



## Desarrollo de un producto de zapote negro (*Diospyros digyna*) de alta humedad

G. G. Gastélum – Reynoso<sup>\*</sup>, R. Ávila – Sosa y J. A. Guerrero – Beltrán

*Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas – Puebla.  
San Andrés Cholula, Pue., México.*

---

### Resumen

El zapote negro (*Diospyros digyna*) es un fruto que se da en el sur de México, contiene grandes cantidades de ácido ascórbico y es altamente perecedero. El potencial para comercializar esta fruta y las preferencias de los consumidores han llevado a considerar el desarrollo de productos de zapote de alta humedad, aplicando la tecnología de obstáculos. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un puré de zapote de alta humedad. Se elaboraron tres formulaciones: un control y dos muestras con actividad de agua ( $a_w$ ) de 0.96 y 0.97, ajustada con sacarosa. A ambas formulaciones se les disminuyó el pH a 4.1 con ácido cítrico y se les adicionó 500 ppm de sorbato de potasio. Las muestras fueron envasadas y almacenadas a 4°C durante 10 días. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos ( $a_w$ , pH, sólidos solubles totales y acidez) y microbiológicos (mohos, levaduras y bacterias mesófilas aerobias BMA). El puré usado como control se deterioró antes de cinco días. El análisis sensorial mostró una “aceptación moderada” en los purés de zapote procesados y sus parámetros fisicoquímicos permanecieron constantes a lo largo del tiempo de almacenamiento. Aunque, el puré de zapote de alta humedad fue un producto estable para el crecimiento de BMA y levaduras, presentó crecimiento de mohos durante el período de almacenamiento a 4°C.

**Palabras clave:** Zapote negro, productos de fruta de alta humedad, tecnología de obstáculos.

### Abstract

Black sapote (*Diospyros digyna*) is a perishable fruit grown in Southern Mexico and Central America. Due to its delicate flavor and several unfavorable changes associated with freezing and heat treatments, hurdle technology could be an alternative preservation process for black sapote. The purpose of this work was to develop a stable high humidity black sapote puree using hurdle technology including the following factors: two levels of  $a_w$  (0.96 and 0.97), pH 4.1, addition of potassium sorbate (500 ppm), storage temperature at 4°C during 10 days and periodically evaluated for standard count plate (SCP), pH,  $a_w$ , soluble solids, acidity, instrumental color, and sensory evaluation. Control sapote puree spoiled before five days of storage. Overall sensory acceptability of purees was not affected. The pH,  $a_w$ , acidity and soluble solids of preserved sapote purees did not changed during storage. The hurdle technology preservation process for a high moisture sapote puree was effective in microbial inhibition (SCP and yeast), although, mold growth was observed during the storage.

**Key words:** Black sapote, hurdle technology, high humidity fruit product.

---

<sup>\*</sup> Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos  
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727  
Dirección electrónica: ggastel@hotmail.com

## Introducción

Las frutas frescas son buenas fuentes de vitaminas, minerales y fibra; sin embargo, éstas son altamente perecederas (López-Malo *et al.*, 1994). En países en vías de desarrollo, se pierde del 50% al 75% del total de la producción de frutas por la falta de infraestructura tecnológica accesible para el adecuado procesamiento de las mismas (Zaccari, 2007). México es productor de frutas tropicales, cuyo mercado mundial ha venido en aumento los últimos años. Las frutas tropicales que se producen en México incluyen: aguacate, plátano, mango, papaya, piña y frutas exóticas como tuna, mamey, pitaya, pitahaya, guayaba y zapote (López-Malo *et al.*, 1994; Saucedo y Arévalo, 2003), entre otras.

El zapote negro (*Diospyros digyna*) pertenece a la familia *Ebenaceae*. Es un fruto que se cultiva en Centroamérica y en el sur de México; principalmente en los estados de Tabasco, Guerrero, Chiapas y Puebla. La producción de zapote en el año 2007 fue de 15,721.87 toneladas con un valor de 41.5 millones de pesos (SAGARPA, 2007). El fruto es climatérico y altamente perecedero, se describe como una baya globosa de 7 a 12 cm de diámetro con cáliz persistente, de cáscara color verde brillante y presenta de 6 a 10 semillas envueltas por una membrana transparente. El fruto inmaduro posee una pulpa de sabor astringente de color amarillo-dorado, debido a la presencia de carotenoides. En la madurez fisiológica del zapote, los carotenoides son oxidados y se incrementa la actividad de la enzima polifenoloxidasas (PFO) provocando la oxidación de compuestos fenólicos responsables del color café de la pulpa, la cual es de textura suave y sabor dulce (Arellano-Gómez *et al.*, 2005). El zapote contiene grandes cantidades de ácido ascórbico. Bioquímicamente, el fruto produce etileno y CO<sub>2</sub> que están relacionados

