

## Elaboración de una botana de nopal obtenida por deshidratación osmótica

J.O. Rodiles-López, R.A. Manivel-Chávez, R. Zamora-Vega, H.E. Martínez-Flores\*  
 Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.  
 Morelia, Mich., México. Tzintzuntzan 173. Col. Matamoros. Morelia, Mich., México  
 (Received: October 22nd, 2015; Accepted: April 27th, 2016)

Se elaboró una botana de nopal mediante deshidratación osmótica. El proceso de deshidratación se llevó a cabo con una relación nopal:jarabe 1:2 y usando sacarosa como agente osmótico. Las piezas de nopal se introdujeron en el jarabe a tres diferentes condiciones de temperatura (40, 60 y 80 °C), tiempos de remojo (6, 8 y 10 h) y una concentración de jarabe de 50, 60 y 80 grados Brix (°Bx), de acuerdo a un diseño experimental Box-Behnken. Las condiciones óptimas de proceso fueron: solución osmótica de 50 °Bx, temperatura de 80 °C y 6 h de inmersión del nopal en la solución osmótica y con una humedad final de 40.3 %. El producto de la deshidratación osmótica fue secado a 62 °C por 3 h en una estufa, y obteniéndose una humedad final de 8.5 % y con una actividad de agua de 0.696.

*Palabras clave:* botana; nopal; deshidratación osmótica; secado.

A snack from cactus was prepared by osmotic dehydration. The process of osmotic dehydration was performed with a relationship cactus:syrup sucrose 1:2, using sucrose as osmotic agent. Nopal strips were introduced in the syrup at three different temperature conditions (40, 60 and 80 °C), soaking times (6, 8 and 10 h) and three different syrup concentrations of 50, 60 and 80 degrees Brix (°Bx) according to a Box-Behnken experimental design. The optimum process conditions were: osmotic solution of 50 °Bx, temperature of 80 °C and 6 h immersion of cactus in osmotic solution, obtaining the snack with a final moisture content of 40.3 %. The osmotic dehydration product was dried at 62 °C for 3 h in an oven, obtaining a final moisture content of 8.5 % and water activity of 0.696.

*Keywords:* sweet snack; cactus; osmotic dehydration; drying.

### Introducción

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una cactácea endémica de América que se desarrolla en regiones áridas y semiáridas [1], aunque puede crecer en una gran diversidad de climas. En México, el nopal existe tanto en forma silvestre como en cultivo programado. En el año 2014 la superficie cosechada fue de 12,038 Ha, con una producción de 824,602 ton y una derrama económica de  $1.6 \times 10^9$  pesos mexicanos, destinado exclusivamente para nopal de consumo humano [2].

El nopal posee 94 % de agua, tiene 1.32 % de proteína y 3.3 % de carbohidratos, donde 2.2 % corresponde a fibra dietética [3]. El nopal tiene propiedades hipoglucémicas e hipercolesterolémicas, antiinflamatorias, antígenotóxicas, hipotensas, inmunomodulatorias, antivirales, antioxidante y dichas propiedades son atribuidas principalmente a su contenido de fibra [4]; el tipo de fibra que posee el nopal fundamentalmente es el mucílago que es de tipo soluble [5].

El nopal es utilizado como alimento humano en diferentes presentaciones, como verdura cruda o cocida, en licuados mezclados con otros vegetales y frutas, adicionado a otros alimentos, o procesado para obtención de dulces y botanas. Las botanas no son consideradas como alimentos principales y se consumen para satisfacer el hambre temporal o por placer. Existen diferentes tipos de botanas, sin embargo, las relacionadas a frutas y vegetales generalmente se consumen en forma deshidratada. Es por ello que se debe buscar tecnologías que preserven tanto los atributos de calidad como los nutrientes y compuestos bioactivos contenidos en el producto a deshidratar [6]. Los atributos de calidad que se

requieren conservar cuando un fruto es sometido a proceso de deshidratación osmótica (DO) es una textura homogénea en todo el fruto, ya que en otros procesos de deshidratación donde se usa calor se obtiene una superficie externa dura y al interior suave. Asimismo, las bajas temperaturas aplicadas durante la DO permiten preservar compuestos bioactivos termolábiles, como los fenólicos, carotenoides y el ácido ascórbico. Además, se evita el deterioro microbiano y con ello se extiende la vida de anaquel del producto [7,8].

