

## Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.)

Characterization of volatile compounds during watermelon juice (*Citrullus lanatus* Thunb.) spray drying

Héctor Manuel González Sánchez<sup>1</sup>, Salvador González Palomares<sup>1</sup>,  
Tábara Rosales Reyes<sup>1</sup>

González Sánchez, H. M., González Palomares, S., Rosales Reyes, T., Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.), *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 51, 10-15, 2011.

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la maltodextrina y goma arábiga en la retención de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). Se utilizó sandía de la variedad Alena. Se evaluaron tres tratamientos de encapsulantes, T1: 0.5% p/p de maltodextrina, T2: 0.5% p/p de goma arábiga y T3: 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábiga (1:1) p/p. Las condiciones del secado fueron constantes: flujo de alimentación del 15% de jugo de sandía, temperatura de secado de 190 °C y temperatura de salida de 80 °C. Se identificaron los compuestos volátiles de las muestras de sandía (antes y después del secado), usando destilación-extracción simultánea (SDE) y cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS). Se determinó que el mejor tratamiento fue T3 basado en la mayor retención de compuestos (acetato de isoamilol, decanol, fenilpropil alcohol y feniletil alcohol).

### ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effect of maltodextrin and gum arabic on the retention of volatile compounds during

**Palabras clave:** *Citrullus lanatus* Thunb., compuestos volátiles, cromatografía de gases, destilación-extracción simultánea, producto en polvo, secado por aspersión.

**Key words:** *Citrullus lanatus* Thunb., volatile compounds, gas chromatography, simultaneous distillation-extraction, powder product, spray drying.

Recibido: 17 de septiembre de 2010, aceptado: 14 de enero de 2011

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, modogdl@hotmail.com, modogdl@yahoo.com.mx

spray drying of watermelon juice (*Citrullus lanatus* Thunb.). We used watermelon variety Alena. Three treatments were evaluated for encapsulating, T1: 0.5% w/w of maltodextrin, T2: 0.5% w/w Arabic gum and T3: 0.5% of a mixture of maltodextrin DE-10 and gum arabic (1:1) w/w. The drying conditions were constant: power flow of 15% of watermelon juice, drying temperature of 190 °C and outlet temperature of 80 °C. The volatile compounds from watermelon samples (before and after drying), were identified and quantified, using simultaneous distillation-extraction (SDE) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). It was determined that the best treatment was T3 based on the major retention of compounds (isoamyl acetate, decanol, phenylpropyl alcohol and phenylethyl alcohol).

### INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) es una cucurbitácea cuyo origen se centra en países de África tropical. El cultivo de esta herbácea se ha extendido por numerosas regiones hasta llegar al Continente Americano, donde México figura dentro de sus principales países productores (Sallaya *et al.*, 2002; Quek *et al.*, 2007). La sandía tiene gran contenido de agua, por ello su valor calórico es muy bajo, contiene un promedio de 20 calorías por cada 100 gramos de pulpa. Además contiene potasio y magnesio, así como licopeno, el cual es un carotenoide con propiedades antioxidantes que le aporta la coloración roja a su pulpa (Ibarra y Flores, 1997; Nayar y More, 1998; Valdiviezo Macías, 2010). El sabor, principalmente la dulzura y el aroma distintivos de la sandía tienen una función importante para determinar la calidad de este fruto (Beaulieu y Lea, 2006), y son generados por una combinación de compuestos

no volátiles y volátiles (Hinojosa, 1983; Yajima *et al.*, 1985; Marín y Céspedes, 2007). Entre los primeros están los azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa, y ácidos como el málico, cítrico, citromálico, oxálico y ascórbico (García y Mirafuentes, 1993; Valdiviezo Macías, 2010). Respecto a los compuestos volátiles, los aldehídos, alcoholes, ésteres y terpenoides han sido reportados como los principales contribuidores al aroma (Yajima *et al.*, 1985; Beaulieu y Lea, 2006; González Palomares *et al.*, 2009).

