigaciones realizadas obtuvieron resultados similares en muestra fresca de la nuez de anacardo obtuvieron 11.27% de humedad, en las potencias obtuvieron: 180W (9.93%), 360W (9.32%), 540W (9.10%) y 720W (8,47%) (Uslu y Mehmet 2017).

### Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

El secuestro de radicales libres por polifenoles es un indicador importante para conocer la capacidad antioxidante de las frutas y verduras, a ello se le suma los diferentes beneficios que ofrecen a la salud (Kammoun Bejar *et al.*, 2011). La muestra control bagazo de marañón sin tratamiento presentó un contenido de compuestos fenólicos de  $681 \pm 0.016$  mg EAG/100 gr ver Cuadro 2, en otros estudios por Moo *et al.*, (2015) reportaron un contenido de compuestos fenólicos en la pulpa de marañón rojo de  $287.28 \pm 5.38$  mg EAG/100 g. En otros frutos el nance rojo presento un contenido de compuestos fenólicos de  $266.26 \pm 13.39$  mg EAG/100 g. El contenido de compuestos fenólicos se debe mucho a las diferencias en el suelo, las condiciones climáticas, estación de crecimiento, almacenamiento en postcosecha y los métodos empleados para la extracción (Arteaga y Arteaga, 2016).

**Cuadro 2.** Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del bagazo de marañón.

Potencias	Fenoles (mg EAG/100 g)	ABTS (% de inhibición)
Control	$681^{a} \pm 0.016$	$58.9^{a} \pm 0.5$
372 W	$716^{ab} \pm 0.034$	$59.4^{a} \pm 0.5$
390 W	$777^{b} \pm 0.018$	$75.5^{b} \pm 0.5$
460 W	$774^{b} \pm 0.014$	$60.8^{a} \pm 2$

Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar.

Se obtuvo una mejor extracción de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante después del tratamiento con microondas en las diferentes potencias de 372 W, 390 W, 460 W en

comparación con la muestra control con diferencias significativas de  $p > 0.05$ , como se muestra en el Cuadro 2. La potencia 390W presentó mayor contenido de fenoles  $777^b \pm 0.018$  y capacidad antioxidante con 75.5%, en comparación con las demás condiciones de deshidratación, con diferencias significativas de  $p > 0.05$ . Datos similares obtuvieron Uslu y Mehmet (2017), sobre los compuestos fenólicos en las nuez de marañón, mediante el proceso de calentamiento con microondas en potencias de un rango 180W- 720W obtuvieron mayor contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a una potencia de 720 con un contenido de compuestos fenólicos de  $107.00 \pm 0.05$  mg EAG/100 g y 58% de capacidad antioxidante. Por otro lado Pérez *et al.* (2017) realizaron la extracción de compuestos bioactivos de pitaya roja en pulpa con y sin semillas y emplearon pretratamientos con microondas a 105 W por 62 min, encontrando una mayor disponibilidad de los compuestos fenólicos así como la capacidad antioxidante después del tratamiento con microondas. El aumento de la disponibilidad de los compuestos fenólicos al ir aumentando la potencia de calentamiento con microondas se debe a que existe una extracción gradual de los compuestos fenólicos hasta el punto en el que se ha extraído la mayoría de compuestos del material vegetal, sin embargo y debido a varios factores como el calentamiento estos compuestos pueden degradarse poco a poco y por ende los valores de compuestos fenólicos tienden a disminuir (Morillo *et al.*, 2016).

Los productos sufren reacciones de Maillard durante el proceso de deshidratación, en particular melanoidinas, pueden hacer una contribución al contenido fenólico total y la capacidad antioxidante; ya que el tratamiento térmico libera los componentes fenólicos unidos y eleva la actividad antioxidante (Xu *et al.*, 2007; Hayat *et al.*, 2010; Chandrasekara *et al.*, 2011); así mismo, Turkmen *et al.* (2005) coinciden con las referencias anteriores de que la actividad antioxidante aumenta después del tratamiento con microondas, debido a la liberación de una fracción fenólico libre, reportan que el procesamiento de microondas activa la actividad antioxidante en el brócoli, espinacas, judías verdes, pimienta y en cáscaras de cítricos.

