

OSMODESHIDRATACIÓN DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus Benth*) CON TRES AGENTES EDULCORANTES

Diana Patricia Giraldo Bedoya¹; Lina María Arango Velez²
y Carlos Julio Márquez Cardozo³

RESUMEN

La investigación sobre la deshidratación osmótica de mora de castilla con tres jarabes diferentes, sacarosa (js), sacarosa invertida (jsi) y miel de caña (jmc), en iguales condiciones iniciales de concentración, 70 grados Brix, temperatura promedio de 20°C, y humedad relativa de 65% desarrollada en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, permitió conocer que el jarabe de miel de caña presenta mayor poder osmótico (69,2%) que los jarabes de sacarosa invertida (54,5%) y sacarosa (50%), medido a partir del porcentaje de pérdida de peso de la mora.

Con el proceso de estabilización del producto secado por convección forzada con aire caliente a 1,5 ms⁻¹ de velocidad y 55°C de temperatura, durante 24 horas, logrando disminuir la humedad de los tres productos hasta 27,3%hbh, 30,8%hbh y 25,9%hbh para los jarabes de sacarosa, sacarosa invertida y miel de caña, respectivamente y mejorar las condiciones de empaque y almacenamiento, haciendo más estable el producto al ataque microbiano.

Las pruebas preliminares de conservación se efectuaron en envases de vidrio de 250g durante 15 días. Se realizó además una prueba sensorial de ordenación con 10 jueces entrenados para la evaluación de las moras deshidratadas osmóticamente antes y después de la prueba de empaque y almacenamiento y como resultado se obtuvo que antes de la prueba de empaque y almacenamiento, el producto de mayor aceptación fue el correspondiente a las moras osmodeshidratadas en jarabe de sacarosa invertida y luego del empaque, la mayor aceptación fue para las moras osmodeshidratadas en jarabe de sacarosa.

Palabras claves: Osmodeshidratación, mora, miel de caña, secado.

¹ Ingeniera Industrial. Conasfalto. Departamento de Mantenimiento. Calle 49 A No. 38-33. Medellín, Colombia. <dipagibe@hotmail.com>

² Ingeniera Industrial. Calle 40 A Sur No. 45h-37. Envigado, Colombia. <limaarango@hotmail.com>

³ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <cjmarque@unalmed.edu.co>

ABSTRACT

OSMODEHYDRATION OF BLACKBERRY (*Rubus glaucus* Benth) WITH THREE SWEETENING AGENTS

Studies of osmotic dehydration of blackberry with three different syrups, sucrose (ss), reverse sucrose (rss), and cane syrup (cs) with identical initial concentration conditions, 70°Brix, mean temperature of 20°C, and relative humidity of 65% were undertaken in the Fruit and Vegetable Laboratory of the Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, showing that the cane syrup presented greater osmotic potential (69,2%) compared to the reverse sucrose (54,5%) and sucrose (50%), measured as the percentage weight loss of the blackberry samples.

With the product dehydration process of drying with forced convection hot air at 1,5 ms⁻¹ velocity and 55°C during 24 hours, it was possible to reduce the humidity of the three products to 27,3% hbh, 30,8% hbh and 25,9 % hbh for syrups of sucrose, reverse sucrose and cane syrup, respectively and improve the packaging and storage conditions, making the product more stable against microbial attacks.

An ordination sensorial test also was conducted with 10 judges trained for evaluation of osmotically dehydrated blackberries before and after the packing and storage process, the most accepted product was the one corresponding to the blackberries osmodehydrated in inverted sucrose syrup and after packaging the most accepted was blackberries osmodehydrated in sucrose syrup.

Key words: Osmodehydration, blackberry, cane syrup, drying.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) es un producto agrícola de gran demanda en el país, por sus características organolépticas, las cuales permiten elaborar productos alimenticios procesados conservando su valor nutritivo y características sensoriales.

Sin embargo, por ser un producto altamente perecedero, se presentan varias posibilidades de conservación como la congelación, refrigeración y la deshidratación, y actualmente, métodos combinados como la deshidratación osmótica complementada con la deshidratación por convección forzada, siendo ésta una tecnología de preservación que reduce las pérdidas poscosecha y proporciona una alternativa para la transformación, utilizando materiales comerciales y de fácil acceso.