con la actividad de las enzimas pectinmetilesterasa y PFO, mismas que intervienen en el ablandamiento y oscurecimiento de la pulpa del fruto durante la maduración. El zapote negro se consume fresco y la pulpa se utiliza en la elaboración de productos como nieves, paletas congeladas y postres (Arellano-Gómez *et al.*, 2005).

La producción de frutos exóticos como el zapote y su potencial para comercializarse en el extranjero, además de la preferencia de los consumidores por adquirir productos frescos pero estables, han dado como resultado que la industria de alimentos, especialmente de países latinoamericanos, desarrolle productos de frutas de alta humedad basados en la tecnología de obstáculos (Alzamora *et al.*, 1995; Leistner y Gorris, 1995; Welti-Chanes *et al.*, 1996).

La conservación de alimentos en general, se fundamenta en el retraso o prevención de las reacciones fisicoquímicas, bioquímicas y microbiológicas que influyen en las características organolépticas y nutricionales del alimento. Estas reacciones se ven afectadas por la acción de diferentes factores u obstáculos (reducción de la  $a_w$ , temperatura, pH, etc.). Los métodos tradicionales como el enlatado, el congelado y el secado, están sustentados en la aplicación exhaustiva de un sólo obstáculo provocando el deterioro de la calidad del alimento. La combinación adecuada de varios obstáculos permite conseguir la inocuidad y mejorar la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, debido al efecto sinérgico de los mismos, como en el caso de la tecnología de obstáculos o métodos combinados (Tapia *et al.*, 1996; Leistner, 2007).

Algunas frutas y verduras de alta humedad conservados por la tecnología de obstáculos se clasifican como alimentos mínimamente

procesados (Alzamora *et al.*, 2000). Los productos de fruta de alta humedad presentan una ligera reducción en la actividad de agua (0.98-0.93); por lo tanto, es necesario el uso de otros factores de conservación, como escaldado, disminución de pH (3.0-4.1), adición de antimicrobianos y agentes antioscurecimiento (< 1,500 ppm) entre otros, para mejorar la estabilidad del producto y en algunos casos sustituir el uso de la temperatura de refrigeración durante el almacenamiento (Welti-Chanes *et al.*, 1996; Leistner, 2007).

Las frutas de alta humedad satisfacen las necesidades del consumidor, puesto que generalmente son alimentos poco procesados, inocuos y con características sensoriales y nutricionales parecidas a las del alimento fresco; además, son baratos y su preparación es simple y de bajo requerimiento de energía (Aguilera *et al.*, 1990; Argaiz *et al.*, 1995; Leistner y Gorris, 1995; Welti-Chanes *et al.*, 1996; Leistner, 2007; Rahman, 2007). Así mismo, estos productos son una alternativa para reducir las pérdidas post-cosecha, ya que permiten almacenar las frutas fuera de su temporada y utilizarlas en diversos procesos o productos como confitería, pastelería, productos lácteos, mermeladas, jaleas, entre otros (Leistner, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un puré de zapote negro (*Diospyros digyna*) de alta humedad utilizando la tecnología de obstáculos, aplicando como factores de conservación la disminución de la  $a_w$ , la disminución del pH, la adición de sorbato de potasio y el almacenamiento a temperatura de refrigeración (4°C).

## Materiales y métodos

### Materiales

Se utilizaron zapotes negros (*Diospyra digyna*) con características de madurez fisiológica comestible similares. Los zapotes se adquirieron en el mercado local de San Pedro Cholula, Puebla. Se usó sacarosa grado comercial para la disminución de la  $a_w$ . Se usaron ácido cítrico y sorbato de potasio grado analítico (Merck, México) para la disminución del pH y el control microbiano, respectivamente.

### Caracterización fisicoquímica de la fruta

Los zapotes maduros se lavaron y pelaron, se removieron las semillas y la pulpa se trituró usando una licuadora (Osterizer mod. 6640, Oster®, México) para preparar un puré. Posteriormente, se evaluaron el contenido de humedad, pH,  $a_w$ , sólidos solubles totales (°Brix) y acidez y se realizaron los análisis microbiológicos para la determinación de las cuentas de bacterias mesófilas aerobias (BMA), mohos y levaduras.

