

OPTIMIZACIÓN DE DESHIDRATACIÓN DE LA SEMILLA DE MANGO CON MICROONDAS Y CONSERVACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS¹

[OPTIMIZATION OF DEHYDRATION OF THE MANGO SEED WITH MICROWAVE AND OF PHENOLIC COMPOUNDS PRESERVATION]

Lucero Zavala Zavala[§], Yarizabeth Castro de la Cruz, Floriberta Calva Angeles, Alfredo Morales Cruz, María de la Luz Sánchez Mundo, Yanet Chávez Reyes

Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias; Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. Carretera las Choapas-Cerro de Nanchital Km6. Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Veracruz, C.P. 96980, México. Tels. (01923) 3232010 al 32017. [§]Autor para correspondencia: (lucero_zavala_zavala@hotmail.com).

RESUMEN

La semilla de mango contiene compuestos bioactivos, para su conservación se utilizan tecnologías emergentes como son las microondas. El objetivo de la investigación fue optimizar las condiciones de deshidratación con microondas y conservar los compuestos fenólicos de la semilla del mango. Se optimizó las condiciones de deshidratación con microondas utilizando un programa estadístico Desing Expert ver 7.0, se obtuvieron 18 corridas, se evaluó el peso, tiempo y potencia, las variables independientes fueron humedad y color. Cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante mediante los radicales ABTS y DPPH. Las condiciones óptimas de deshidratación fueron 460 W, tiempo 15 minutos y peso 150 g. Se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.96$ en medición de color, en humedad se obtuvo un coeficiente de $R^2=0.79$. La semilla deshidratada presentó mayor contenido de los compuestos fenólicos (180.75 mg EAG/100 g) en comparación con la semilla fresca (67.01 mg EAG/100 g). Los resultados de la capacidad antioxidante por método DPPH en semilla fresca fue de 7.90 ± 12.09 , y en semilla deshidratada 55.053 ± 0.23 . Por consiguiente, el uso de las microondas puede ser empleado como un método alternativo para la deshidratación y conservación de compuestos bioactivos que pueden ser aplicados en la elaboración de productos funcionales.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, color, endocarpio, humedad, ondas electromagnéticas.

ABSTRACT

Mango seeds contain bioactive compounds, for their conservation, emerging technologies such as microwaves are used. The objective of the research was to optimize the dehydration conditions with microwaves and to conserve the phenolic compounds of the mango seed. The conditions of dehydration with microwaves were optimized using a statistical program Desing Expert see 7.0, 18 cycles were obtained, weight, time and power were evaluated, the independent variables were humidity and color. Determination of phenolic compounds and antioxidant capacity through ABTS and DPPH radicals. The optimal dehydration conditions were 460 W, time 15 minutes and weight 150 g. A coefficient of determination of $R^2 = 0.96$ was obtained in the measurement of

¹ Recibido: 19-abril-2019
Aceptado: 30-mayo-2020

color, in humidity a coefficient of $R^2 = 0.79$ was obtained. The dehydrated seed had a higher content of phenolic compounds (180.75 mg EAG / 100 g) compared to the fresh seed (67.01 mg EAG / 100 g). The results of the antioxidant capacity by the DPPH method in fresh seed were 7.90 ± 12.09 , and in dehydrated seed 55.053 ± 0.23 . Therefore, the use of microwaves can be used as an alternative method for the dehydration and preservation of bioactive compounds that can be applied in the elaboration of functional products.

Index words: Antioxidant capacity, color, endocarp, humidity, electromagnetic waves.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.), es un fruto tropical, que varía en forma (redonda, ovalada, ovoide-oblonga), tamaño y color, dependiendo de la variedad. Existen 69 especies de interés comercial, el mango es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a nivel mundial. El origen del mango se ubica en el continente asiático, entre la zona geográfica del noreste de la India y el norte de Burma, muy cerca del Himalaya, siendo México el principal exportador de mango (Bangerth and Carle, 2002).