Los objetivos de esta investigación fueron elaborar un producto de humedad intermedia a partir de la deshidratación osmótica de mora de Castilla, evaluando el poder osmótico de tres agentes edulcorantes (Jarabe de sacarosa, Miel de caña, Jarabe de sacarosa invertida), de igual manera se evaluaron las características físico-químicas y sensoriales del producto

final. Además se realizó una prueba de empaque y almacenamiento preliminar, para estimar la vida útil de las moras osmodeshidratadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

La deshidratación osmótica (DO) es una operación que permite eliminar el agua contenida en un alimento al ponerlo en contacto directo con una disolución altamente concentrada (Zapata Montoya, 1998). El proceso tiene lugar porque el agua del producto (disolución más diluida) se difunde a través de las membranas celulares que son semipermeables, hacia el medio que las rodea (disolución más concentrada) con el fin de establecer el equilibrio. Como la membrana es sólo parcialmente selectiva, también se produce, aunque en menor medida, cierta difusión del soluto de la disolución hacia el alimento (Panadés *et al*, 1996, citados por Zapata Montoya, 1998).

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la aplicación de la ósmosis en la deshidratación de frutas y hortalizas, para la elaboración de productos de humedad intermedia, reduciendo hasta en un 50% el peso del producto fresco; la utilización de estos productos como materia prima para los procesos de secado, disminuyen el consumo de energía y se reducen los posibles daños por calor, dando al producto una estabilidad suficiente para su conservación (Jayaraman, 1995, citado por Lagoeyte T., 2001).

Este método de conservación, permite aumentar la vida útil del producto y mejorar sus características sensoriales. Para su aplicación, se requiere de una baja inversión, ya que las sustancias utilizadas como agentes osmóticos son de fácil adquisición en el mercado (fructosa, sacarosa, glucosa, miel de caña y de abejas, etc.).

Un inconveniente común cuando se quieren alcanzar niveles altos de deshidratación, es el incremento casi en igual medida de la ganancia en sólidos, lo cual no siempre es conveniente, debido a que se alteran considerablemente las propiedades organolépticas del producto, y se dificulta la eliminación de la humedad remanente, en el caso en que el soluto ganado se acumule superficialmente formando una caparazón. Además se presentaría un consumo mayor del soluto, lo cual para procesos a escala industrial puede representar un incremento de costos considerable (Zapata Montoya, 1998).

El requerimiento energético en la osmodeshidratación es menor que en otros procesos de deshidratación, puesto que no hay cambio en el estado del agua, además a medida que el producto se deshidrata, este se puede impregnar con otras sustancias de interés como; suplementos nutritivos, mejoradores de propiedades sensoriales o conservantes. La mayor parte de la transferencia de agua se produce en las dos primeras horas. Uno de los problemas que plantea la osmodeshidratación, es el fluido residual, para lo cual uno de los posibles usos de este, ha sido, utilizarlo en la fabricación de refrescos o néctares, o como agente saborizante u aromatizante (Pereda O. *et al.*, 1998).

Los medios deshidratantes pueden ser potenciados, mediante la agregación de sal en concentraciones no mayores al 10%, para evitar sabores indeseables de los alimentos (Guzmán y Segura, 1991).

La temperatura que se utiliza generalmente está entre los 20°C a 50°C, se recomienda agitación suave y continua, hasta que la reducción del alimento, sea hasta un 30 a 50% del peso inicial (Guzmán y Segura, 1991).

La diferencia de potencial químico a través de la membrana semipermeable, entre la fruta y la solución osmótica, es la fuerza impulsora para la transferencia de materia. El potencial químico (μ_i), está relacionado con la actividad de agua según la expresión (1):

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_w \quad (1)$$

En la que μ_i^0 es el potencial químico de referencia, R la constante universal de los gases, T la temperatura absoluta y a_w la actividad de agua de equilibrio (Barbosa y Vega, 2000).

Panagiotou M. *et al.* (1998) modelaron la transferencia de masa en deshidratación osmótica de manzanas, bananos y kiwis encontrando que los parámetros más representativos del proceso son; la pérdida de agua (WL) y la ganancia de sólidos (SG) definidos en las expresiones (2) y (3) respectivamente:

$$WL = (M_0 - m_0) - (M - m) \quad (2)$$

Donde:

WL = Pérdida de agua

M_0 = Masa inicial de la fruta fresca antes del tratamiento

m_0 = Contenido de humedad a tiempo cero

M = Masa de la fruta después de un tiempo t de deshidratación osmótica

m = Contenido de humedad a tiempo t

$$SG = w_t B_t - w_0 B_0 \quad (3)$$

Donde:

SG = Ganancia de sólidos en peso

w_t = Peso de la fruta al tiempo t

B_t = Grados Brix al tiempo t

w_0 = Peso de la fruta al tiempo cero

B_0 = Grados Brix al tiempo cero (Barbosa y Vega, 2000 y Panagiotou M. *et al.*, 1998).