En la actualidad es importante estudiar métodos de conservación de sandía que prolonguen la vida de anaquel de sus compuestos aromáticos, como es el secado por aspersión. En la industria de alimentos, el secado por aspersión es el método que más se utiliza para encapsular sabores y aromas (Masters, 1979; Yáñez Fernández *et al.*, 2002) con el fin de impedir su evaporación, evitar reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno o para protegerlos de la humedad y de cambios inducidos por el calor (Mourtzinis *et al.*, 2007; Quek *et al.*, 2007). Cuando se requiere encapsular sustancias bioactivas (sabores, vitaminas o aceites esenciales), el material que las contiene se mezcla con el acarreador o material pared (almidones modificados, maltodextrinas o gomas) y la mezcla se somete al secado (Yáñez Fernández *et al.*, 2002). El secado por aspersión es un proceso unitario útil para deshidratar alimentos líquidos y obtener productos en polvo con mayor vida de anaquel, siempre y cuando se apliquen condiciones adecuadas durante el proceso (Masters, 1985; Hui *et al.*, 2010). Debido a la importancia comercial y agroindustrial de la sandía, la presente investigación se dirigió hacia la encapsulación de los componentes volátiles de sandía, con el empleo de maltodextrina y goma arábiga como agentes acarreadores, y en la obtención en polvo mediante el secado por aspersión.

El objetivo es evaluar diferentes proporciones de maltodextrina y goma arábiga con base en su capacidad para la retención de compuestos volátiles en el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.).

La hipótesis consiste en que durante el proceso de secado por aspersión de jugo de sandía sin usar encapsulantes se puede perder o disminuir la concentración de sus compuestos volátiles en el producto en polvo, y esto se mejora empleando maltodextrina y goma arábiga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de jugo de sandía

Se utilizaron sandías de la variedad Alena, procedentes de un campo de producción de La Huerta, Jalisco, México. Se emplearon sandías en punto de maduración de consumo y tenían un peso promedio de 2.5 kg. Las sandías se lavaron con agua destilada y se descascararon. La pulpa se fraccionó en segmentos con un cuchillo y se prensó en un exprimidor manual para la obtención de 60 litros del jugo, el cual se filtró y conservó en refrigeración a 4 °C durante dos horas (González Palomares *et al.*, 2009).

### Aislamiento y análisis de compuestos volátiles de sandía

Los compuestos volátiles del jugo de sandía se obtuvieron por destilación-extracción simultánea (SDE) y se identificaron y cuantificaron en cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS). Estos análisis se realizaron en las muestras de sandía, antes y después del secado por aspersión con tres repeticiones (n=3). En la SDE se utilizó una mezcla de diclorometano-éter (3:1) como disolventes, los cuales se adquirieron de Merck & Co., Inc. (USA). Se usó un extractor-destilador simultáneo del diseño de Likens y Nickerson (1964), modificado por Schultz *et al.*, (1977), y se aplicó la metodología establecida previamente por González-Palomares *et al.*, (2009). Se recuperó el disolvente residual de las muestras mediante un sistema Kuderna-Danish. El concentrador se calentó a 48 °C en un termobañero. Se obtuvo un volumen final de la muestra de 0.5 mL. Se depositó cada muestra en un vial Hewlett Packard de 2 ml, provisto de un inserto de 100 µL. Las muestras de sandía preparadas por SDE se analizaron en un cromatógrafo de gases, acoplado a un detector selectivo de masas, HP6890/5973 GC-MS (Agilent Technologies, Wilmington, DE; formerly Hewlett-Packard, Palo Alto, CA). Se usó una columna DB-5 30 m x 0.25 mm de ID x 1 µm de espesor de película (J & W Scientific, Folsom, CA.). Se aplicó una temperatura inicial del horno de 60 °C durante cinco minutos, y se incrementó a razón de 10 °C por minuto hasta llegar a una temperatura final de 250 °C; las temperaturas del inyector y del detector fueron de 220 y 260 °C, respectivamente. Se empleó helio grado cromatográfico con un flujo de 0.8 mL/min, como gas acarreador (INFRA, S.A.). La identificación de componentes volátiles se realizó por comparación espectral de los picos del cromatograma de iones totales con los compuestos de una biblioteca Wiley 275L ins-

talada en el GC-MS. La cuantificación se basó en los porcentajes de área de los picos identificados en el cromatograma (González Palomares *et al.*, 2009).