La DO es una tecnología utilizada para la conservación de alimentos y consiste en la eliminación parcial del agua de los alimentos mediante la inmersión de los mismos en una solución hipertónica conteniendo un soluto osmótico. Debido a los gradientes de concentración se dan por lo menos dos flujos concurrentes: un flujo de agua del alimento hacia la solución y una transferencia simultánea de solutos desde la solución hacia el alimento [9]. Existe un tercer flujo que es la lixiviación parcial de ciertos solutos del alimento hacia la solución osmótica, como azúcares, fibras, ácidos orgánicos, vitaminas y minerales. El proceso termina cuando se llega al equilibrio osmótico. La DO se aplica principalmente a alimentos con alta humedad como frutas y vegetales [10], y es preferida sobre otros métodos debido a que en los productos finales se preserva su color, aroma y nutrientes [11]. La DO usualmente se utiliza como proceso de desecado anterior a otro proceso de conservación para abaratar costos de producción [12].

Los principales factores que afectan la velocidad de la DO son el tipo de alimento, tamaño y geometría, concentración de solución osmótica (°Bx), presión, temperatura, tiempo de

\* hedu65@hotmail.com

**Tabla 1.** Diseño experimental del proceso de deshidratación osmótica de nopal.

	Concentración (°Bx)	Tiempo (h)	T (°C)	Ecuación	R <sup>2</sup>	PO	%HF	Flavor
1	50	8	40	$y = + 0.374x^2 - 08.609x + 89.554$	0.99	3.8	43.9	4.8
2	50	6	60	$y = + 1.317x^2 - 15.431x + 89.419$	0.98	4.0	43.3	5.6
3	50	10	60	$y = + 0.507x^2 - 09.515x + 87.311$	0.97	4.0	40.8	5.3
4	50	8	80	$y = + 1.397x^2 - 17.661x + 87.656$	0.97	4.3	33.3	5.6
5	60	6	40	$y = - 0.017x^2 - 07.414x + 89.148$	0.98	4.6	42.8	6.2
6	60	10	40	$y = + 0.551x^2 - 09.434x + 86.299$	0.94	4.6	45.5	6.0
7	60	8	60	$y = + 1.070x^2 - 13.662x + 86.332$	0.94	4.9	43.6	5.3
8	60	8	60	$y = + 1.092x^2 - 13.889x + 86.044$	0.94	4.9	42.7	5.6
9	60	8	60	$y = + 1.196x^2 - 15.060x + 87.116$	0.96	4.9	41.0	5.5
10	60	8	60	$y = + 0.996x^2 - 13.448x + 87.637$	0.96	4.9	41.9	5.7
11	60	8	60	$y = + 0.934x^2 - 12.994x + 87.885$	0.96	4.9	41.6	5.8
12	60	6	80	$y = + 2.855x^2 - 26.439x + 88.156$	0.97	5.1	30.6	6.0
13	60	10	80	$y = + 0.965x^2 - 14.449x + 84.050$	0.94	5.1	32.3	4.7
14	70	8	40	$y = + 0.243x^2 - 07.105x + 88.690$	0.98	5.3	46.4	5.7
15	70	6	60	$y = + 1.549x^2 - 17.525x + 92.139$	0.99	5.7	43.2	4.5
16	70	10	60	$y = + 0.964x^2 - 14.590x + 81.561$	0.91	5.7	27.7	5.2
17	70	8	80	$y = + 1.355x^2 - 18.044x + 89.235$	0.99	6.0	30.3	4.1