La cinética de la humedad y la difusión de sólidos en la deshidratación osmótica por lo general sigue la ley de Fick de estado no estacionario. El coeficiente global de transferencia

de masa (K), puede calcularse utilizando una relación lineal entre el contenido normalizado de sólidos (CNS) y el tiempo $t^{1/2}$, como se indica en la expresión (4):

$$\text{CNS} = K t^{1/2} \quad (4)$$

La humedad efectiva aparente o las difusividades de los sólidos solubles, pueden calcularse por la relación que se muestra en la ecuación (5):

$$\ln \frac{M - Me}{Mo - Me} = \ln \frac{8}{X^2} - \frac{Da t X^2}{X^2} \quad (5)$$

Donde:

M_o = Contenido inicial de humedad

M = Humedad al tiempo t

Me = Humedad de equilibrio

Da = Difusividad efectiva ($m^2 s^{-1}$)

X = Longitud característica o espesor del material a osmodeshidratar

t = Tiempo en (s)

El efecto de la temperatura puede evaluarse por una relación del tipo Arrhenius, como se muestra a en la ecuación (6):

$$Da = Ae^{-Ea/RT} \quad (6)$$

Donde:

Ea = Energía de activación ($J mol^{-1}$)

R = Constante de los gases ($8.314 J x mol^{-1} x K^{-1}$)

T = Temperatura ($^{\circ}K$)

A = Constante (Sharma; Mulvaney y Rizvi, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en los laboratorios de Frutas y Hortalizas, Procesos Agrícolas y Química de Alimentos, a una temperatura promedio de $20^{\circ}C$ y humedad relativa promedio de 60%.

Materiales

Se utilizó mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), con grado de madurez de 5, según norma técnica colombiana NTC-4106.

La deshidratación osmótica se realizó en bolsas plásticas de polietileno de calibre 3.

Igualmente se utilizaron tres agentes osmodeshidratantes: Jarabe de sacarosa, Jarabe de sacarosa invertida y Miel de caña todos ellos en concentraciones de 70°Bx.

Equipos

Balanza de precisión Ohaus, precisión 0,1 g., Balanza humidimétrica de precisión marca Precissa. Refractómetro Leica auto ABBE. potenciómetro METER, cg-840b (Schott). Licuadora. Deshidratador de bandejas de flujo paralelo marca DIES (Diseños Electrónicos S.A.), Modelo D-480-F1. Cristalería de laboratorio. Recipientes plásticos.

Reactivos

Hidróxido de sodio 0,1 N. Fenolftaleína. Ácido cítrico. Tartrato de sodio-potasio. Sulfato de cobre pentahidratado. Agua destilada.

Métodos

Selección. Se seleccionaron las moras frescas, retirando las hojas y las que presentaron algún daño, y se escogieron las de madurez grado 5 según la norma técnica colombiana NTC-4106.

Caracterización. Para determinar las características físico químicas iniciales y finales de la mora se realizaron los siguientes análisis:

Sólidos solubles: por lectura refractométrica (Método AOAC 932.12/90, Adaptado por (Bernal, 1993).

Humedad inicial: por balanza humidimétrica marca Precissa.

pH: potenciómetro METER, cg-840b (Schott), Método AOAC 981.12/90 Adaptado por (Bernal, 1993).

Acidez: método de titulación potenciométrica. Método AOAC 942.05/90 Adaptado por (Bernal, 1993).

Para cada jarabe se determinó la cantidad de sólidos solubles por medio de un refractómetro cada hora, durante el proceso de osmodeshidratación hasta la estabilización, 12 horas aproximadamente, con una evaluación final a las 24 horas.

Para verificar el porcentaje de inversión del jarabe de sacarosa, se realizó la Prueba de Felhing que permite conocer las cantidades de azúcares reductores del jarabe.

Esta prueba se realizó introduciendo una muestra del jarabe invertido en dilución 10 a 1 en agua destilada, fenolftaleína y tartrato de sodio-potasio. A medida que se calentaba y se

agitaba la muestra en un beaker, se añade solución de sulfato de cobre pentahidratado hasta obtener una coloración marrón, la cual indica que se ha oxidado el cobre, verificando que existe inversión en el jarabe. A partir de la cantidad de sulfato de cobre utilizado en la prueba, puede conocerse por estequiometría, el porcentaje de inversión de la sacarosa.

Deshidratación osmótica. Se seleccionaron moras enteras y se escaldaron durante 1 minuto con vapor de agua a 94°C a alta presión, y se sumergieron en tres jarabes cada uno con un agente edulcorante: Jarabe de sacarosa (js), Jarabe de sacarosa invertida (jsi) y miel de caña (jmc), de 70° Bx de concentración y 20°C, en relación de fruta: jarabe 1:2, durante 24 horas, con masajeo manual durante 30 segundos cada hora, igualmente se monitorearon los grados Brix en los jarabes cada hora, durante las primeras doce horas.