#### Encapsulación y secado por aspersión de sandía

Con el extracto de sandía se formaron ocho muestras de siete litros cada una, para el secado por aspersión. Se evaluaron tres tratamientos de encapsulantes y un testigo T0: sin encapsulantes, T1: 0.5% p/p de maltodextrina DE-10, T2: 0.5% p/p de goma arábiga y T3: 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábiga (1:1) p/p, con una repetición. La maltodextrina DE-10 y goma arábiga se adquirieron en *Aranceles Arancia* de Guadalajara, Jalisco, México. El secado de las muestras se realizó en un secador por aspersión NIRO con capacidad de 40 kg de agua evaporada por hora (Figura 1). Las condiciones del secado fueron constantes: flujo de alimentación del 15% de jugo de sandía, velocidad del atomizador rotatorio de 25,000 rpm, temperatura de secado de 190 °C y temperatura de salida de 80 °C. Las muestras secadas por aspersión se pesaron en una balanza analítica y se envasaron en frascos de vidrio.

#### Determinación del contenido de humedad en el polvo de sandía

Se determinó el contenido de humedad en las muestras de sandía en polvo secadas por aspersión mediante el método de secado en estufa con base en la norma 934.06-AOAC (AOAC, 1996).

#### Reconstitución de las muestras, análisis de compuestos volátiles y pH

Se reconstituyeron porciones de cada muestra en agua destilada hasta obtener 12% de sólidos solubles (misma cantidad que había en el extracto original de sandía). Se usó una parrilla con agitación magnética, sin usar calentamiento. En todas las muestras, se analizaron los compuestos volátiles por el método de SDE y GC-MS (en las condiciones como se realizó antes del secado), y se determinó el pH en un potenciómetro *Termo Orion*.

#### Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA ( $P < 0.05$ ) y se realizaron las comparaciones de medias de Diferencia Mínima Significativa (DMS de Duncan con  $P < 0.05$ ) mediante el Sistema de Análisis Estadístico (SAS). Se analizaron los datos promedio de tres repeticiones de los compuestos volátiles en las muestras del jugo de sandía secado por aspersión (SAS, 1999).

## RESULTADOS

#### Compuestos volátiles identificados en las muestras de sandía

Se identificaron y semicuantificaron 24 compuestos volátiles en sandía (*Citrullus lanatus* Thunb. variedad Alena), procedente de un campo de producción de La Huerta, en Jalisco, México (Tabla 1). En la columna Tx de la Tabla 1 se presentan los compuestos identificados en el extracto original (antes del secado por aspersión). El testigo T0 enlista los compuestos determinados en las muestras secadas por aspersión sin encapsulantes. En estas muestras se observa que disminuyó significativamente la concentración de los compuestos en comparación, tanto con el extracto original (Tx), así como con el tratamiento con 0.5% p/p de maltodextrina DE-10 (T1), con 0.5% p/p de goma arábiga (T2) y con el T3, donde se usó 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábiga p/p (1:1). Mediante las compara-



Figura 1. Secador por aspersión *Niro* usado para obtener sandía en polvo.