Actualmente, la pulpa de mango es la más aprovechada a nivel industrial en la elaboración de bebidas, néctares, jugos, mermeladas, etc. Los subproductos generados por la fruta, como la semilla y la cáscara representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son arrojados a los basureros (Gabino y Valdés, 2012). Las industrias alimentarias generan residuos de desechos en grandes volúmenes y solo una pequeña parte es reutilizada por lo que estos residuos presentan un efecto negativo en el medio ambiente, como es la contaminación. En estudios se han obtenido que los residuos contienen compuestos bioactivos lo cual resulta interesante la extracción de estos compuestos, como son compuestos fenólicos debido a que contienen propiedades antioxidantes que ayudan a la prevención de enfermedades crónicas degenerativas.

Así mismo, en la semilla o hueso del mango se ha encontrado una importante actividad antioxidante, inclusive más alta que en la pulpa misma, que pueden ser utilizados para la elaboración de productos funcionales y darle un valor agregado (Soong y Barlow, 2004; Ribeiroa *et al.*, 2008; Maisuthisakula y Gordon, 2009).

Con el fin de obtener y caracterizar los compuestos fenólicos a partir de productos o subproductos vegetales se disponen de diferentes técnicas tales como la deshidratación con hornos convencionales, liofilización, etc. El deshidratado es una operación esencial en muchas industrias (Mujumdar, 2015), actualmente se emplean tecnologías emergentes como las microondas, que mejoran la eficiencia energética que se puede alcanzar con su uso (Schiffmann, 2015), disminuye el tiempo empleando un aumento de temperatura (Ozkan *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2010; Akoy y von Höresten, 2015), y conservan las características sensoriales y fisicoquímicas del producto. Según Hojjati *et al.* (2015) argumentan que el proceso de microondas puede ser empleado como un método alternativo al proceso de calor convencional para la deshidratación, este método causa 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. 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.

El objetivo de la investigación fue la optimización de las condiciones para la deshidratación de la semilla de mango pájaro, así mismo la conservación de los compuestos bioactivos. Esto con la finalidad de aprovechar y darle un valor agregado al subproducto del mango en la elaboración de productos funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para el desarrollo del trabajo experimental se utilizó como muestra de estudio el mango criollo (*Mangífera Indica* L.) denominado mango pájaro, las cuales fueron recolectadas durante los meses de junio-julio del 2018 en la localidad del San José del Carmen, Las Choapas, Veracruz. Los frutos, recolectados se llevaron al laboratorio de usos múltiples del Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, Veracruz. Se seleccionaron los frutos en buen estado y se desinfectaron con Citrus®. Se separaron en lotes de 5 kg cada uno y se refrigeraron a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ hasta el momento de su análisis. Se llevó a cabo una separación manual de pulpa y semilla de lotes de mango maduro, basados solo en un estado de madurez.

Deshidratación con microondas

Se utilizó 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 200 g de semilla de mango en un plato de vidrio templado distribuyendo uniformemente en toda la superficie del plato, lo cual se dejó un círculo al centro del plato considerando como el punto con alta concentración de calor, se empleó una potencia de 460 Watts.

Determinación de color

El color de la semilla de mango se determinó usando un colorímetro universal. Para la medida de color se utilizó el sistema Hunter L*, a*, b* y h° (hue), 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). El diagrama CIE L*a*b* es el modelo cromático que se usa normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Commission Internationale d’Eclairage (Comisión Internacional de Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE, describe el color en términos de dos coordenadas cromáticas (a* y b*) y una de luminosidad (L*) lo que permite inferir el color de una muestra (Ahmed *et al.*, 2002).

Determinación de humedad

Para la determinación de humedad en la semilla de mango deshidratado, se basó en la NMX-F-083-1986. Foods. Moisture in food products determination. Se pesaron en la balanza analítica OHAUS con capacidad de peso 200 g y precisión de 0.01. Las charolas fueron lavados y secados, luego se pesaron y posteriormente se introdujeron a la estufa convencional a 60°C/24 h para la obtención del peso constante. Se pesaron 2.5 g de muestras en unas charolas de aluminio

previamente taradas, fueron sometidos en el horno convencional a 60°C por 24 h; Después fueron transferidas al desecador durante 15 min; finalmente, se realizó el peso y para calcular el porcentaje de humedad.