Con el monitoreo de °Brix de los tres jarabes, y considerando cada sistema con masa constante. Se determinaron las variables, concentración del jarabe, pérdida de agua de la fruta (ganancia de sólidos), utilizando las ecuaciones (7), (8), (9) y (10):

$$M_1 * C_1 = M_2 * C_2 \quad (7)$$

Donde:

- M₁ : peso inicial de jarabe
- C₁ : concentración inicial del jarabe
- M₂ : peso final de jarabe
- C₂ : concentración final de jarabe

La cantidad de agua retirada (CAR) de las moras puede calcularse por diferencias de peso, tal como se muestra en la ecuación (8):

$$CAR = M_2 - M_1 \quad (8)$$

- M₃ : Peso inicial de la mora
- M₄ : Peso final de la mora

El peso final de la mora (M₄) puede ser obtenido a partir de la ecuación (9):

$$M_4 = M_3 - CAR \quad (9)$$

A partir de la ecuación (10), se puede expresar el porcentaje de pérdida de peso de la fruta:

$$\% \text{ p.p. mora} = [(M_3 - M_4) / M_3] * 100 \quad (10)$$

donde, % p.p. mora, es el porcentaje de pérdida de peso de la mora.

Para estimar el porcentaje de pérdida de peso de la mora, se monitoreó la variación en la concentración de sólidos solubles en los jarabes, ya que ésta variación depende

exclusivamente de la cantidad de agua que pierde la mora debido al poder osmótico de los jarabes, es importante aclarar que la ganancia de sólidos en la fruta debida a la entrada de solutos provenientes del jarabe no fue estimada, por lo tanto los cálculos desarrollados involucran esta aproximación.

Estabilización del producto. Luego de la deshidratación osmótica, se sometió la mora a un proceso complementario de secado con aire caliente por convección forzada durante 24 horas a una temperatura de 55°C. Se midió la humedad del producto antes y después del proceso de secado por convección.

Prueba de empaque y almacenamiento. Luego del secado, se empacó con el fin de realizar una prueba de conservación preliminar. Para ello se depositaron 250 gramos del producto en frascos de vidrio cerrados herméticamente durante 15 días y se dejaron en el ambiente de laboratorio. Se establecieron los grados Brix antes y después de la prueba.

Prueba sensorial. Se realizó una prueba sensorial de ordenación para los tres tratamientos (moras en jarabe de sacarosa, moras en jarabe invertido de sacarosa y moras en jarabe de miel de caña), en la cual se presentaron a cada uno de los 10 jurados entrenados, una muestra de cada producto, la prueba se realizó antes y después del empaque y almacenamiento, seleccionando en cada una el producto de mayor aceptación. En las muestras se evaluaron las propiedades de color, aroma, apariencia, sabor y textura, y se expreso como calidad total de cada tratamiento.

El tratamiento estadístico utilizado fue la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS), con valor crítico requerido de 11 para establecer diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% para 10 jueces y 3 tratamientos.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Planteamiento del problema: Se pretende analizar el poder osmótico de tres agentes edulcorantes utilizados en el proceso de deshidratación osmótica de mora de Castilla. Para el análisis estadístico del experimento se planteó un diseño de efectos fijos con un bloque, donde:

Factor de tratamiento: tipo de edulcorante

Factor de bloqueo: tiempo en horas.

Variables controlables: Entre las variables que pueden afectar el proceso de osmodeshidratación, pero que pueden ser controladas están: el operario, la temperatura, el tipo de edulcorante y su concentración, el tipo de fruta, el tiempo de proceso, la relación fruta : jarabe, el tamaño de partícula.

Variable respuesta: Concentración de sólidos solubles en el jarabe.

Análisis sensorial: Se evaluaron con diez jueces, las características sensoriales color, aroma, apariencia, sabor y textura, para reportar la calidad total de los tratamientos, antes y después del empaque y almacenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización. La mora fresca utilizada para el desarrollo del experimento, presentó las características físico químicas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físico químicas de la mora de Castilla en estado fresco, empleada para la osmodeshidratación con edulcorantes.

pH	2,92 ± 0,1
°Bx	7°Bx ± 0,2
% humedad	83,5 ± 0,1
% acidez	2,24 ± 0,2

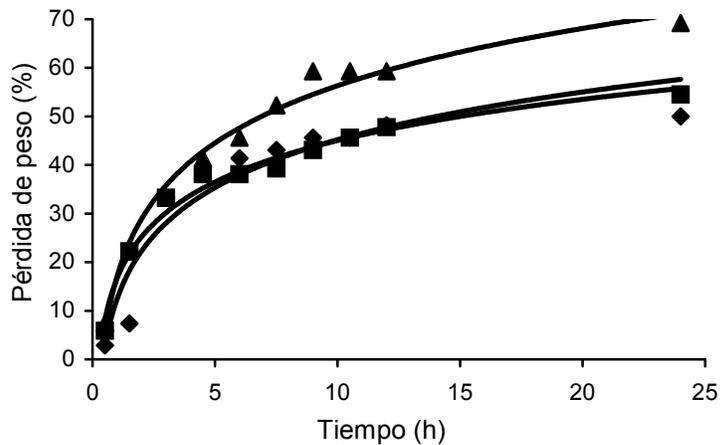
Prueba de Felhing. Para el jarabe de sacarosa invertida la prueba mostró un valor de 72,9% ± 0,5 de inversión.