### Preparación de las muestras

El puré se dividió en tres partes; una parte se utilizó como control y las otras dos para la elaboración de los purés con  $a_w$  disminuida. A estos purés se les adicionó directamente la sacarosa, 30.77g ó 16.03 g por 1500 g de puré de zapote, para reducir la  $a_w$  a 0.96 ó 0.97, respectivamente. La cantidad de sacarosa adicionada a cada lote se calculó con la ecuación de Norrish (1966):

$$(a_w)_{\text{sacarosa}} = X_1 \exp(-kX_2^2) \quad (\text{Ec.1})$$

Donde  $k$  es la constante de Norrish (6.47) (Chirife *et al.*, 1980),  $X_1$  es la fracción molar del agua determinada por el porcentaje de

humedad del zapote (86.74%), y  $X_2$  es la fracción molar de la sacarosa (los gramos de sacarosa que se utilizaron para calcular la fracción molar de la sacarosa se obtuvieron mediante un proceso de iteración). Una vez obtenida la  $a_w$  sacarosa se utiliza la ecuación de Ross (Ross, 1975) para determinar la  $a_w$  en equilibrio del producto de zapote de alta humedad:

$$a_w \text{ equilibrio} = a_w \text{ fruta} * a_w \text{ sacarosa} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde la  $a_w$  fruta es la  $a_w$  inicial del zapote ( $0.98 \pm 0.005$ ) y la  $a_w$  sacarosa es la que se obtuvo mediante la ecuación de Norrish (Ec.1).

Se adicionaron 500 ppm de sorbato de potasio a los purés con  $a_w$  disminuida y, posteriormente, se les ajustó el pH a 4.1 mediante la adición de 7g de ácido cítrico por cada 1500 g de puré de zapote. Las muestras fueron envasadas en frascos de vidrio esterilizados y almacenadas en refrigeración (4°C) durante 10 días. Las determinaciones de  $a_w$ , pH, sólidos solubles totales, color y acidez se realizaron al inicio del almacenamiento y a los 5 y 10 días. Todos los análisis se efectuaron por triplicado.

#### *Determinación de pH y acidez*

Para las mediciones de pH se utilizó un potenciómetro calibrado (Beckman  $\Phi$  50, Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA.). El pH de los purés se midió por inmersión del electrodo en una muestra del puré. La acidez se determinó por triplicado usando el método 22.058 de la AOAC (1984) y se expresó como porcentaje de ácido cítrico.

#### *Determinación de humedad y $a_w$*

La humedad se determinó por secado y diferencia de peso, aplicando el método

22.013 de la AOAC (1984). Las mediciones de  $a_w$  se realizaron por triplicado utilizando higrómetros de Luft (Luft, Alemania).

#### *Determinación de sólidos solubles totales*

La medición de sólidos solubles totales (°Bx) se hizo por triplicado empleando un refractómetro digital Atago (ABBE Atago Co., Ltd., Japón). La determinación se realizó directamente en el puré por tratarse de muestras homogenizadas.

#### *Determinación del color*

Los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) se midieron con un colorímetro Gardner-Colorgard System 05 (BYK-Gardner Inc., Silver Spring, MD) empleando la escala de Hunter. Las mediciones se realizaron colocando el puré en una caja petri. Se calculó el cambio neto de color ( $\Delta E^*$ ) después de 10 días de almacenamiento con la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$  son los cambios de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  en el tiempo con respecto los valores iniciales del puré control (Guerrero-Beltrán y Barbosa, 2006).

#### *Análisis microbiológicos*

Los análisis microbiológicos se realizaron a los 0, 5, y 10 días de almacenamiento. La determinación de las cuentas BMA se hicieron aplicando la técnica reportada en el manual de bacteriología analítica (BAM, 1984). La determinación de mohos y levaduras se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-111-SSA1, 1994). Los medios de cultivo se obtuvieron de Merck (Merck, México). Todos los análisis microbiológicos se realizaron por triplicado.