y = % Humedad; x = tiempo de proceso (h); PO = Presión Osmótica (MPa); % HF = % Humedad final

proceso y la agitación del sistema. De acuerdo con Sereno *et al.* [13], normalmente, se usan como solutos la sacarosa o cloruro de sodio, aunque se puede usar una combinación de ambos. La pérdida de agua de la fruta reduce considerablemente la actividad de agua ( $A_w$ ) del alimento, evitando el crecimiento microbiano [14]. Aumentar la temperatura de proceso acelera la velocidad de pérdida de agua, ya que hay una disminución de la viscosidad del jarabe y una abertura mayor en los poros de la membrana celular favoreciendo el flujo de transferencia [15].

El objetivo de esta investigación fue elaborar una botana dulce a partir de la deshidratación osmótica de nopal, variando diferentes condiciones de proceso como son: relación de solución sacarosa y nopal, concentración de la solución osmótica usando sacarosa, temperatura y tiempo de exposición del nopal en el jarabe.

## Materiales y Métodos

### Materia prima

Se utilizaron pencas de nopal cosechadas en Michoacán, México. Se les eliminaron las espinas, se lavaron con agua y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por inmersión durante 3 min; después, las pencas fueron escurridas y lavadas con agua destilada y secadas al aire. Posteriormente, fueron cortadas en tiras de 10 cm de largo y 1 cm de ancho.

### Deshidratación osmótica

Para la DO de nopal se utilizó una relación nopal-solución osmótica de 1:2 (w/v). Para ello, 250 g de nopal se colocaron en 500 mL de la solución osmótica. La

concentración de cada solución osmótica fue reportada como grados Brix (°Bx), y se corroboró usando un refractómetro marca Bausch and Lomb. Las pruebas de DO se basaron en un diseño experimental de superficie de respuesta de Box-Behnken, el cual consistió en realizar 17 corridas con 5 repeticiones en el punto central (Tabla 1). Se manejaron 3 variables de proceso con tres niveles cada una: temperatura (40, 60 y 80 °C), concentración de la solución osmótica (50, 60 y 70 °Bx), y tiempo de procesamiento (6, 8 y 10 h). Las pruebas se realizaron usando una olla de acero inoxidable a presión atmosférica, de la siguiente manera: se preparó la solución osmótica a la concentración deseada y se calentó el jarabe a la temperatura de proceso. Se colocaron las tiras de nopal cortado dentro de la solución osmótica y se mantuvo la muestra con agitación cada 15 min durante el tiempo total de proceso según el diseño experimental. Se determinó la humedad del nopal inmerso en el jarabe cada 60 min., así como los grados Brix, y cuando fue necesario se agregó agua para mantener constante la concentración del jarabe, ya que ésta se perdió parcialmente por evaporación. Al final los trozos de nopal se retiraron de la solución osmótica, se les midió el contenido de humedad final y se les realizaron pruebas de análisis sensorial. Los resultados de humedad y del análisis sensorial se analizaron estadísticamente.

Posteriormente, se buscaron las condiciones óptimas de proceso, jerarquizándose en primer lugar los resultados del análisis sensorial y después las condiciones de proceso; y éstas últimas dando prioridad a la temperatura, después al tiempo de proceso y por último a la concentración osmótica. A partir de este análisis se seleccionaron los parámetros óptimos de DO tal como se discute en la sección 3.3.

Para la evaluación sensorial aplicada a cada una de las

**Tabla 2.** Composición química del nopal deshidratado osmóticamente.

Componente Químico	Nopal Fresco Crudo		Nopal Deshidratado 50 °Bx; 80 °C; 6 h	
	Base Húmeda	Base Seca	Base Húmeda	Base Seca
% Humedad	93.45	-	40.32	-
% Carbohidratos	4.19	63.97	44.39	74.38
% Fibra	0.61	9.31	2.69	4.51
% Proteína	0.60	9.16	5.22	8.75
% Lípidos	0.12	1.83	0.68	1.14
% Cenizas	1.03	15.73	6.70	11.23

muestras procesadas por DO se utilizó una escala hedónica de 0 a 10, siendo 10 la máxima puntuación y usando 20 panelistas no entrenados con edades que oscilaron entre los 20 y 23 años de edad. Se evaluaron propiedades de color, sabor y textura. Se realizó un promedio de cada una de ellas y se reportó como flavor.