Extracción de los compuestos fenólicos

La extracción de los compuestos fenólicos de la semilla de mango se determinó por el método descrito por Ferreres *et al.* (2009). Con algunas modificaciones. La extracción se obtuvo en metanol: agua (1:1). Se pesó 1 g de muestra y se agregó 7.5 mL del disolvente de extracción. Posteriormente se agitó por 1 h con una parrilla de agitación, se dejó en reposo por 3 h. El extracto se centrifugó a 13,000 r /5 min, usando una centrifuga.

Determinación de contenido total de fenoles

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 marañón amarillo y rojo (0.1 mL) fue mezclado con 750 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Después la reacción se dejó en reposo por 5 min, y se adicionaron 750 µL (60 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 (Genesys 10_{uv} scanning (Rochester, NY. USA)). Se realizó una curva de calibración usando ácido gálico en concentraciones de 0 a 0.25 mg mL⁻¹. Los resultados se expresan como mg GAE / g DW ± desviación estándar (SD) para 3 repeticiones.

Determinación de capacidad antioxidante por radical ABTS⁺

La capacidad antioxidante fue evaluada por ABTS, la captación de radicales se llevó a cabo por un método modificado por Re et al. El persulfato de potasio se preparó en una solución de 7 mmolL⁻¹ de ABTS^{•+}. La solución acuosa de ABTS se diluyó en etanol (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 minutos.

Las muestras se realizaron por triplicado y se tomó lectura de cada una cada minuto, en total cada muestra se leyó en el espectro 7 min. Antes de leer cada muestra se analizaba la estabilidad del ABTS (la muestra realizada previamente en el espectro para comprobar su estabilidad).

Capacidad antioxidante de los extractos fenólicos por el radical DPPH

Para la determinación de la capacidad antioxidante por el radical DPPH⁺, se disolvió 0.2 mM del reactivo DPPH⁺ en metanol al 80%. Se añadió 100 µL de cada muestra en un tubo y se mezcló con 2.9 mL de solución DPPH⁺, las muestras se agitaron durante 15 s y se dejaron reposar por 120 min. Como muestra control se empleó metanol al 80%. Después se midió la absorbancia de las muestras a 515 nm en un espectrofotómetro y se calculó el porcentaje de inhibición de DPPH⁺.

Diseño de superficie de respuesta del deshidratado de la semilla con microondas

Se optimizó el proceso de secado de semilla de mango pájaro utilizando el programa estadístico Desing Expert ver 7.0. Se evaluaron 18 corridas con límites mínimos de 7.92 y máximos de 22.07, variando la cantidad en gramos de muestra de 79.28 a 220.7 por triplicado cada uno, empleando 460 W para cada corrida. Se midió la humedad de cada muestra con la ecuación $H_f = (P_i - P_f) * 100 / P_i$, y color utilizando el sistema Hunter L^* , a^* , b^* y h° (hue).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partes del mango

De acuerdo al análisis del fruto total del mango pájaro, se obtuvo que está conformado por cáscara, pulpa y semilla, con 10-25, 50 y 20%, respectivamente, Solís y Durán (2004) encuentran resultados similares en el mango Kernel, reportaron 10-25% de cáscara y la semilla con 45-85% total del fruto. De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que el tamaño del mango depende de muchos factores, como de variedad, clima, zona de producción, etc. Las semillas de mango son bajas en contenido de proteínas, pero contienen la mayoría de los aminoácidos esenciales, destacándose altos valores de leucina, valina y lisina (Kittiphoom, 2012). En todo caso, es evidente que el 20% que representan las semillas de mango puedan ser usadas como fuente potencial de ingredientes alimentarios funcionales, debido a la alta calidad de las grasas y las proteínas (Chaparro-Acuña *et al.*, 2015).