### Evaluación sensorial

Se evaluaron el color, la apariencia, la textura, el sabor y el olor por medio de una escala hedónica de cinco puntos. La escala se convirtió posteriormente a valores numéricos, considerando una escala de 0 a 10, en donde 0 correspondía a “me disgusta muchísimo”, 2.5 “me disgusta moderadamente”, 5 “me es indiferente”, 7.5 “me gusta moderadamente” y 10 “me gusta muchísimo”. La prueba fue llevada a cabo por 11 jueces panelistas no entrenados (Anzaldúa-Morales, 1999).

### Análisis estadístico

Los resultados se evaluaron mediante un análisis estadístico de varianza (ANOVA). Los datos fueron analizados usando el paquete computacional SPSS (versión 11, Aspire Software International, Ashburn, V.A.). Los valores significativos para los resultados de las pruebas microbiológicas fueron obtenidos mediante el análisis de mínima diferencia significativa (LSD) con un nivel de confianza del 95%. Para obtener los valores significativos de los resultados de la evaluación sensorial se utilizó una prueba de t para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de confianza del 95%.

## Resultados y discusión

### Características fisicoquímicas del zapote fresco

El zapote es un fruto poco estudiado, por lo cual fue necesario llevar a cabo la caracterización del mismo (Tabla I). El zapote es un alimento altamente perecedero debido a su intensa actividad respiratoria durante la etapa de maduración (Arellano-Gómez *et al.*, 2005); además, como se observa en la Tabla I, su pH cercano a la

neutralidad y su elevada  $a_w$  lo hacen un alimento susceptible a la descomposición.

**Tabla I.** Características del zapote fresco (*Diospyra digyna*)

Característica	Valor
pH	$6.660 \pm 0.100$
$a_w$	$0.980 \pm 0.005$
Sólidos solubles totales (%)	$15.630 \pm 0.250$
Acidez ( % ) <sup>a</sup>	$0.008 \pm 0.001$
Humedad (%) <sup>b</sup>	$86.740 \pm 0.080$
Pulpa (%)	$69.450 \pm 1.050$
Cáscara (%)	$25.600 \pm 2.000$

<sup>a</sup> Ácido cítrico

<sup>b</sup> Base húmeda

### Características fisicoquímicas del puré de zapote de alta humedad

En la Tabla II se muestran las características fisicoquímicas de los purés de zapote de alta humedad. Los valores de pH, los sólidos solubles totales y la acidez de los purés de zapote procesado y del control permanecieron sin cambio significativo ( $p < 0.05$ ) durante los 10 días de almacenamiento a 4°C. Sin embargo, como se observa en la Tabla III, para los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $\Delta E^*$  (cambio neto de color) se encuentran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre el control y las muestras con  $a_w$  disminuida para cada día de evaluación, a excepción del parámetro  $L^*$  en el día 0 y el parámetro  $a^*$  en el día 10, en los que los purés de zapote de alta humedad y el control no mostraron diferencias significativas entre sí. En estudios hechos con papaya (López-Malo *et al.*, 1994), durazno, pera y ciruela (Catalán, 1999), se ha encontrado que el parámetro  $L^*$  cambia debido a la adición de sacarosa a la fruta. Por otro lado, la degradación del ácido ascórbico -la cual produce pigmentos oscuros-, así como la oxidación de los compuestos fenólicos debida a la acción de las enzimas fenilalaninaaminoliasa (FAL) y la PFO,



podrían ser las responsables de los cambios en estos parámetros (Arellano-Gómez *et al.*, 2005).

### Análisis microbiológicos

En la Tabla IV se muestran los valores de carga microbiológica de los purés de zapote de alta humedad almacenados a baja temperatura. Como resultado de la manipulación del zapote durante el pelado y la elaboración del puré, las cuentas iniciales de BMA del puré control fueron altas ( $1.29 \times 10^5$  UFC/g); sin embargo, para los purés de zapote con  $a_w$  de 0.97 y 0.96, el conteo inicial de BMA ( $3 \times 10^3$  UFC/g) fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) comparado con el puré control, debido probablemente a la acción inmediata de los factores de conservación. Después de los días 5 y 10, las cuentas de BMA disminuyeron gradualmente en los purés de zapote de alta humedad, evidenciando el efecto de los obstáculos (pH,  $a_w$ , sorbato de potasio) en los purés procesados comparados con el puré

control. Por otra parte, aunque las cuentas iniciales de levaduras tanto del control como de los purés de alta humedad fueron del orden de  $10^1$  UFC/g, se observó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) para el puré control con respecto a los purés de  $a_w$  0.97 y 0.96, en los recuentos después de 5 y 10 de almacenamiento. En cambio, en la cuentas de mohos no hubo diferencias significativas entre el control y los purés con  $a_w$  reducida, ni a los 5, ni a los 10 días de almacenamiento. Sin embargo, los resultados muestran que no hubo efecto inhibitor de los factores de conservación en los purés tratados, ya que se alcanzaron niveles hasta de  $2 \times 10^7$  UFC/g.