### **Contenido de carotenoides y capacidad antioxidante**

En la muestra control del marañón rojo se obtuvo un menor contenido de carotenoides de  $796 \pm 0.01$   $\mu\text{g}/100$  g y 51% de capacidad antioxidante en comparación con los demás tratamientos de deshidratación (372 W, 390 W, 460 W) con diferencias significativas de  $p > 0.05$  como se muestra en el Cuadro 3. El tratamiento de deshidratación a potencia 460W obtuvo mayor contenido de compuesto fenólicos y capacidad antioxidante con  $1184$   $\mu\text{g}/100$  g, 53% en comparación con las demás potencias de tratamiento con diferencias significativas de  $p > 0.05$ , como se puede observar se obtuvo mayor extracción de los compuestos carotenoides así como la capacidad antioxidante con el tratamiento con microondas. Datos similares reportaron Jiménez *et al.* (2004) sobre el comportamiento de estabilidad de los pigmentos en el mamey y mango en tratamiento con energía de microondas, observaron un aumento de absorbancia conforme aumentaba el tiempo de tratamiento con microondas. Concluyeron que el tratamiento con microondas en las frutas favorece el incremento de color y lo mantiene estable e inversamente disminuye la actividad de la polifenoloxidasas con lo que se asegura que el color no sea afectado por el oscurecimiento enzimático. Por otro lado Aschoff *et al.* (2014) afirman que el tratamiento térmico tiene el potencial para mejorar la biodisponibilidad de los carotenoides, mediante el rompimiento de la matriz de las estructuras celulares. El alcance de este rompimiento depende del tipo de fruta y de la severidad de tratamiento térmico. Sin dejar de lado que, un tratamiento térmico excesivo puede ocasionar pérdidas importantes en el contenido de carotenoides, por degradación con calor u oxidación.

Turkmen *et al.* (2005) obtuvieron un incremento de la capacidad antioxidante en chile, chícharo y brócoli, después del cocimiento con microondas en comparación con los valores obtenidos sin cocimiento. Esto significa que existe una correlación positiva entre los carotenoides y la actividad antioxidante por lo tanto un mayor contenido de carotenoides incrementa su capacidad antioxidante. Rodríguez-Amaya (2010) afirma que el tratamiento térmico tiene el potencial para mejorar la biodisponibilidad de los carotenoides, mediante el rompimiento de la matriz de las estructuras celulares.

**Cuadro 3.** Contenido de carotenoides y capacidad antioxidante por el radical.

Potencias	Carotenoides( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	ABTS (% de inhibición)
Control	796 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	51 <sup>a</sup> $\pm$ 3.6
372 W	966 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01	54 <sup>a</sup> $\pm$ 1.5
390 W	909 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.03	74 <sup>b</sup> $\pm$ 0.5
460 W	1184 <sup>c</sup> $\pm$ 0.01	53 <sup>a</sup> $\pm$ 2.6

Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Los valores representan la media  $\pm$ desviación estándar.

### Contenido de color en bagazo de marañón rojo

El color es uno de los parámetros importantes de calidad en el deshidratado frutas y vegetales, los posibles cambios de color haría influir en la propiedades organolépticas y se limitaría su aplicación (Femenia *et al.*, 2003). Las reacciones de Maillard ocurren a menudo cuando los alimentos son tratados térmicamente, los principales parámetros que induce a las reacciones de Maillard y reacciones no enzimáticas son la temperatura y la duración del tratamiento térmico (Chua *et al.*, 2001).

En el Cuadro 4 se presentan las coordenadas L\* (luminosidad), a\* (verde-rojo) y b\* (amarillo-azul) y la diferencia de color ( $\Delta E$ ) del bagazo de marañón rojo, se observa que las variables evaluadas del bagazo de marañón varían significativamente. En la 390 W se presentó mayor luminosidad en comparación con la muestra control. Con respecto a la cromaticidad a\* y b\*, la potencia 390 W presentó matices más altos en comparación con la muestra control. La diferencia de color ( $\Delta E$ ) de cada potencia mostró diferencias significativas de  $p>0.05$ . Para evaluar la magnitud de la diferencia de color en las dos variedades, se determina que el bagazo de marañón rojo sobresale en la potencia 390 W con una diferencia de color ( $\Delta E$ ) de 10.69, en comparación con las demás potencias.