Efecto de la deshidratación de la semilla de mango en el color

En la Figura 1, se muestra la superficie de respuesta del color de la semilla de mango como una función del tiempo de tratamiento por microondas y peso de la semilla. La combinación de menor tiempo (B) y mayor peso (A) del tratamiento con microondas (10 min y 200 g) no se ve afectado el color de la semilla. Resultados similares mostraron Ahmed *et al.* (2002), ellos realizaron un estudio sobre el cambio de color en el pimiento morrón amarillo después de la deshidratación, obteniendo así un color similar al inicial, esto se debe a que los carotenoides responsables del color son termorresistentes, además esta diferencia en el color podría explicarse por la estabilidad de los carotenoides. Gómez (2013), argumentan que el efecto del proceso de deshidratación en la superficie del mango se ve reflejado en el tiempo y peso, mostrando que a mayor tiempo y menor peso se producen cambios y pérdida de color por oxidación extensiva, provocando una pérdida en carotenoides dada por la prolongación de la deshidratación.

El modelo matemático mostró una ecuación de regresión de la respuesta actividad de la PFO la cual fue:

$$Color = 21.69 + 0.32 * A - 4.13 * B - 0.44 * A * B - 0.51 * A^2 - 1.96 * B^2$$

En otras investigaciones por Reis *et al.* (2006), encontraron que la pérdida de color en el mango (*Mangifera indica*) esta relaciona directamente con el aumento del oscurecimiento no enzimático. Algunas reacciones oxidativas también pueden contribuir para la reducción de la luminosidad. La polimerización de compuestos fenólicos también es un factor que promueve el oscurecimiento y por consecuencia, la disminución en el valor de la Factor coordinada

luminosidad. Utilizando el sistema Hunter L*, a*, b* y h° (hue) se obtuvo la ecuación de regresión antes mencionada, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.96$.

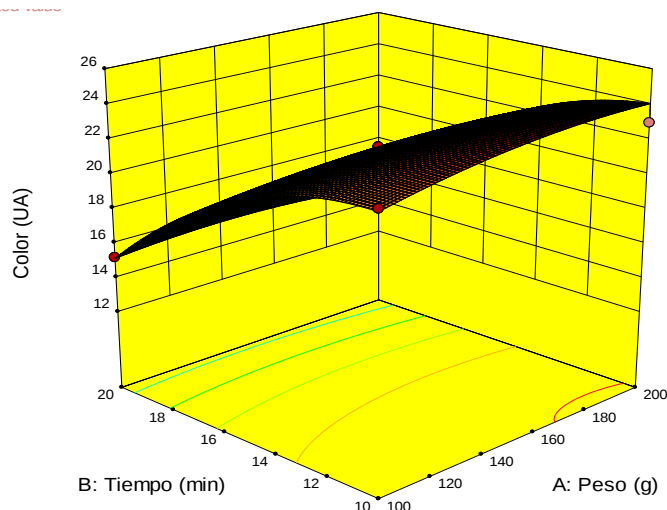


Figura 1. Medición de color.

Según Lee y Schwartz (2006), mencionan que cuanto más largo sea el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en los pigmentos en los alimentos, no obstante, la deshidratación puede incrementar la concentración de carotenoides. Nimmanpipug y Therdthai (2013) afirman que las altas temperaturas causan un efecto contrario en el color del producto final. Tomando en cuenta que el objetivo es conservar los compuestos fitoquímicos de la semilla de mango (fenoles y carotenoides) es importante modular la temperatura durante cada tratamiento de secado para reducir la degradación de dichos fitoquímicos.

Efecto de la deshidratación de semilla de mango sobre la humedad

La determinación de humedad se realizó en cada una de las 18 corridas. En el análisis del modelo cuadrático, se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2=0.79$. La ecuación de regresión de la respuesta de humedad en función de las variables independientes peso (A) y tiempo (B) fue:

$$\text{Humedad} = 3.33 + 2.22 * A - 6.74 * B - 10.39 * A * B + 0.45 * A^2 + 6.87 * B^2$$

De acuerdo al modelo utilizado, al aplicar mayor tiempo y peso (10 min y 200 g), se obtuvo mayor humedad. Esto se debe que a medida que se aplican potencias más elevadas y se aumenta el tiempo de secado, la humedad presente en el tratamiento disminuye, así mismo puede haber pérdida de compuestos fenólicos por su volatilidad (Gulum *et al.*, 2004).