La carga microbiana inicial tiene un papel importante en la vida de anaquel del producto. Los microorganismos tienden a adherirse a la superficie de la fruta formando películas y de esta manera se hacen más resistentes a los obstáculos o factores presentes en el producto (Gianotti *et al.*, 2001). La operación de escaldado ayuda a

**Tabla II.** Características fisicoquímicas de los purés de zapote de alta humedad almacenados a 4°C durante 10 días

	Actividad de agua		
	0.98**	0.97	0.96
<u>Día 0</u>			
pH	$6.350 \pm 0.170^a$	$4.110 \pm 0.100^d$	$4.110 \pm 0.100^g$
Sólidos solubles totales (%)	$15.370 \pm 0.010^b$	$28.930 \pm 0.150^e$	$37.810 \pm 0.240^h$
Acidez (%)*	$0.008 \pm 0.000^c$	$0.060 \pm 0.005^f$	$0.040 \pm 0.001^i$
<u>Día 5</u>			
pH	$6.370 \pm 0.200^a$	$4.070 \pm 0.030^d$	$4.100 \pm 0.000^g$
Sólidos solubles totales (%)	$15.01 \pm 0.020^b$	$28.530 \pm 0.210^e$	$36.760 \pm 1.050^h$
Acidez (%)*	$0.008 \pm 0.001^c$	$0.060 \pm 0.009^f$	$0.040 \pm 0.006^i$
<u>Día 10</u>			
pH	$6.480 \pm 0.230^a$	$4.370 \pm 0.150^d$	$4.190 \pm 0.000^g$
Sólidos solubles totales (%)	$14.980 \pm 0.040^b$	$28.410 \pm 0.150^e$	$36.320 \pm 0.880^h$
Acidez (%)*	$0.008 \pm 0.000^c$	$0.050 \pm 0.001^f$	$0.040 \pm 0.003^i$

\* Ácido cítrico.

\*\* Puré control.

a,b,c,d,e,f,g,h,i Mismas letras en las columnas significan que no hubo cambios en los atributos de acuerdo al análisis de medias con un nivel de confianza de 95%. Los análisis se realizaron para cada atributo (pH, sólidos solubles, acidez) y comparando los cambios ocurridos en los días de almacenamiento (0, 5 y 10).

**Tabla III.** Parámetros de color de purés de zapote de alta humedad almacenados a 4°C durante 10 días

	L*	a*	b*
<u>Día 0</u>			
0.98**	6.35 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.33 ± 0.28 <sup>d</sup>	1.54 ± 0.07 <sup>f</sup>
0.97	6.27 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.38 <sup>e</sup>	1.52 ± 0.36 <sup>f</sup>
0.96	6.06 ± 0.58 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.41 <sup>d</sup>	3.37 ± 0.38 <sup>g</sup>
<u>Día 5</u>			
0.98**	6.39 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.29 ± 0.13 <sup>d</sup>	1.39 ± 0.38 <sup>f</sup>
0.97	7.06 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.08 <sup>e</sup>	2.00 ± 0.17 <sup>g</sup>
0.96	5.41 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.42 ± 0.27 <sup>e</sup>	2.43 ± 0.24 <sup>g</sup>
<u>Día 10</u>			
0.98**	6.61 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.57 ± 0.08 <sup>d</sup>	0.84 ± 0.22 <sup>f</sup>
0.97	5.95 ± 0.10 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.14 <sup>d</sup>	1.92 ± 0.28 <sup>g</sup>
0.96	5.72 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.18 <sup>d</sup>	1.64 ± 0.29 <sup>g</sup>
<b>***Cambio neto de color (ΔE*)</b>			
0.98**	0.97 ± 0.07 <sup>a</sup>		
0.97	1.23 ± 0.12 <sup>b</sup>		
0.96	1.58 ± 0.17 <sup>c</sup>		

\*\* Puré control.