Deshidratación osmótica. La Tabla 2 muestra la variación de la concentración de los sólidos solubles para cada uno de los jarabes y las moras durante el tiempo de experimentación.

Tabla 2. Variación de la concentración de sólidos solubles para los jarabes y la mora de Castilla en respuesta a la osmodeshidratación con edulcorantes.

Grados Brix	Jarabe Sacarosa		Jarabe Sacarosa Invertida		Jarabe Miel de caña	
	Jarabe	Fruta	Jarabe	Fruta	Jarabe	Fruta
Iniciales	70	7	70	7	70	7
Finales	56	14	55	15,4	52	22,7

La Figura 1, muestra el comportamiento de la pérdida de peso, durante la deshidratación osmótica de mora en los diferentes edulcorantes.



▲ % p.p. en jarabe de miel de caña ◆ % p.p. en jarabe de sacarosa
 ■ % p.p. en jarabe de sacarosa invertida

Figura 1. Porcentaje de reducción del peso de la mora de Castilla, como resultado de la osmodeshidratación con edulcorantes.

Las curvas anteriores presentan un comportamiento típico del proceso de deshidratación osmótica. Se observa que la velocidad de pérdida de peso de la mora es más acelerada en las cinco primeras horas del experimento, lo cual está de acuerdo con lo planteado por Pereda O. *et al.* (1998), tendiendo a equilibrarse con el medio osmodeshidratante en el tiempo 24 horas aproximadamente, acentuándose una disminución en esta velocidad, a partir de las 7 horas y siendo prácticamente estable para las 10, 11 y 12 horas.

El parámetro más importante para estudiar el poder osmótico de los jarabes es el porcentaje de pérdida de peso de las moras. En la Figura 1, se observa que el jarabe con mayor poder osmótico es el de miel de caña. Los jarabes de sacarosa y sacarosa invertida presentan un comportamiento muy similar durante el desarrollo del experimento.

La Tabla 3 muestra los parámetros de los modelos matemáticos más ajustados, cuya expresión general, se presenta en la ecuación (12):

$$Y = A \ln X + B \quad (12)$$

Donde:

- Y = % de pérdida de peso
- X = Tiempo para la osmodeshidratación
- A y B = Constantes propias del modelo

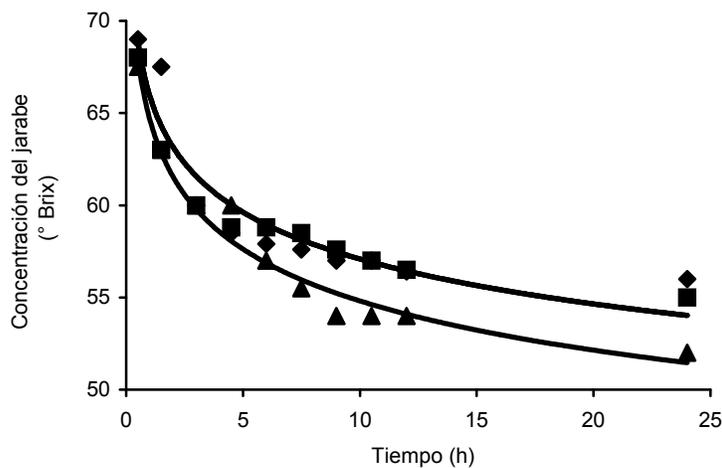
Tabla 3. Parámetros para el modelo de pérdida de peso para la mora de Castilla, sometida a osmodeshidratación con edulcorantes.

Jarabes	A	B
Sacarosa	12,282	16,729
Sacarosa invertida	14,202	12,484
Miel de caña	17,019	17,133

Según Uribe Botero y Castaño Arroyabe (1999) las mieles tienen una composición química caracterizada por algunos compuestos, como sales, ácidos orgánicos, azúcares reductores del tipo monosacáridos, glucosa y fructosa, y otros componentes orgánicos, los cuales contribuyen a aumentar su poder osmótico y por lo tanto la pérdida de agua de la mora es mayor cuando es sometida a estos agentes osmodeshidratantes.