Turkmen *et al.* (2005) obtuvieron que el tratamiento con microondas, aumenta significativamente la actividad antioxidante en pimienta, ejotes, brócoli y la espinaca. Los cuales están directamente relacionados con los carotenoides (Chuah *et al.*, 2008). El uso del microondas para la determinación del contenido de humedad es de gran utilidad en la industria de alimentos

por presentar menor consumo de energía, mayor comodidad y rapidez y, por consiguiente, mayor economía operacional.

Optimización del diseño estadístico

Para obtener un solo punto central del diseño, se establecieron criterios de selección para las variables de respuesta, estableciendo los límites inferior y superior. La optimización del proceso se realizó de forma gráfica con la superposición de las gráficas de contorno de las dos variables color y humedad como se muestra en la Figura 1.

De acuerdo con el análisis estadístico de los modelos de las variables de respuesta y de los puntos óptimos sugeridos por el programa (Desing Expert 7,0), se obtuvo la deshidratación de la semilla de mango usando un tratamiento con microondas a 460 W, durante 15 min y con un peso de 150g, en la gráfica de la Figura 1, se muestran los resultados óptimos para la deshidratación.

Determinación de fenoles

Los compuestos fenólicos son un gran grupo de antioxidantes naturales; consumo de fuentes importantes, particularmente de frutas y vegetales presentan efectos benéficos (Naczki y Shahidi, 2006). Se obtuvo un contenido de fenoles en la semilla fresca de $67.01 \text{ mg} \pm 11.31 \text{ EAG/100 g}$ en base seca, Abdel *et al.*, (2012) estudiaron la semilla mango Zebda presentando un 21.9 EAG/100 g en base seca, así mismo, Ashoush *et al.*, (2011) analizaron la semilla de la variedad Zebda de Egipto reportando 23.9 EAG/100 g en base seca. Ribeiro *et al.*, (2008) obtuvieron en la semilla de mango Ubá de Brasil un mayor contenido (82.54 EAG/100 g en base seca) de compuestos fenólicos al obtenido en este trabajo, la diferencia de resultados se puede deber al tipo de solvente que influye en la cantidad de fenoles extraídos, debido a que los compuestos fenólicos mayoritarios son flavonoides más polares y sus estructuras glicosídicas más solubles en solventes polares y menos solubles en compuestos orgánicos no polares, como acetona y hexano (Kawaii *et al.*, 2000).

También se debe tener en cuenta que los errores en los contenidos fenólicos podrían ocurrir porque la metodología de Folin podría detectar todos los grupos fenólicos encontrados en el extracto, incluyendo aquellos en las proteínas extraíbles que serían medidos como “fenoles libres” (Barrett y Lloyd, 2012). El rendimiento cuantitativo y cualitativo de la extracción depende en gran medida de la polaridad del disolvente utilizado. Se ha reportado el uso de etanol, metanol, acetona y sus mezclas con agua en diferentes proporciones como solventes de extracción, pero no existe un método y solvente definido, pues ello dependerá de la composición química de los compuestos a extraer, de la cantidad y posición de sus grupos hidroxilo, del tamaño molecular, así como de factores como la concentración del solvente, temperatura, tiempo de contacto, tamaño de partícula y relación masa-solvente, entre otros (Aspé y Fernández, 2011; Gironi *et al.*, 2011; Amyrgialaki *et al.*, 2014; Capriotti *et al.*, 2014). Se obtuvo una mayor extracción de fenoles en la semilla deshidratada en comparación con la semilla fresca.