#### Secado en estufa

El producto seleccionado como óptimo, de la DO, se secó en una estufa, para lo cual se colocaron las tiras de nopal sobre las rejillas de la estufa a una temperatura de 62 °C a diferentes tiempos: 30, 60, 180, 210, y 240 min. Se determinó la humedad final al producto terminado para cada tiempo de experimentación y se realizó nuevamente un estudio sensorial, tal como se describió previamente. Se seleccionó la mejor muestra y se le determinó su actividad de agua.

#### Composición química

Se determinaron los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo, y fibra cruda de acuerdo a los métodos recomendados por Normas Mexicanas, y siendo éstos NMX-F-083-1986, NMX-F-066-S, NMX-F-089-S-1978 y NMX-F-090-S, respectivamente, a la muestra seleccionada como óptima y al nopal crudo (Tabla 2). Los carbohidratos totales se determinaron con la técnica de Clegg-Anthrone [16].

#### Análisis estadístico

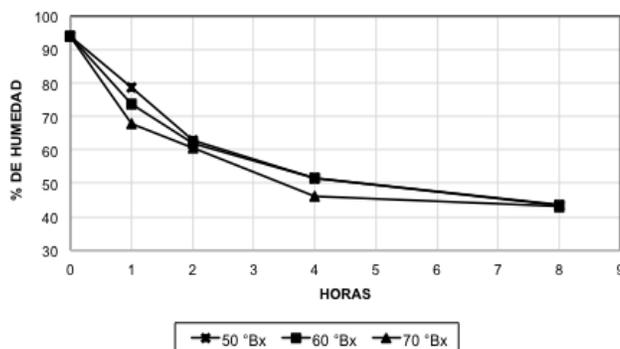
Se utilizó un diseño experimental Box-Behnken para evaluar el efecto de las tres condiciones de proceso seleccionadas: temperatura, tiempo, y concentración de sacarosa. El diseño y las corridas se obtuvieron mediante el software Design-Expert v7 (2005) de Stat-Ease Corporation (Minneapolis, MN, Estados Unidos). El análisis de resultados incluyendo el modelo matemático, el análisis de regresión, análisis de varianza y obtención de las condiciones óptimas de proceso se realizaron con el mismo software.

## Resultados

#### Deshidratación Osmótica

Para el estudio de DO las tiras de nopal estuvieron sumergidas en la solución osmótica durante todo el proceso

#### DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA. 60 °C



**Figura 1.** Deshidratación osmótica del nopal a una relación de nopal-jarabe de sacarosa de 1:2 w/v y temperatura de 60 °C.

para evitar problemas de oxidación química de la materia prima. La mezcla estuvo en agitación periódica. La agitación es necesaria durante la DO ya que reduce la resistencia externa a la transferencia de masa, incrementando la pérdida de agua y la entrada de soluto en el producto [17].

En todas las corridas se observó la misma conducta: pérdida de agua con respecto al tiempo y una tendencia asintótica. El nopal perdió humedad rápidamente durante las primeras horas hasta un punto en que la pérdida fue lenta. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra que a una temperatura de 60 °C a diferentes concentraciones de jarabe de sacarosa durante las primeras 4 h la deshidratación fue rápida, ya que el contenido de humedad inicial del nopal fue de 93.5 % y bajaron en promedio hasta 49.64 % en las diferentes concentraciones de grados °Bx estudiadas. Posteriormente, de la hora 4 a la 8 la pérdida ya fue mínima, alcanzando un contenido de humedad final de 43.37 %. Esto último debido a que el producto y la solución osmótica llegaron a un equilibrio de presiones a través de la membrana celular y ello disminuyó el proceso de ósmosis, reduciéndose la velocidad de deshidratación.