*a,b,c,d,e,f,g* Letras diferentes en la misma columna indican cambios significativos de acuerdo al análisis de medias LSD con un nivel de confianza de 95%, entre las muestras y el control ocurridos en los días de almacenamiento (0, 5 y 10)

\*\*\*Cambio neto de color después de 10 días de almacenamiento a 4°C.

reducir dramáticamente las cuentas iniciales de microorganismos. Estudios hechos por [Alzamora et al. \(1993\)](#), muestran que después de escaldar trozos de papaya, durazno y piña se observa una reducción del 95% de las cuentas iniciales de BMA. El escaldado no formó parte del proceso para obtener los purés de zapote de alta humedad. Sin embargo, los obstáculos aplicados a los productos de zapote fueron suficientes para la inhibición de BMA y levaduras; pero esto no ocurrió para los mohos, debido probablemente a los niveles de  $a_w$  (0.96 y 0.97) y al contenido de nutrientes del zapote, mismos que favorecen el crecimiento de mohos como *Aspergillus sp.* y *Penicillium*

*sp.* ([Frazier y Westhoff, 2003](#)). No obstante, en estudios realizados por [Parra et al. \(1992\)](#) se logró la inhibición de *Aspergillus flavus*, *A. ochraceus* y *Penicillium sp.* con una combinación de  $a_w$  0.99, pH 3.5 y 50 ppm de sorbato de potasio en sistemas modelo. El efecto sinérgico de la reducción de la  $a_w$ , el pH y el uso de sorbato de potasio disminuye la velocidad de las reacciones metabólicas y afecta los mecanismos de osmorregulación celular provocando que los microorganismos sean incapaces de recuperar su homeostasis ([Leistner y Gorris, 1995](#)). Los ácidos como el sórbico y el cítrico son solubles en su forma no disociada favorecida por valores bajos de pH y penetran a la membrana celular,

**Tabla IV.** Cargas microbiológicas de los purés de zapote de alta humedad almacenados a 4°C durante 10 días

	Días		
	0	5	10
	Bacterias Mesófilas Aerobias (UFC/g)		
0.98**	$(1.29 \pm 0.24) \times 10^5$ <sup>a</sup>	$(1.56 \pm 0.27) \times 10^7$ <sup>a</sup>	$(7.30 \pm 0.41) \times 10^8$ <sup>a</sup>
0.97	$(3.30 \pm 0.41) \times 10^3$ <sup>b</sup>	$(9.64 \pm 0.13) \times 10^2$ <sup>b</sup>	$(7.57 \pm 0.95) \times 10^1$ <sup>b</sup>
0.96	$(3.60 \pm 0.45) \times 10^3$ <sup>b</sup>	$(3.97 \pm 0.10) \times 10^1$ <sup>c</sup>	$(1.00 \pm 0.00) \times 10^1$ <sup>c</sup>
	Levaduras (UFC/g)		
0.98**	$(2.40 \pm 0.91) \times 10^1$ <sup>d</sup>	$(5.57 \pm 0.86) \times 10^2$ <sup>d</sup>	$(1.67 \pm 0.56) \times 10^4$ <sup>d</sup>
0.97	$(6.00 \pm 0.71) \times 10^1$ <sup>e</sup>	$(2.37 \pm 0.20) \times 10^1$ <sup>e</sup>	$(1.00 \pm 0.00) \times 10^1$ <sup>e</sup>
0.96	$(3.70 \pm 0.45) \times 10^1$ <sup>d</sup>	$(1.53 \pm 0.25) \times 10^1$ <sup>e</sup>	$(1.00 \pm 0.00) \times 10^1$ <sup>e</sup>
	Mohos (UFC/g)		
0.98**	$(2.81 \pm 0.23) \times 10^2$ <sup>f</sup>	$(6.53 \pm 0.95) \times 10^4$ <sup>f</sup>	$(2.04 \pm 0.43) \times 10^7$ <sup>f</sup>
0.97	$(3.30 \pm 0.75) \times 10^1$ <sup>g</sup>	$(8.13 \pm 0.41) \times 10^4$ <sup>f</sup>	$(1.88 \pm 0.12) \times 10^7$ <sup>f</sup>
0.96	$(6.40 \pm 0.11) \times 10^1$ <sup>g</sup>	$(1.02 \pm 0.7) \times 10^4$ <sup>f</sup>	$(2.02 \pm 0.18) \times 10^7$ <sup>f</sup>

\*\* Puré control.