De acuerdo a los resultados la semilla deshidratada obtuvo mayor extracción de fenoles en comparación con la semilla fresca, presentando una diferencia significativa ($p < 0.05$), cabe señalar que mediante el uso de microondas se conservan mejor los compuestos bioactivos (Altunkaya *et al.*, 2008) esto posiblemente se debe que al someterse al proceso de deshidratado se inactivaron las enzimas responsables de la degradación de algunos compuestos fenólicos, se

detiene el deterioro de la materia causada por los microorganismos. La tecnología de los microondas podría beneficiar a la industria alimenticia por el decremento del uso de agua, costos de limpieza, además por la obtención de productos con mayor retención de nutrientes (Correa-Cuevas y Hernández-Baltazar, 2011).

Determinación de capacidad antioxidante por los radicales ABTS y DPPH de la semilla de mango

La capacidad antioxidante en el mango ha sido atribuida principalmente a los compuestos fenólicos (Soong y Barlow, 2004). La determinación de la actividad antioxidante se realizó mediante la aplicación de dos radicales ABTS y DPPH como se muestra en la Cuadro 1. La semilla fresca contiene $58.02 \mu\text{M}$ Trolox ± 12.14 en base seca, por otro lado, Hernández-Varela *et al.*, (2013) analizaron la capacidad antioxidante en las láminas flexibles de Mango y encontraron que su capacidad antioxidante $0.34 \pm 0.00 \mu\text{M}$ ET/100 g.

La actividad antioxidante es un compuesto que puede evaluarse in vitro, por medio de experimentos sencillos que evalúan directamente dicha actividad y que a su vez evalúa un efecto antioxidante sobre diferentes moléculas. Estos análisis deben ser rápidos, sencillos y que requieran pequeñas cantidades de muestra por analizar, además de no estar influenciados por las propiedades físicas de dichos compuestos. Estos ensayos también pueden alertar sobre los efectos dañinos de los compuestos químicos. La mayoría de los métodos para analizar la capacidad antioxidante consiste en acelerar la oxidación de un sistema lipídico, usualmente por calentamiento o monitoreando el consumo de oxígeno, la pérdida de sustrato y la formación de un producto (Dorta *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Capacidad antioxidante por radicales ABTS Y DPPH.

Muestra	ABTS	DPPH
Semilla en fresco	$12.72^a \pm 0.2$	$7.9^a \pm 0.06$
Semilla deshidratada	$30.85^b \pm 0.1$	$55.05^b \pm 0.01$

Letras idénticas indican que no hay diferencia significativa (Tukey, $p > 0.05$) $\pm$ indica desviación estándar.

Los resultados de la capacidad antioxidante por método DPPH en semilla deshidratada y en semilla fresca se muestran en el Cuadro 1, reportando 7.90 ± 12.09 , Dorta *et al.* (2012), evaluaron la capacidad antioxidante por medio de DPPH en la semilla de mango de variedad Keitt obtuvieron como resultado 34 a 18 g 100 g equivalente a catequina, la capacidad antioxidante fue de 23693 a 30425 μM ET/100 g en base seca.

En la semilla de mango deshidratada se encontró mayor capacidad antioxidante (Cuadro 1), dando como resultado 55.053 ± 0.23 , en otro punto de vista Keenan *et al.* (2010) explican que la diferencia entre los valores de la actividad antioxidante antes y después del procesamiento térmico se puede atribuir a la hipótesis de extractabilidad de dichos compuestos. Se han encontrado que la actividad antioxidante de los residuos de mango es mayor a comparación con otros frutos enteros analizados en la piña encontraron 2285 μM ET/100 g. La capacidad antioxidante en un alimento vegetal no viene dada sólo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada componente, también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto, pudiendo interactuar entre sí, produciéndose efectos sinérgicos o inhibitorios.

CONCLUSIONES

Se optimizó las condiciones de deshidratación de la semilla de mango con microondas, los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, de los cuales se obtuvo una mayor extracción después de dicho tratamiento, por lo consiguiente el secado con microondas es un método alternativo ideal para la deshidratación al presentar ventajas en el calentamiento de los tratamientos, permite la optimización de acuerdo al color el cual es un factor importante para la conservación de los compuestos bioactivos (carotenoides y fenoles). Por consiguiente, se puede aplicar la semilla de mango en la elaboración de productos funcionales por su bioactividad.