Lo anterior se debe a que al inicio del proceso la velocidad de DO es alta debido a que la diferencia en la presión osmótica entre la solución y el alimento es alta. Posteriormente, la pérdida de agua y la entrada del soluto disminuye porque el gradiente de concentración entre la solución y el alimento decrece en función del tiempo [17].

La velocidad de deshidratación y la pérdida final de humedad dependieron directamente de las tres variables de proceso: concentración, temperatura y tiempo. Se observó que al aumentar cada una de ellas aumento la velocidad de deshidratación y la pérdida de humedad, y se observó un efecto sinérgico entre las mismas; es decir, cuando hay un aumento simultáneo de 2 o de las 3 variables en estudio, existió un efecto favorable en la pérdida de humedad de la materia prima.

En la Tabla 1 se presentan los valores de presión osmótica para cada una de las corridas, y calculadas mediante:

$$PO = \frac{nRT}{V} \quad (1)$$

En donde:

$PO$  = Presión osmótica en Pascales

$n$  = Número de moles  
 $R$  = Constante de los gases (8.314 J/Kmol)  
 $T$  = Temperatura (Kelvin)  
 $V$  = Volumen (m<sup>3</sup>)

Acorde a este modelo, la presión osmótica de cada solución es dependiente directamente de la temperatura y la concentración de azúcar de la solución osmótica (°Bx).

Al aumentar la presión osmótica aumenta la pérdida de humedad del alimento. Así por ejemplo, en la corrida 1 se tiene una presión osmótica de 3.8 MPa y con una humedad de 43.9 %, mientras que en la corrida 17 se tiene una presión osmótica de 6.0 MPa y con una humedad final de 30.3 %.

En la Tabla 1 se muestra la humedad final del nopal y se establecieron modelos matemáticos de tipo cuadrático para cada una de las corridas experimentales entre la humedad y el tiempo de DO. Todos los modelos fueron significativos y se observaron valores de correlación (R<sup>2</sup>) mayores a 0.91. Las ecuaciones para cada corrida se obtuvieron midiendo cada hora el valor de humedad en el nopal. Manivannan y Rajasimman [18], señalan que son ecuaciones tipo cuadráticas las que mejor describen el fenómeno de DO en cuanto a la pérdida de agua y ganancia de sólidos.

En general, el sistema nopal-jarabe llegó al equilibrio a una humedad promedio de 39.5 %, y con valores que van desde 27.7 % hasta 46.4 %. Suresh [19], en un experimento con piñas en rodajas menciona que la pérdida de humedad por DO estuvo en el rango de 45 % a 35 % a 70 °Bx, 6 h de inmersión y 55 °C, e indicó que todas las variables de proceso tuvieron un efecto significativo sobre el fenómeno de ósmosis.

En nuestro estudio se evaluaron las propiedades sensoriales del producto terminado para cada una de las corridas experimentales. En la Figura 1 se muestran los resultados de color, sabor y textura y a partir de estos resultados se calculó el flavor (Tabla 1). Se observó que los productos con humedades mayores al 40 % no gustaron a los panelistas, debido a la presencia del mucílago del nopal. Uno de los efectos de la DO es que hay una pérdida del mucílago del nopal; sustancia que aporta una sensación viscosa poco agradable. Al aumentar la pérdida de humedad, aumento la pérdida del mucílago, y eso hizo que el producto tuviera mejores atributos sensoriales, particularmente la textura y el sabor.