Consistentemente la sacarosa mostró un menor poder osmodeshidratante debido a su estructura química, pues de acuerdo a lo planteado por Sánchez Bulla (1988), la osmosidad de la sacarosa (fuerza osmótica) es menor a la de la fructosa y la glucosa, lo cual queda evidenciado al comparar la pérdida de peso de la mora sometida a osmodeshidratación en los jarabes de sacarosa, respecto a los de sacarosa invertida y miel de caña.

La Figura 2, muestra la variación en la concentración en grados Brix de los jarabes durante el proceso de osmodeshidratación.



- ◆ Concentración jarabe de sacarosa
- ▲ Concentración jarabe de miel
- Concentración jarabe de sacarosa invertida

Figura 2. Variación en la concentración de los jarabes durante el tiempo de osmodeshidratación de mora de Castilla.

En la Figura 2, se aprecia que el jarabe con mayor poder osmótico es el de miel de caña, presentando la mayor disminución en su concentración debido, necesariamente a la mayor absorción de agua.

La Tabla 4 muestra los parámetros del modelo matemático más ajustado, el cual tiene un comportamiento potencial, cuya ecuación general se muestra en la expresión (12):

$$Y = AX^{-B} \quad (12)$$

Donde:

$Y =$ Grados Brix

$X =$ Tiempo de osmodeshidratación

A y $B =$ Constantes propias del modelo

Tabla 4. Parámetros para el modelo de pérdida de concentración o grados Brix de los jarabes utilizados en la osmodeshidratación de mora de Castilla.

Jarabes	A	B
Sacarosa	64,628	0,0535
Sacarosa invertida	65,973	0,0620
Miel de caña	64,712	0,0721

Las variaciones presentadas en la concentración de sólidos solubles del jarabe de miel de caña fueron las más continuas durante el período de experimentación, lo anterior debido a su composición química la cual de acuerdo con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) (1996), debe tener un alto poder osmótico debido a su gran concentración de compuestos iónicos (sales) fuertes jaladores de agua.

Estabilización del producto. Debido a que el producto obtenido por deshidratación osmótica es un producto de humedad intermedia, se procedió a darle estabilidad por medio del proceso de deshidratación por convección forzada, con el fin de aumentar su vida útil al disminuir su contenido de agua (Brennan *et al.*, 1980) y por lo tanto su actividad de agua, mejorando a la vez, sus características sensoriales.

Como resultado de éste procedimiento se obtuvieron productos con una humedad final base húmeda de 27,3%, 30,8% y 25,9% para la mora de Castilla deshidratada osmóticamente en jarabes de sacarosa, sacarosa invertida y miel de caña, respectivamente.

Análisis de empaque. Los productos una vez sometidos a la etapa de estabilización por deshidratación en convección forzada, fueron empacados en frascos de 250 g y cerrados herméticamente.

Análisis sensorial. La mora de Castilla deshidratada osmóticamente en jarabe de sacarosa invertida, presentó mejor color, textura y apariencia antes y después del empaque, en tanto que la deshidratada osmóticamente en jarabe de sacarosa conservó mejor las propiedades aromáticas.

La mayor aceptación la presentó la mora de Castilla deshidratada osmóticamente con jarabe de sacarosa invertida. En segundo lugar se ubicó la deshidratada osmóticamente en jarabe de sacarosa y en tercer lugar la deshidratada osmóticamente en jarabe de miel de caña.

La evaluación consideró la calidad total de los productos, en función de sus características sensoriales parciales, color, olor, apariencia, sabor y textura, para valorar las diferencias mínimas significativas entre los tres productos:

Diferencia entre muestra (miel de caña) y muestra (sacarosa invertida) = 26

Diferencia entre muestra (miel de caña) y muestra (sacarosa) = 11

Diferencia entre muestra (sacarosa invertida) y muestra (sacarosa) = 15

Por lo anterior, de acuerdo a la prueba de diferencias mínimas significativas, se puede afirmar que existe diferencia entre los tres productos. Esta diferencia se debe a que las características de los jarabes utilizados, determinan las propiedades del producto osmodeshidratado, proporcionando cualidades propias al olor, apariencia, color, sabor, y textura de la frutilla.

Luego de los quince días, posteriores al empaque y almacenamiento, el producto mejor evaluado, fue la mora de Castilla deshidratada osmóticamente en jarabe de sacarosa, aunque no presentó diferencias significativas frente a la osmodeshidratada en jarabe de sacarosa invertida, lo anterior tal vez debido a que el lixiviado mostrado durante el tiempo de conservación modificó las características de los productos, presentando variación en la evaluación sensorial, la cual fue realizada bajo idénticas condiciones, es decir, evaluando la calidad total del producto, en función de sus características parciales.