LITERATURA CITADA

- Ahmed, J., U. S. Shivhare and S. Debnath. 2002. Colour degradation and rheology of green chilli puree during thermal processing. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 57-63.
- Akoy, E. O. and D. von Höresten. 2015. Microwave drying of mango slices at controlled temperatures. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 12(2): 374.
- Altunkaya, A., and V. Gökmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 107(3): 1173-1179.
- Amyrgialaki, E., D.P Makris, A. Mauromoustakos and P. Kefalas. 2014. Optimization of the extraction of pomegranate (*Punica granatum*) husk phenolics using water/ethanol solvent systems and response surface methodology. *Industrial Crops and Products* 59: 216-222.
- Aspé, E. and K. Fernández. 2011. Comparison of phenolic extracts obtained of *Pinus radiata* bark from pulp and paper industry and sawmill industry. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 13(3):243-252.
- Bambicha, R. M. Agnelli and R. Mascheroni. 2012. Optimización del proceso de deshidratación osmótica de calabacita en soluciones ternarias. *Universidad Nacional de La Plata, Ciudad de la Plata*. 16 p.
- Bangerth, F. and R. Carle. 2002. Physical, chemical and sensory properties of thai mango cultivars and evaluation of their technological and nutritional potential. *In: International Symposium Sustaining, Food Security and Managing Natural Resources in Southeast Asia: Challenges for the 21st Century'*, Chiang Mai, Thailand. 01, pp.8-11.
- Barrett, D. M. and B. Lloyd. 2012. Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(1): 7-22.
- Capriotti, A.L., C. Cavaliere, C. Crescenzi, P. Foglia, R. Nescatelli, R. Samperi and A. Lagana. 2014. Comparison of extraction methods for the identification and quantification of polyphenols in virgin olive oil by ultra-HPLC-QToF mass spectrometry. *Wood Chemistry* 158:392-400.
- Chaparro-Acuña, S.P., A. Sandoval-Amador, S.J. Sosa-Suarique, J.J. Martínez Zambrano y J.H. Gil González. 2015. Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). *Ciencia en Desarrollo* 6(19): 67-75.
- Chuah, A. M., Y. C. Lee, T. Yamaguchi, H. Takamura, L. J. Yin and T. Matoba. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry* 111(1): 20-28.
- Correa-Cuevas L. P., and E. Hernández-Baltazar. 2011. Use of microwaves in the pharmaceutical industry. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 42(2): 1-20.
- Dorta, E. M. Lobo and M. González. 2012. Using drying treatments to stabilise mango peel and seed: effect on antioxidant activity. *LWT e Food Science & Technology* 45: 261-268.