**Cuadro 4.** Contenido de color en el bagazo de marañón rojo.

Bagazo de marañón rojo	L*	a*	b*	$\Delta E$
Control	31.45 <sup>a</sup> $\pm$ 0.025	3.57 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	13.35 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	-
372 W	37.43 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01	3.81 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01	12.38 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15	8.45 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01
390 W	40.76 <sup>d</sup> $\pm$ 0.06	5.61 <sup>d</sup> $\pm$ 0.02	14.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.18	10.69 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03
460 W	39.13 <sup>c</sup> $\pm$ 0.017	4.09 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03	13.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	8.96 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03

Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Los valores representan la media  $\pm$ desviación estándar.

En la muestra control del bagazo de marañón rojo hubo disminución de color en comparación con las muestras deshidratadas a diferentes potencias. Se observaron diferencias significativas en la resistencia del color en cada una de las potencias, cabe mencionar que la potencia 390W sobresale en cuanto a la luminosidad y en las cromaticidades  $a^*$  y  $b^*$ . Adam *et al.* (2000) realizaron el secado de la cáscara de Thompson a 600 W y mandarina a 450 y 600 W, donde disminuyó lentamente su parámetro colorimétrico luminosidad ( $L^*$ ) seguido del parámetro  $a^*$ . Esto se debe a la formación de pigmento marrón dando lugar a una reacción de Maillard o de reacción de caramelización que ocurre durante el secado a altas temperaturas (Ruiz-Diaz *et al.*, 2000). Según Schweiggter *et al.* (2015) mencionan que el color de las partes del marañón (pulpa y cáscara) se debe a la presencia de carotenoides en su composición, por lo tanto, el color es una característica importante en los alimentos, especialmente cuando son introducidas al mercado y la aplicación de microondas mejora cualidades del producto, como el aroma y color, que permite obtener resultados más rápidos y mejores, en comparación con el proceso de secado con aire caliente (Maskan, 2001).

## CONCLUSIÓN

En este estudio se logró que los compuestos fenólicos, carotenoides, capacidad antioxidante y el color del bagazo de marañón rojo no se perdieran durante la deshidratación con microondas en las condiciones evaluadas de 372-460 W en un rango de tiempo de 12-18. El bagazo de marañón rojo deshidratado con microondas se puede aplicar en la elaboración de productos nutraceuticos y darle un valor agregado al bagazo de marañón.

## LITERATURA CITADA

- Adam, E., W. Muhlbauer, A. Esper, W. Wolf and W. Spiess. 2000. Quality changes of onion (*Allium cepa* L.) as affected by the drying process. *Nahrung* 44: 32-37.
- Akoy, E. O. y D. Von Höresten. 2015. Microwave drying of mango slices at controlled temperatures. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 12(2): 374-386.
- Alibas-Ozcan, I., B. Akbudak & N. Akbudak. 2007. Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78(2): 577- 583.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 954.01, 962.09, 923.03, 920.39. Association of official analytical chemists. Arlington, VA, USA
- Arslan, D. and O. Mehmet-Musa. 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology* 43:1121–1127.
- Arteaga, A. y H. Arteaga. 2016. Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria* 7(3): 191-200.
- Aschoff, J., K. Kaufmann, S. Kalkan, O. Neidhart, S. Carle, R. and R.M.Schweiggert. 2014. *In vitro*-bioaccessibility of carotenoids, flavonoids and vitamin C from differently processed oranges and oranges juices (*Citrus sinensis* L.) Osbeck. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(2): 578-587.
- Catarino, L. Y. Menezes and R. Sardinha. 2015. Cashew cultivation in Guinea-Bissau – risks and challenges of the success of a cash crop. *Scientia Agricola* 72(5): 459-467.