Seguí *et al.* [20], mencionan que las modificaciones en los tejidos de la fruta como consecuencia de la transferencia de masa y los fenómenos de deformación dependen de varios factores, como las características de la fruta, variables de proceso y soluto usado. Nosotros observamos cambios de color muy marcados que dependieron de la concentración de la solución osmótica, temperatura y tiempo de proceso. La variable que más influyó fue la temperatura donde las muestras a temperaturas altas presentaron colores muy oscuros.

**Secado en estufa**

La muestra obtenida por DO fue secada en una estufa a 62 °C y se evaluó la pérdida de humedad a diferentes

**Sensorial. Deshidratación Osmótica**

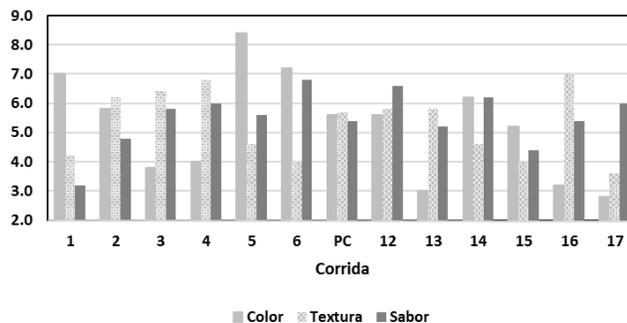


Figura 2. Análisis Sensorial. Nopal deshidratación Osmótica. PC corresponde al Punto Central (corridas 7-11).

tiempos, desde 30 a 240 min. En base a este experimento se estableció un tiempo de secado óptimo de 3 h, ya que tiempos mayores provocan cambios no deseables de color en el producto. La humedad final del producto fue de 8.5 % y su actividad de agua de 0.696. Lombard *et al.* [21], señalan que la DO es una tecnología de deshidratación parcial, y que en general sirve como preámbulo a un futuro proceso de secado para lograr un producto de baja humedad y larga vida de anaquel.

**Análisis estadístico**

El análisis de resultados por medio del software Design Expert permitió obtener una ecuación global (2) para predecir la humedad final del producto deshidratado bajo las tres condiciones de proceso: temperatura, tiempo y concentración osmótica. El modelo tuvo un valor de confiabilidad de 96.75 % y una R<sup>2</sup> de 0.848.

$$\begin{aligned}
 \text{Humedad \%} = & -129.745 + 3.18225A + 17.445B \\
 & + 0.83213C - 0.1625AB - 0.00688AC \\
 & + 0.00625BC - 0.01368A^2 \\
 & - 0.51062B^2 - 0.00579C^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Donde

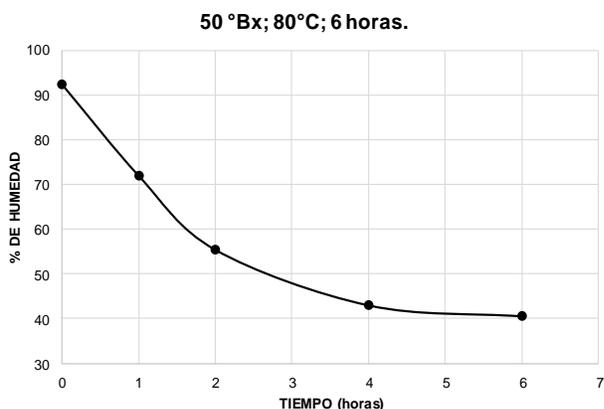
- A = Concentración en °Bx
- B = Tiempo en horas
- C = Temperatura en °C

Este software también permitió obtener una ecuación para predecir las propiedades sensoriales evaluadas en conjunto como flavor (3), y que corresponde al promedio de color, sabor y textura. La ecuación tiene una confiabilidad de 99.62 % y una R<sup>2</sup> de 0.996. No se incluyen los valores cuadráticos del tiempo y la temperatura porque no fueron significativos estadísticamente.

$$\begin{aligned}
 \text{Flavor} = & -19.29306 + 0.71083A - 0.40625B \\
 & + 0.22062C + 0.01250AB + 0.003AC \\
 & - 0.00688BC - 0.00544A^2
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Donde:

- A = Concentración en °Brix
- B = Tiempo en horas
- C = Temperatura en °C



**Figura 3.** Condiciones óptimas del proceso de deshidratación osmótica del nopal realizado a 50 °Bx, temperatura de 80 °C y 6 h de reposo en la solución de sacarosa.