- Ferreres, F., C. Sousa, D. M. Pereira, P. Valentão, M. Taveira, A. Martins, J. Pereira, R. Seabra AND P. Andrade. 2009. Screening of Antioxidant Phenolic Compounds Produced by In Vitro Shoots of *Brassica oleracea* L. var. *costata* DC. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*. 12: 230-40.
- Gabino, G. y M. Valdés. 2012. Avances en las investigaciones farmacológicas y toxicológicas con el extracto acuoso de la corteza del árbol de mango (*Mangifera indica* L.). *Antofagasta, Chile: Panel de Editores*. 5(2): 6
- Gironi, F. and V. Piemonte. 2011. Temperature and solvent effects on polyphenol extraction process from chestnut tree wood. *Chemical Engineering Research and Design* 89:857-862.
- Gómez, R. 2013. Evaluación sensorial de láminas de mango (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. *Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment.* 40(2): 157-169.
- Gulum, S., T. Elif and O. Mecit. 2004. Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination ovens. *LTW Food and Technology* 38: 549-553 doi:10.1016/j.lwt.2004.07.006
- Hernández-Varela, J y S. B. Fernández-Viluzca. 2013. Actividad antioxidante, análisis sensorial y microbiológico de láminas flexibles de mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Agroalimentaria* 1: 26-32
- Hojjati, M., L. Noguera-Artiaga, A.Wojdyło and A.A. Carbonell-Barrachina. 2015. Effects of microwave heating on physicochemical properties of pistachios (*Pistacia vera* L.). *Food Sci. Biotechnol.* 24(6): 1995–2001.
- Kawaii, S., Y.Tomono, E. Katase, K. Ogawa, M. Yano, M. Koizumi, C. Ito, andH. Furukawa. 2000. Quantitative study of flavonoids in leaves of citrus plants. *Journal Agriculture Food Chemistry* 48(9): 3865-3871.
- Keenan, D., N. Brunton, R. Gormley, F. Butler, B. Tiwari and A. Patras. 2010. Effect of thermal and high hydrostatic pressure processing on antioxidant activity and colour of fruit smoothies. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 551-556.
- Kittiphoom, S. 2012. Utilization of mango seed. I. *Food Res. J.* 19(4): 1325-1335.
- Laborde, G. 2000. Una tecnología en la conservación de alimentos. *Rev. Iberciencia*. 16(2): 2-7.
- Lee, J.H. and S.J. Schwartz. 2006. Pigments in plant foods, in *Handbook of science, technology and engineering* by Y.J. Hui. Taylor & Francis, Boca Raton, FL. pp 14.1-14.13
- Li, Z., G.S.V. Raghavan and N. Wang. 2010. Carrot volatiles monitoring and control in microwave drying. *LWT - Food Science and Technology* 43(2): 291-297.
- Maisuthisakula, P. and M. H. Gordon. 2009. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry* 117(2): 332-341.
- Mujumdar, A. S. 2015. Principles, classification, and selection of dryers. *Handbook of Industrial Drying*, Fourth Edition. A. S. Mujumdar. Boca Raton, FL, CRC Press, Chapter. 1: 3-29.
- Naczki, M. and F. Shahidi. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and análisis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41: 1523 –1542.
- Nimmanpipug, N. and N. Therdthai. 2013. Effect of osmotic dehydration time on hot air drying and microwave vacuum drying of papaya. *Food and Applied Bioscience J.* 1(1): 1-10.
- Ozkan, I.A., B. Akbudak and N. Akbudak. 2007. Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78(2): 577-583.
- Phisut, N. M. Rattanawedee and K.Aekkasak, 2013. Effect of osmotic dehydration process on the physical, chemical and sensory properties of osmo-dried cantaloupe. *International Food Research J.* 20(1): 189-196.

- Re, R., N. Pellegrini, A. Prolegente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourization assay. *Free Rad Biol Med.* 26: 1231-1237.
- Reis, R., A. Ramos, A. Regazzi, V. Minim y P. Stringueta. 2006. Almacenamiento de mango secado: análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial. *Cie. Tec. Alim.* 5(3): 214-225.
- Ribeiroa, S. M.; L. C. Barbosab, J. H. Queirozc, M. Knödlerd and A. Schieber. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry.* 110(3): 620-626.
- Ruiz-Rodríguez, A., F. Marín, A. Ocaña and C.Soler-Rivas. 2008. Effect of domestic processing on bioactive compounds. *Phytochemistry Reviews* 7(2): 345384.
- Schiffmann, R. F. 2015. Microwave and dielectric drying. *Handbook of Industrial Drying*, Fourth Edition. A. S. Mujumdar. Boca Raton, FL, CRC Press, Chapter. 13: 283-301.
- Solís, J. and M. Durán. 2004. Mango seed uses: termal behaviour of mango seed almond fat and its mixtures with cocoa butter. *Bioresource Technology* 92(1): 71-78.
- Soong, Y. Y. and P. J. Barlow. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry* 88(3): 411-417.
- Turkmen, N., F. Sari y Y. S. Velioglu. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry* 93(4): 713-718.