**Tabla 1.** Compuestos identificados en las muestras de sandía

Nombre del compuesto:	Concentración relativa de los compuestos de las muestras de sandía (% de área):				
	Tx	T0	T1	T2	T3
$\beta$ -Cariofileno	1.02 <sup>a</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>
Etil $\gamma$ -oxoseneconato	1.60 <sup>a</sup>	0.40 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.10 <sup>b</sup>	1.60 <sup>a</sup>
$\alpha$ -Cadineno	0.80 <sup>a</sup>	--	0.75 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>
3,7-dimetil-2,6-octadienal	1.35 <sup>a</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	0.70 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>	1.30 <sup>a</sup>
(E)-Geranil acetona	2.00 <sup>a</sup>	96 <sup>b</sup>	98 <sup>b</sup>	95 <sup>b</sup>	1.98 <sup>a</sup>
Acetato de isoamilo	7.00 <sup>a</sup>	3.60 <sup>c</sup>	4.60 <sup>b</sup>	4.65 <sup>b</sup>	6.99 <sup>a</sup>
Acetato de hexilo	3.10 <sup>a</sup>	1.00 <sup>c</sup>	1.50 <sup>b</sup>	1.55 <sup>b</sup>	3.06 <sup>a</sup>
Acetato de etilo	2.93 <sup>a</sup>	1.10 <sup>c</sup>	1.80 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>	2.90 <sup>a</sup>
Acetato de octilo	2.40 <sup>a</sup>	1.01 <sup>c</sup>	1.50 <sup>b</sup>	1.48 <sup>b</sup>	2.40 <sup>a</sup>
Acetato de bencilo	3.00 <sup>a</sup>	1.12 <sup>c</sup>	1.60 <sup>b</sup>	1.55 <sup>b</sup>	2.96 <sup>a</sup>
2-metilbutirato de etilo	2.61 <sup>a</sup>	1.03 <sup>c</sup>	1.54 <sup>b</sup>	1.60 <sup>b</sup>	2.60 <sup>a</sup>
Miristato de etilo	2.09 <sup>a</sup>	0.89 <sup>c</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.43 <sup>b</sup>	2.03 <sup>a</sup>
Cinamato de metilo	1.50 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	1.40 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>ab</sup>	1.47 <sup>a</sup>
Benzoato de etilo	1.32 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	1.21 <sup>ab</sup>	1.20 <sup>ab</sup>	1.30 <sup>a</sup>
Hexanoato de etilo	2.00 <sup>a</sup>	1.00 <sup>c</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.45 <sup>b</sup>	1.95 <sup>a</sup>
Nonanal	1.84 <sup>a</sup>	0.39 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.13 <sup>b</sup>	1.80 <sup>a</sup>
Hexanal	1.58 <sup>a</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.99 <sup>b</sup>	0.96 <sup>b</sup>	1.57 <sup>a</sup>
Decanal	1.38 <sup>a</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.97 <sup>b</sup>	1.56 <sup>a</sup>
(E)-2-Octenal	1.23 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.96 <sup>b</sup>	0.97 <sup>b</sup>	1.20 <sup>a</sup>
(E)-2-nonenal	1.80 <sup>a</sup>	0.24 <sup>c</sup>	1.01 <sup>b</sup>	1.05 <sup>b</sup>	1.73 <sup>a</sup>
Decanol	4.00 <sup>a</sup>	1.50 <sup>c</sup>	2.25 <sup>b</sup>	2.19 <sup>b</sup>	4.00 <sup>a</sup>
Dodecenol	3.15 <sup>a</sup>	1.32 <sup>c</sup>	2.20 <sup>b</sup>	2.25 <sup>b</sup>	3.13 <sup>a</sup>
Fenilpropil alcohol	3.80 <sup>a</sup>	1.50 <sup>c</sup>	2.51 <sup>b</sup>	2.60 <sup>b</sup>	3.76 <sup>a</sup>
Feniletil alcohol	3.59 <sup>a</sup>	1.04 <sup>c</sup>	2.60 <sup>b</sup>	2.54 <sup>b</sup>	3.54 <sup>a</sup>
<b>Total de compuestos:</b>	24	23	24	24	24

Los datos de cada compuesto que comparten las mismas letras en diferentes tratamientos (observado en renglón), indican que no tuvieron diferencia significativa (DMS por Duncan P<0.05, n=3). Tx: extracto original (sin secar por aspersión), T0: sin encapsulantes, T1: 0.5% p/p de maltodextrina DE-10, T2: 0.5% p/p de goma arábica y T3: 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábica (1:1) p/p.

ciones de medias de DMS se determinó que fue mejor el tratamiento T3, correspondiente al uso de 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábica (1:1) p/p. En este tratamiento de compuestos volátiles en el producto de sandía en polvo secado por aspersión, no hubo diferencia significativa con el extracto original (Tx). Por lo anterior, se aceptó la hipótesis planteada, considerando que se encontró que en el proceso de secado por aspersión de jugo de sandía sin usar encapsulantes disminuyó la concentración de sus compuestos volátiles en el producto en polvo, y esto se mejoró empleando maltodextrina y goma arábica.

#### Propiedades físico-químicas de las muestras en polvo

En la Tabla 2 se observó que el tratamiento T3 en el que se utilizó la mezcla de maltodextrina DE-

10 y goma arábica (1:1) p/p, en el secado por aspersión de las muestras de sandía, se obtuvo el mayor peso, un porcentaje de humedad adecuado para productos alimenticios en polvo (3.0%) y no hubo variación del pH, entre el producto deshidratado y el extracto original (antes de secar por aspersión).