<sup>a,b,c,d,e,f,g</sup> Las letras en las columnas significan grupos diferentes de acuerdo al análisis de medias LSD con nivel de confianza del 95%. Los análisis se realizaron para cada grupo de microorganismos (BMA, levaduras y mohos) entre el control y las muestras procesadas.

causando la acidificación del interior de la célula y la reducción del paso de solutos debido a cambios en el potencial de membrana (Restaino *et al.*, 1982; López-Malo *et al.*, 1994); dando como resultado, la inhibición de bacterias, mohos y levaduras. Este efecto se ha observado para varios microorganismos; por ejemplo, Alzamora *et al.* (1993) reporta diferentes combinaciones para inhibir el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* ( $a_w$  0.97, pH 4.0 y 500 ppm de sorbato de potasio /  $a_w$  0.93, pH 3 y 100 ppm sorbato de potasio).

### Evaluación sensorial

En la Tabla V se muestran los resultados de la evaluación sensorial. Los resultados revelan que los parámetros con valores más altos fueron la textura y el sabor para el puré con  $a_w$  de 0.97; y el color y la textura para el puré con  $a_w$  de 0.96. La apariencia fue el atributo con calificación más baja para ambos purés, debido probablemente a las

características inherentes del zapote, puesto que se trata de un fruto poco conocido con la pulpa de color negro, inusual en alimentos de este tipo. Aunque se observan calificaciones que van desde 6.4 hasta 8, el promedio general reveló que las dos muestras procesadas caen en el nivel de “me gusta moderadamente”. Así también, se encontró que no hubo diferencias significativas entre las calificaciones obtenidas por los productos procesados para ninguno de los atributos sensoriales evaluados.

### Conclusiones

Se concluye que los obstáculos seleccionados para la elaboración de los purés de alta humedad fueron suficientes para mantener estables las características fisicoquímicas de los purés procesados, obteniendo productos de aceptación sensorial moderada. Sin embargo, no se logró obtener un producto



**Tabla V.** Análisis sensorial de los purés de zapote de alta humedad después de 5 de almacenamiento a 4°C\*\*

	Color	Apariencia	Textura	Sabor	Olor
0.97	7.0 ± 2.3 <sup>a</sup>	6.2 ± 1.9 <sup>b</sup>	7.5 ± 2.9 <sup>c</sup>	8.0 ± 2.5 <sup>d</sup>	6.8 ± 2.5 <sup>e</sup>
0.96	7.3 ± 2.1 <sup>a</sup>	6.6 ± 1.7 <sup>b</sup>	7.5 ± 2.5 <sup>c</sup>	7.0 ± 3.1 <sup>d</sup>	7.0 ± 2.5 <sup>e</sup>

\*\* El puré control presentó crecimiento de mohos a los 5 días de almacenamiento; por lo tanto no fue evaluado sensorialmente.

<sup>a,b,c,d,e</sup> Letras iguales en cada columna indican que no hay diferencia significativa de acuerdo a la prueba de t con un nivel de 95% de confianza.

totalmente libre de microorganismos deteriorativos debido al crecimiento de mohos durante el período de 10 días de almacenamiento a 4°C.

Se recomienda el escaldado de la fruta después de pelarla y antes de procesarla, además de probar diferentes combinaciones de los factores de conservación ( $a_w$ , pH, concentraciones de sorbato de potasio y refrigeración) para lograr la inhibición de mohos.

Es necesario desarrollar y dar a conocer nuevos productos como la frutas de alta humedad, que permitan conservar frutas regionales con características similares a las de su estado fresco, reducir pérdidas post-cosecha y disponer de ellas tanto en su temporada como fuera de la misma.