Finalmente se realizó un análisis global para obtener las condiciones óptimas de proceso, considerando como respuesta principal el flavor y después la pérdida de humedad. Así mismo, se le dio prioridad a la temperatura, después al tiempo de proceso y por último a la concentración osmótica como condiciones de proceso.

Las condiciones óptimas fueron 50 °Bx, 6 h y 80 °C. Acorde a estas condiciones, el análisis estadístico señaló que la humedad final del producto sería de 37.7 % y con un valor de flavor de 6.3. Sin embargo, al correr dicho experimento para corroborar los resultados se obtuvo que la concentración final de humedad real fue de 40.3 %. El error experimental tuvo un valor de 6.4 %, ya que el valor estadístico de la humedad final fue de 37.7 y el valor experimental fue 40.3. Nuestros resultados están dentro de un error estadístico aceptable de acuerdo con Minnaard *et al.* [22].

En la Figura 3 se muestra la curva de DO experimental usando las condiciones óptimas de proceso. Acorde a los modelos matemáticos (2 y 3), se pueden cambiar las condiciones de proceso y determinar el % de humedad final y flavor. Por ejemplo, si se desea usar temperatura de 50 °C, tiempo de 5 h y solución osmótica de 50 °Bx, condiciones posiblemente óptimas para un proceso industrial, nos daría una humedad final de 40.5 % y un flavor de 5.5.

#### Composición química

En la Tabla 2, se muestra la composición química del nopal deshidratado con las condiciones óptimas de proceso (50 °Bx, 80 °C y 6 h) y del nopal fresco crudo. En función al análisis se observó un incremento en los sólidos totales y una disminución de la humedad, principal objetivo del presente trabajo. El nopal fresco presentó 93.45 % de agua, y después del tratamiento baja a una humedad de 40.32 %. En el análisis base seca se observó un incremento notable en la cantidad de carbohidratos totales, donde el nopal fresco tuvo 63.97 % y el nopal deshidratado presentó 74.38 %. Lo anterior se presentó debido a que la solución osmótica está hecha con sacarosa, y el fenómeno global de DO implica por una parte la salida de agua del alimento y simultáneamente una entrada del agente osmótico al alimento. Por otro lado,

la concentración de cenizas disminuye en el nopal deshidratado con respecto al fresco. Esto es debido probablemente a un proceso de lixiviación.

También se observó una pérdida sustancial en la cantidad de fibra. La fibra del nopal está constituida principalmente por una sustancia viscosa llamada mucílago, que es una molécula similar químicamente a las pectinas y altamente soluble en agua. La fibra base seca en el nopal seco fue de 9.31 % y en el nopal deshidratado osmóticamente fue de 4.51 %. Cabe señalar que se observó la presencia de dicho mucílago en el jarabe de proceso. La concentración de lípidos y proteínas entre el nopal fresco y el nopal tratado fue similar.

#### Conclusiones

Se obtuvo un alimento tipo botana con sabor dulce a partir de nopal desecado por un proceso de deshidratación osmótica usando sacarosa como agente osmótico. El análisis estadístico indicó que las condiciones óptimas de proceso fueron 50 °Bx, 6 h de proceso y 80 °C, tomando en cuenta como primer punto el flavor, en segundo lugar la pérdida de humedad y jerarquizando en orden ascendente por temperatura, tiempo y concentración osmótica. Los mejores atributos sensoriales de color, sabor y textura se presentaron a las condiciones de 50 °Bx, 6 h y 80 °C. El valor de flavor fue de 6.3. La humedad final teórica para estas condiciones de proceso fue de 37.7 % y el valor experimental fue de 40.3 %, implicando con ello un error del 6.4 %. El producto después de la deshidratación osmótica fue sujeto a un secado en estufa a 62 °C por tres horas y se obtuvo un producto con una humedad final de 8.5 % y con una actividad de agua de 0.696, característico de los alimentos de humedad intermedia como es el caso de los productos de la deshidratación osmótica. Durante el proceso de deshidratación osmótica existió una ganancia en carbohidratos y una pérdida de fibra.