**Tabla 2.** Resultados del peso, contenido de humedad de las muestras en polvo y pH de las muestras de jugo de sandía reconstituídas

Variable evaluada:	Tratamientos de encapsulantes:			
	T0	T1	T2	T3
<b>Peso (g)</b>	75	110	122	125
<b>Humedad (%)</b>	4.0	3.0	3.1	3.0
<b>pH</b>	5.4	5.7	5.7	5.4



## DISCUSIÓN

Los encapsulantes utilizados en este trabajo ayudaron a conservar los compuestos volátiles durante el secado por aspersión del jugo de sandía. López *et al.*, (2009) también encontraron que el sistema goma arábica-maltodextrina es adecuado para encapsular aceites fijos u otras sustancias de interés mediante secado por aspersión, con una eficiencia de encapsulación superior al 90% y que los compuestos presentes no sufren transformaciones. Considerando el estudio de González Palomares (2009), existe la posibilidad de que los encapsulantes formaran una película o pared viscoelástica que tuvo la elasticidad suficiente para adquirir la morfología de las micropartículas del producto y a la vez fue lo selectivamente permeable para permitir la evaporación del agua durante el secado por aspersión de sandía. De esta forma, los encapsulantes proporcionaron mayor estabilidad química y protegieron la degradación de compuestos. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos de encapsulantes durante el secado por aspersión de sandía, siendo mejor el T3.

En el tratamiento T3 en el que se utilizó la mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábica p/p (1:1), en el secado por aspersión de las muestras de sandía, se obtuvieron un rendimiento de producto en polvo, contenido de humedad y estabilidad de pH similares a los que reportaron Quek *et al.*, (2007) en su estudio de las propiedades físico-químicas de polvo de sandía secado por aspersión. Esto coincide también con una mayor conservación de compuestos volátiles en el producto en polvo, por lo que se recomienda el tratamiento T3 para este proceso de secado por aspersión de sandía.

Los ésteres fueron los compuestos de mayor presencia en el jugo de sandía, particularmente, el éster acetato de isoamilo fue el compuesto más abundante. La mayoría de los ésteres mostrados en este estudio tuvieron una concentración similar a la que reportaron Sisido *et al.*, (1960). También se encontraron coincidencias con Yajima *et al.*, (1985) en los compuestos: geranil acetona,

nonanal, hexanal, (E)-2-octenal, dodecenol y fenil etil alcohol, así como con Beaulieu y Lea (2006) en la presencia de (E)-geranil acetona, nonanal, hexanal, (E)-2-octenal y (E)-2-nonenal. Los compuestos identificados en este estudio coincidieron con González Palomares *et al.*, (2009), debido a que se utilizó la misma variedad de sandía y el mismo método de extracción y análisis de componentes. Dentro de los compuestos aislados del jugo de sandía en esta investigación, los acetatos (i.e. acetato de hexilo, acetato de bencilo), algunos otros ésteres (i.e. hexanoato de etilo), aldehídos  $C_6$  y  $C_9$  [i.e. hexanal, (E)-2-nonenal], y cetonas (i.e. geranil acetona) han sido considerados como importantes contribuidores al aroma y sabor de sandía y melón (Yajima *et al.*, 1985; Beaulieu y Grimm, 2001; Beaulieu y Lea, 2006). Los demás compuestos detectados en este estudio (Tabla 1), no coincidieron con los trabajos de Sisido *et al.*, (1960), Yajima *et al.*, (1985); Beaulieu y Grimm (2001), Beaulieu y Lea (2006). Estas diferencias pueden deberse a que los componentes volátiles que contienen las plantas pueden variar con base en la etapa de desarrollo vegetativo, las condiciones agronómicas de producción, las variedades del cultivo, así como también considerando los métodos y condiciones usados en la extracción y análisis de compuestos (González Palomares *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

Los tratamientos de encapsulantes empleados durante el secado por aspersión tuvieron un efecto positivo en la retención de compuestos volátiles en el jugo de sandía en polvo, por lo que se comprobó la hipótesis planteada. El mejor tratamiento fue el correspondiente al uso de 0.5% de una mezcla de maltodextrina DE-10 y goma arábica (1:1) p/p. Este producto se puede utilizar en la elaboración de aguas frescas de sandía y en la obtención de otros productos industriales, como son dulces, mermeladas, así como también es fuente de beta caroteno. Es importante continuar con estudios posteriores para determinar otras aplicaciones de este producto de sandía en polvo, en cuestiones medicinales y propiedades antioxidantes.