Las diferencias mínimas entre los tres productos obtenidos fueron:

Diferencia entre muestra (miel de caña) y muestra (sacarosa invertida) = 15

Diferencia entre muestra (miel de caña) y muestra (sacarosa) = 16

Diferencia entre muestra (sacarosa invertida) y muestra (sacarosa) = 1

Los anteriores resultados muestran que existe diferencia en cuanto a la calidad total del producto obtenido con jarabe de miel de caña y los obtenidos con los otros dos jarabes, al ser las diferencias mayores al valor crítico de 11, establecido para pruebas con 10 jueces y tres tratamientos o muestras.

RESULTADOS DEL MODELO EXPERIMENTAL

Los análisis de varianza para las concentraciones de sólidos solubles de los jarabes y de la mora, y el porcentaje de pérdida de peso de la mora osmodeshidratada, mostraron que en todos los casos el valor del nivel de significancia P calculado es menor que 0,05, con lo cual es posible asegurar que el tipo de edulcorante influye significativamente en las concentraciones de sólidos solubles de los jarabes y de la mora, y el porcentaje de pérdida de peso de la mora osmodeshidratada.

De manera similar, el valor P calculado para el tiempo (factor de bloqueo) es menor que 0,05, en todos los casos, por lo cual se puede asegurar que fue una buena elección como factor de bloqueo, ya que se disminuye la variabilidad del tipo de edulcorante sobre las concentraciones de sólidos solubles de los jarabes y de la mora, y el porcentaje de pérdida de peso de la mora osmodeshidratada.

DISCUSIÓN

La literatura reporta que el escaldado favorece la ganancia de sólidos en la fruta durante la osmodeshidratación, debido a la modificación de la permeabilidad de los tejidos (Maestrelli, 1997, citado por Zapata M. y Castro Q., 1999), por esto se aplicó este tratamiento tecnológico para posibilitar la ganancia de sólidos solubles en la fruta, mejorando las condiciones para la salida de agua, principalmente, en la mora osmodeshidratada con jarabe de miel de caña, en las que se valora un mayor poder osmótico (mayor pérdida de agua de la mora), debido a la composición química de la miel que contiene sales, ácidos orgánicos, además de un alto porcentaje de azúcares reductores, sustancias todas ellas que tienen un poder de osmosidad mayor al de la sacarosa de acuerdo a lo reportado por Sánchez Bulla (1988).

Además, la utilización de soluciones muy concentradas permitieron gran disminución en el contenido de agua de los tres productos (Maestrelli, 1997, citado por Zapata M. y Castro Q., 1999).

Durante el proceso de deshidratación osmótica de mora se realizó un masaje manual periódico de 30 segundos, las primeras doce horas, lo cual, según la literatura, favorece la pérdida de humedad debido a la renovación permanente de la capa del medio osmodeshidratante en contacto con el producto, manteniendo la máxima diferencia de concentraciones (Arango, 1986).

El desarrollo del experimento a una temperatura ambiente favoreció la conservación de aromas y sabores propios de la mora, verificando lo reportado en la bibliografía por (Arango, 1986).

La mora es una fruta que presenta un alto contenido de semillas. Sin embargo, se obtuvieron unos productos de gran aceptación, no siendo ésta, una desventaja para su

consumo, como lo afirma Camacho (1997), citado por Zapata Montoya (1998) por lo tanto se pudo hacer un uso integral del producto.

Luego del proceso de deshidratación osmótica, los jarabes adquieren y conservan las características de aroma, color y sabor propios de la mora lo cual esta de acuerdo con (Camacho, 1997, citado por Zapata Montoya, 1998). Sin embargo, existen desventajas en el proceso para la reutilización de estos jarabes, no obstante algunos autores como López B. (1986), recomiendan que este producto puede ser útil en otros procesos de osmodeshidratación, previa concentración, o para edulcorar otro tipo de productos como néctares, refrescos e incluso en la formulación y desarrollo de productos con alta concentración de sólidos como mermeladas, dulces, entre otros.

Debido a la inmersión constante dentro del medio osmótico, no es necesario usar aditivos químicos para proteger el alimento contra la decoloración enzimática y oxidativa y los microorganismos lo cual lo hace un producto natural, planteamiento que esta acorde con lo expuesto por (Camacho, 1997 citado por Zapata Montoya, 1998).

Los procesos de osmodeshidratación y en general los de secado permiten realizar una estimación mediante modelación matemática, con el fin de predecir, y optimizar los parámetros de funcionamiento, para establecer las condiciones ideales experimentales, como tiempo de secado, humedad de equilibrio, gasto energético, entre otras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- El jarabe que presentó mayor poder osmótico fue el de miel de caña mostrando una reducción significativa en el peso de la mora.
- La deshidratación osmótica aplicada a la mora de Castilla para los tres jarabes utilizados, mostró buena retención de las características sensoriales de la fruta (color, olor y sabor).
- La estabilización del producto por secado en convección forzada permitió conservarlo durante un período de 15 días sin ninguna alteración.
- La mora osmodeshidratada de mayor aceptación sensorial, fue la obtenida en jarabe de sacarosa.