#### Referencias

- [1]. M.A. Nuñez-López, O. Paredes-López, R. Reynoso-Camacho, *J. Agric. Food Chem.* **61**, 10981 (2013).
- [2]. SIAP. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Mexico.* (2014).
- [3]. USDA. *United States Department of Agriculture. National Agricultural Library. National Nutrient Database for Standard Reference* (2014).
- [4]. L. Santos-Zea, J.A. Gutiérrez-Urbe, S.O. Serna-Saldivar, *J. Agric. Food Chem.* **59**, 7054 (2011).
- [5]. S. Rodríguez-González, H.E. Martínez-Flores, C.K. Chávez-Moreno, L.I. Macías-Rodríguez, E. Zavala-Mendoza, M.G. Garnica-Romo, L. Chacón-García, *J. Food Proc. Eng.* **37**, 285 (2014).
- [6]. S. Devahastin, C. Niamnuy, *Int. J. Food Sci. Techn.* **45**, 1755 (2010).
- [7]. F. Gómez, M. Igual, M.J. Pgán, M.M. Camacho, *CyTA J. Food* **1**, 248 (2013).
- [8]. L.M. Pereira, C.C. Ferrari, S.D.S. Mastrantonio, A.C.C. Rodrigues, M.D. Hubinger, *Drying Technol.* **24**, 475 (2006).
- [9]. M.E. Rosas Mendoza, J.L. Fernández Muñoz, *Superficies y Vacío* **25**, 8 (2012).

- [10]. L. Ramallo, R. Mascheroni, [Braz. Arch. Biol. Technol. 48, 761 \(2005\)](#).
- [11]. A.K. Yadav, S.V. Singh, [J. Food Sci. Tech. 51, 1654 \(2014\)](#).
- [12]. S. Hatem, A. Hesham, T. Mostafa, H. Gamal, [J. Am. Sci. 6, 9-383 \(2010\)](#).
- [13]. A.M. Sereno, R. Moreira, E. Martínez, [J. Food Eng. 47, 43 \(2001\)](#).
- [14]. M.N. Islam, J.N. Flink, [Int. J. Food Sci. Tech. 17, 387 \(1982\)](#).
- [15]. Y. Choi, M.R. Okos, in [Food Engineering and Process Applications, Vol. 1, Transport Phenomena](#), (eds. M. Le Maguer, P. Jelen). (London, Elsevier Applied Sciences, 1986).
- [16]. K.M. Clegg, [J. Sci. Food Agric. 7, 40 \(1956\)](#).
- [17]. F.R. Assis, R.M.S.C. Morais, A.M.M.B. Morais, [Food Eng. Rev. 8, 116 \(2016\)](#).
- [18]. P. Manivannan, M. Rajasimman, [Int. J. Chem., Mol., Nucl., Mater. and Metall. Engin. 2\(1\), 66 \(2008\)](#).
- [19]. P. Suresh Kumar, P. Devi, [Int. Food Res. J. 18, 221 \(2011\)](#).
- [20]. L. Seguí, P.J. Fito, P. Fito, [J. Food Eng. 110, 240 \(2010\)](#).
- [21]. G. Lombard, J. Oliveira, P. Fito, A. Andrés, [J. Food Eng. 85, 277 \(2008\)](#).
- [22]. S. del Puerto, S. Seminara, C. Minnaard, [Rev. Iberoam. Educ. 43\(3\) E+I \(2007\)](#).