## Referencias

- Aguilera, J. M., Chirife, J., Tapia, M. S. y Welti-Chanes, J. 1990. *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. V Centenario CYTED-D. Subprograma Tratamiento y Conservación de Alimentos. Inventario de Alimentos de Humedad Intermedia Tradicionales en Ibero América*. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Alzamora, S. M., López-Malo, A. y Tapia, M. S. 2000. Overview. En: S. M. Alzamora, A. López-Malo y M. S. Tapia (Eds.). *Minimally Processed Fruits and Vegetables*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Alzamora, S. M., Tapia, M. S. y Welti-Chanes, J. 1993. Application of combined methods technology in minimally processed fruits. *Food Research International*. 26:125-130.
- Alzamora, S. M., Cerruti, P., Guerrero, S. y López-Malo, A. 1995. Minimally processed fruits by combined methods. En: G. Barbosa y J. Welti-Chanes (Eds.). *Food Preservation by Moisture Control*. CRC Press. EE.UU.
- Anzaldúa-Morales, A. 1999. *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Acribia. Zaragoza, España. 185 p.
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. Decimocuarta edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Arellano-Gómez, L., Saucedo, C. y Arévalo, M. L. 2005. Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración del fruto de zapote negro (*Diospyros digyna jacq*). *Agrociencia*. 39(2):173-181.
- Argaiz, A., López-Malo, A. y Welti-Chanes, J. 1995. Considerations for the development and the stability of high moisture fruit products during storage. En: G. Barbosa y J. Welti-Chanes (Eds.). *Food Preservation by Moisture Control. Fundamentals and Applications*. CRC Press. EE.UU.
- BAM. 1984. *Bacteriological Analytical Manual*. Sexta edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Catalán, E. 1999. *Transformación de frutas de alta humedad conservadas por métodos combinados en productos de fruta comerciales*. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas. Puebla, México.

- Chirife, J., Ferro-Fontan, C. y Benmergui, E. 1980. The prediction of water activity in aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods. IV.  $a_w$  prediction in aqueous nonelectrolyte solutions. *Journal of Food Technology*. 15:59-70.
- Frazier, W. C. y Westhoff, D. C. 2003. *Microbiología de los Alimentos*. Cuarta edición. Acribia. Zaragoza, España.
- Gianotti, A., Sacchetti, G., Guerzoni, M. E. y Dalla-Rosa, M. 2001. Microbial aspects on short-time osmotic treatment of kiwifruit. *Journal of Food Engineering*. 49:265-270.
- Guerrero-Beltrán, J. A. y Barbosa, G. 2006. Inactivation of *saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. *Journal of Food Protection*. 69(2):362-368.
- Leistner, L. 2007. Combined methods for food preservation. En: M. Rahman (Ed.). *Handbook of Food Preservation*. Segunda edición. CRC, Press. Boca Ratón, Florida. pp. 867-893.
- Leistner, L. y Gorris, G. 1995. Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science and Technology*. 61:41-46.
- López-Malo, A., Welte-Chanes, J., Palou, E. y Corte, P. 1994. Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. *Food Research International*. 27:545-553.
- NOM-111-SSA1. 1994. *Norma Mexicana. Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Mexicanas*. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. México.
- Norrish, R. S. 1966. An equation for the activity coefficients and equilibrium relative humidities of water in confectionery syrup. *Journal of Food Technology*. 1:25-39.
- Parra, L., López-Malo, A. y Argáiz, A. 1992. Efecto del pH y concentración de sorbato de potasio sobre la germinación y la velocidad de crecimiento de hongos. *Avances en Ingeniería Química*. AMIDIQ, A.C. México.
- Rahman, M. 2007. Food preservation: Overview. En: M. Rahman (Ed.). *Handbook of Food Preservation*. Segunda edición. CRC Press. Boca Ratón, Florida. pp. 3-18.
- Restaino, L., Komatsu, K. y Syracuse, M. 1982. Effects of acids on potassium sorbate inhibition of food related microorganism in culture media. *Journal of Food Science*. 47:134-138.
- Ross, K. D. 1975. Estimation of water activity in intermediate moisture foods. *Food Technology*. 29(3):26-29.
- SAGARPA. 2007. *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>, accesada 10/11/08
- Saucedo, C. y Arévalo, M. L. 2003. *Fisiología pre y post cosecha de algunos frutos exóticos de México con potencial de comercialización*. <http://www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencia/ponencias/Mesa%20V/Fisiologia%20pre%20y%20postcosecha....pdf>, accesada 22/10/2008
- Tapia, M. S., Alzamora, S. M. y Welte-Chanes, J. 1996. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 36:629-659.
- Welte-Chanes, J., Vergara, F. y López-Malo, A. 1996. Minimally processed food. State of the art and future. En: P. Fito y G. Barbosa (Eds.). *Food Engineering*. Chapman y Hall. EE.UU.
- Zaccari, F. 2007. *Cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas*. <http://www.fagro.edu.uy/~poscosecha/docs/Materiales%20de%20Apoyo/P%C9RDIDAS%20EN%20POSCOSECHA.pdf>, accesada 18/11/2008