- Cerón-López, I. 2013. Extracción y cuantificación de compuestos con actividad antioxidantes a partir de cáscaras de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en el departamento de Nariño. Tesis de pregrado, Universidad De Nariño. Facultad De Ingeniería Agroindustrial. Programa De Ingeniería Agroindustrial. San Juan De Pasto. 98 p.
- Chandrasekara, N. and F. Shahidi. 2011. Effect of heating on phenolic content and antioxidant activities of Whole cashew nuts, kernels, and testa. *J. Agric. Food Chem* 59: 5006–5014.
- Chua, K.J., A.S. Mujumdar, M.N.A. Hawlader, S.K. Chou and J.C. Ho. 2001. Batch drying of banana pieces—effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour. *Food Research International* 34(8): 721–731.
- Dendena, B. and S. Corsi. 2014. Cashew, from seed to market: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34(4): 753-772.
- Femenia, A., M.J. Bestard, N. Sanjuan, C. Rossello, and A. Mulet. 2000. Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea* L. italica) plant tissues. *J. Food Eng.* 46: 157-163.
- Femenia, A., P. García-Pascual, S. Simal, and C. Rossello. 2003. Effects of heat and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydrate Polymers* 51: 397-405.
- Hayat, K., X. Zhang, U. Farooq, S. Abbas, S. Xia, C. Jia, F. Zhong, and J. Zhang. 2010. Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food Chem.* 123(2): 423-429.
- Hojjati, M., L. Noguera-Artiaga, A. Wojdyło, and A.A. Carbonell-Barrachina. 2015. Effects of microwave heating on physicochemical properties of pistachios (*Pistacia vera*). *Food Sci. Biotechnol.* 24(6): 1995-2001.
- Jiménez, M.E., M.L. Zambrano, and M.R. Aguilar. 2004. Stability of pigments in fruit subjected to microwave energy Treatment. *Información Tecnológica* 15(3): 61-66.
- Kammoun-Bejar, A., N. Kechaou, and N. Boudhrioua-Mihoubi. 2011. Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *Journal of Food Processing and Technology* 2:1-7.
- Lafont, J., M. Paez, y A. Portacio. 2011. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (*Anacardium occidentale* L). *Revista Información Tecnológica* 22(1): 51-58.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering* 48 (2): 169-175.
- Mathias-Rettig, K. y K. Ah-Hen, 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Revista Agro Sur* 42(2): 39-48.
- McLaughlin, J., C. Balerdi y J. Crane. 2012. El marañón (*Anacardium occidentale*) en Florida. (consultado: 09/04/2019). Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS29100>.
- Moo, H., V. Moo-Huichin, M. Estrada-León, R. Cuevas-Glory, L. Estrada-Mota, I. Ortiz-Vázquez, E. Betancur-Ancona, and D. Sauri-Duch. 2015. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 166: 17-22.
- Morillo-Chávez, D. Patiño-Bolaños, V. Jurado-Bucheli y M. Mora-Osorio, O. 2016. Extracción asistida por microondas de compuestos antioxidantes a partir de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). *Vitae* 23: 635-639.
- Neel, C. and S. Fereidoon. 2011. Effect of heating on phenolic content and antioxidant activities of Whole cashew nuts, kernels, and testa. *J. Agric. Food Chem.* 59: 5006–5014.

- Pérez-Loredo, M.G., L. Hernández-de Jesús y B. E. Barragán-Huerta. 2017. Extracción de compuestos bioactivos de pitaya roja (*Stenocereus stellatus*) aplicando pretratamientos con microondas, ultrasonido y enzimáticos. *Agrociencia* 51(2): 135-15.
- Regier-M, E. Mayer-Miebach, D. Behnlian, E. Neff, and HP. Schuchmann. 2005. Influences of drying and storage of lycopene-rich carrots on the carotenoid content. *Drying Technology* 23:989-998.
- Rodiz-Torres, L. Morales-Cruz, A. Carrillo-Landeros, J., E. y Y. Chávez-Reyes. 2018. Deshidratación con microondas del bagazo de carambola y semilla de mango, efecto en fenoles y fibra. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida* 73:158-166.
- Rodríguez-Amaya, D. B. 2010. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids- A review. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 726-740.
- Ruiz-Diaz, G., J. Martinez-Monzo, J. Barat, A. Chiralt, and P. Fito. 2003. Applying microwaves in drying of orange slices. 12th International Drying Symposium. *IDS. Dry Technol.* 239:203-209.
- Scheweiggert, R. M. and R. Carle. 2015. Carotenoid deposition in plant and animal foods and its impact on bioavailability. *Food Science and Nutrition* 57(9):1807-1830.
- Turkmen, N., F. Sari, and S. Velioglu. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry* 93 (4): 713-718.
- Uslu, N., and Ö. Mehmet-Musa. 2017. Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 18(3):344-347.
- Xu, G., X. Ye, J. Chen, and D. Liu. 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 330–335.