Recomendaciones:

- Desarrollar nuevos experimentos donde se estudie, la influencia de la temperatura del jarabe y la concentración del mismo, en el proceso de deshidratación osmótica en mora de Castilla u otro tipo de frutas.

- Analizar el efecto de la agitación, sobre el grado de osmodeshidratación, y las propiedades sensoriales del producto final.
- Estudiar el efecto de sinergia o antagonismo de la combinación de otros agentes osmóticos, como el cloruro de sodio (sal), etanol (alcohol), en diferentes concentraciones.
- Estudiar el efecto del escaldado en la permeabilidad de la mora de Castilla durante el proceso de deshidratación osmótica y sobre el contenido nutricional del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

ARANGO R., Luz Marina. Estudio preliminar para la deshidratación osmótica directa de guayaba y breva. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 1986. 97p.

BARBOSA, Gustavo y VEGA, Humberto. Deshidratación de alimentos. Zaragoza, España: Acribia, 2000. 297 p.

BERNAL DE RAMÍREZ, Inés. Análisis de alimentos. Bogotá: Guadalupe, 1993. p. 104-107.

BRENNAN, J. G. *et al.* Las operaciones de Ingeniería de alimentos. 2 ed. Zaragoza, España: Acribia, 1980. 539 p.

CAMACHO, Guillermo. Evaluación de calidad a productos deshidratados por osmosis directa. *En:* CURSO TALLER “DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETALES (Santafé de Bogotá: 1997). Memorias del Curso Taller “Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1997. 16 p. Citado por: ZAPATA MONTOYA, José Edgar. Determinación de parámetros cinéticos del alcohol etílico como agente osmodeshidratante. Medellín, 1998. 101 p. Tesis (Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

GUZMÁN, R. R. y SEGURA, V. E. Introducción a la tecnología de alimentos. Bogotá: UNISUR, 1991. 664 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Tabla de composición de los alimentos. Bogotá: ICBF, 1996. 76 p.

JAYARAMA, K. Das gupta. Drying of fruits and vegetables. Handbook of Industrial Drying. s.l.: s.n., 1995. 686p. Citado por LAGOEYTE T., Gloria María Janeth. Deshidratación de piña para la elaboración de bebidas aromáticas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2001. 84 p.

LOPEZ B., Marta Eugenia. Secado de frutas y verduras. Neiva: Fundación Mariano Ospina Pérez. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Noviembre, 1986. 44 p.

MAESTRELLI, Andrea. Fundamentos de la deshidratación osmótica de frutas. *En: CURSO TALLER "DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETALES* (Santafé de Bogotá: 1997). Memorias del Curso Taller "Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1997. 16 p. Citado por ZAPATA M., José Edgar y CASTRO Q., Gilberto. Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín.* Vol. 52, No. 1 (1999); p. 451-466.

PANADÉS, G. *et al.* Pulse vacuum osmotic dehydration of guava. *En: Food Science and Technology International.* Vol. 2, 1996. p. 301-306. Citados por: ZAPATA MONTOYA, José Edgar. Determinación de parámetros cinéticos del alcohol etílico como agente osmodeshidratante. Medellín, 1998. 101 p. Tesis (Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

PANAGIOTOU M., Nicolaos *et al.* Mass transfer modeling of the osmotic dehydration of some fruits. *En: International Journal of Food Science and Technology.* Vol. 33, (1998); p. 267-284

PEREDA O., Juan A. *et al.* Tecnología de los alimentos: componentes de los alimentos y procesos. Madrid, España: Síntesis, 1998. 365 p.

SÁNCHEZ BULLA, Martha Stella. Comparación de diferentes azúcares en la deshidratación directa de mango variedad Tommy Atkins. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 1988. 61 p.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, J. S. y RIZVI, S. S. Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. Ciudad de México, México: Limusa, 2003, 348 p.

URIBE BOTERO, Jorge Eduardo y CASTAÑO ARROYABE, Jorge Mario. Utilización de la miel de caña en la elaboración de arequipe. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1999. 56 p.

ZAPATA MONTOYA, José Edgar. Determinación de parámetros cinéticos del alcohol etílico como agente osmodeshidratante. Medellín, 1998. 101 p. Tesis (Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

_____ y CASTRO, Q. Gilberto. Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *En: Revista de la Facultad Nacional de Agronomía.* Vol. 52, No 1. (1999). p. 451-466.