LITERATURA CITADA

- AOAC, Official methods of analysis. 18<sup>th</sup> Association of Official Analytical Chemists. U.S.A., 1996.
- BEAULIEU, J.C. and C.C. GRIMM, Identification of Volatile Compounds in Cantaloupe at Various Developmental Stages Using Solid Phase Microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3): 1345-1352, 2001.
- BEAULIEU, J.C. and J.M. LEA, Characterization and Semiquantitative Analysis of Volatiles in Seedless Watermelon Varieties Using Solid-Phase Microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7789-7793, 2006.
- GARCÍA, P.F. y H. MIRAFUENTES, Manual de producción de sandía de humedad residual en el Estado de Tabasco. Tabasco: INIFAP-SARH, 16 pp., 1993.
- GONZÁLEZ PALOMARES, S., et al., Análisis de compuestos volátiles en cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *Revista Acta Universitaria*, 20(1): 19-24, 2010.
- GONZÁLEZ PALOMARES, S., et al., Comparación de dos métodos de extracción de compuestos volátiles en sandía (*Citrullus lanatus* T.). *Revista Quehacer Científico en Chiapas*, 1(7): 23-27, 2009.
- GONZÁLEZ PALOMARES, S., Secado por aspersión de noni (*Morinda citrifolia* L.). *Revista UNACAR Tecnociencia*, 3(1): 47-57, 2009.
- HINOJOSA, S.R., Experiencias obtenidas en el ensayo de rendimiento de seis variedades de sandía (*Citrullus vulgaris*) en la zona de la Chontalpa, Tabasco. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical, H. Cárdenas. Tabasco, 60, 1983.
- HUI, L.Y., et al., Encapsulization of *Channa striatus* extract by Spray Drying Process. *Journal of Applied Sciences*, 10(21): 2499-2507, 2010.
- IBARRA, J.L., y V.J. FLORES, Acolchado plástico, cubiertas flotantes y desarrollo y rendimiento de sandía y calabacita. *Revista Agrociencia*, 31,9-14, 1997.
- LIKENS, S.T., and G.B. NICKERSON, Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *Proc. Am. Soc. Brew. Chem.*, 5-13, 1964.
- LÓPEZ, H.O.D. et al., Características del aceite de semillas de *Cucurbita pepo* L. microencapsulado mediante secado por aspersión con maltodextrina y goma arábiga. *Latin American Journal of Pharmacy*, 28(4): 628-632, 2009.
- MARÍN, L.J.C. y C.L. CÉSPEDES, Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4): 327-351, 2007.
- MASTERS, K., *Spray Drying Handbook*. 3 ed., New York: Halsted Press, 687, 1979.
- MASTERS, K., *Spray Drying Handbook*. 4 ed., England: George Godwin Ltd., 1985.
- MOURTZINOS, I., et al., Encapsulation of olive leaf extract in  $\beta$ -cyclodextrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 8088-8094, 2007.
- NAYAR, N.M., and T.A. MORE, *Cucurbits*. Enfield, New Hampshire, USA: Science Publishers, Inc., 340 pp., 1998.
- QUEK, S.Y., et al., The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46(5): 386-392, 2007.
- SALAYA, D.J.M., et al., Propuesta del cultivo de la sandía (*Citrullus vulgaris*) al potencial del agua en el suelo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 127-133, 2002.
- SAS, Statistical Analysis System, Replace 8.0. Cary, NC; U.S.A., SAS Institute Inc., 1999.
- SCHULTZ, T.H. et al., Isolation of volatile components from a model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(3): 446-449, 1977.
- SISIDO, K., et al., Synthesis of gamma-Oxosenecioates, Flavor of Watermelon. *Journal of American Chemical Society*, 82: 2286-2288, 1960.
- VALDIVIEZO MACÍAS, J.A., Extracción del Carotenoide Licopeno a partir de los Rechazos Post Cosecha del Mercado Interno de *Citrullus lanatus* (sandía) para su futura aplicación en alimentos. Tesis de Ingeniero en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador, 129, 2010.
- YAJIMA, I., et al., Volatile Flavor Components of Watermelon (*Citrullus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Biological Chemistry*, 49(11): 3145-3150, 1985.
- YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J., et al., Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Avance y Perspectiva*, 21: 313-319, 2002.