



# Estabilidad de un producto dulce de tamarillo (*Cyphomandra betacea*) conservado por métodos combinados

## Stability of a sweet product of tamarillo (*Cyphomandra betacea*) preserved by combined methods

Villegas-Ruíz Xadeni; Rodríguez-Armas Dulce Neri; Guerrero-Beltrán José Ángel; Bárcenas-Pozos María Eugenia\*

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas Puebla. Ex hacienda Sta. Catarina Mártir. Cholula, Puebla 72820, México.

Recibido 01 abril 2013; aceptado 18 mayo 2013

### Resumen

El objetivo de este estudio fue aplicar la tecnología de métodos combinados para elaborar una base dulce (BDT) de tamarillo (*Cyphomandra betacea*), así como evaluar su estabilidad durante el almacenamiento. La BDT fue preparada al pH natural de la fruta (3,72), con una actividad de agua ( $a_w$ ) reducida (0,901) mediante la adición de sacarosa, y adicionada con benzoato de sodio (0,1%) como antimicrobiano. La BDT se almacenó en refrigeración (4°C), protegida de la luz, y se evaluó cada tercer día durante 60 días determinando sus características fisicoquímicas (color,  $a_w$ , pH y acidez titulable como ácido cítrico); antioxidantes (capacidad antioxidante, fenoles totales y antocianinas); y microbiológicas (bacterias mesófilas aerobias, mohos y levaduras). La BDT fue adicionada a yogurt natural para evaluar sensorialmente su aceptación general durante el almacenamiento; esta evaluación se llevó a cabo cada siete días durante 49 días. El tiempo de almacenamiento no tuvo efecto sobre la  $a_w$ , el pH y la acidez de la BDT. Se observó un aumento en el cambio neto de color (de 0 a 4,9) y se registró disminución en los compuestos fenólicos totales (de 1,213 a 0,816 mg de ácido gálico/g BDT), en las antocianinas monoméricas totales (de 0,910 a 0,611 mg cianidina-3-glucósido/g de BDT) y en la capacidad antioxidante (de 5,816 a 3,576  $\mu$ mol Trolox/g BDT). Las cuentas de bacterias mesófilas aerobias, mohos y levaduras, aumentaron ligeramente durante el almacenamiento (de < 10 a 110 UFC/g, de < 10 a 380 UFC/g, y de < 10 a 83 UFC/g, respectivamente). En cuanto a los resultados de la evaluación sensorial, las calificaciones de la aceptación general no cambiaron significativamente ( $p > 0,05$ ) durante el almacenamiento.

**Palabras clave:** Tamarillo, *Cyphomandra betacea*, métodos combinados, compuestos antioxidantes.

### Abstract

The aim of this study was the use of the hurdle technology for preparing a sweet product (SPT) of tamarillo (*Cyphomandra betacea*) and assess its storage stability. SPT was prepared at the fruit natural pH (3.72), lowering the water activity ( $a_w$ ) (0.901) by adding sucrose and sodium benzoate (0.1%) as antimicrobial. SPT was stored under refrigeration (4 °C) conditions protected from light and it was analyzed every third day for 60 days. Physicochemical (color,  $a_w$ , pH, and titratable acidity as citric acid), antioxidant (antioxidant capacity, total phenolics, and anthocyanins), and microbiological (aerobic mesophilic bacteria, molds, and yeasts), were determined. SPT was mixed with plain yogurt to evaluate the overall sensory acceptance during storage. The evaluation took place every seventh day during 49 days. The storage time had no effect neither on  $a_w$ , pH or acidity of the SPT. It was observed an increase in the net change of color (0 to 4.9) and a decrease in total phenolic compounds (1.213-0.816 mg gallic acid/g SPT), total monomeric anthocyanins (0.910-0.611 mg cyanidin-3-glucoside/g SPT g), and antioxidant capacity (5.816-3.576  $\mu$ mole Trolox/g SPT). The aerobic mesophilic bacteria (< 10 to 110 CFU/g), molds (< 10 to 380 CFU/g), and yeast (83 CFU/g) increased slightly during storage. The acceptance values of the sensory evaluation did not change significantly ( $p > 0.05$ ) during storage.

**Keywords:** Tamarillo, *Cyphomandra betacea*, combined methods, antioxidant compounds.

\* Autor para correspondencia

Email: maria.barcenas@udlap.mx (M. Barcenas-Pozo)

## 1. Introducción

El tamarillo es un fruto obtenido de un pequeño árbol originario de los Andes peruanos y ecuatorianos (Prohens y Nuez, 2000). Su aporte de antioxidantes como polifenoles y carotenoides, además de piridoxina, vitaminas C y A, lo hacen un alimento atractivo y recomendable para el consumo humano (Ordoñez *et al.*, 2004; Vasco *et al.*, 2009). Es cultivado también en otros países de América Latina y en Nueva Zelanda. En México, en las regiones de Puebla y Veracruz, el tamarillo se cosecha durante los meses de noviembre y diciembre y se consume fresco. Debido a que se trata de un fruto de temporada y a que su procesamiento es limitado, es considerado un producto de bajo valor agregado.

Se ha considerado importante evaluar la aplicación de diversos métodos de conservación para prolongar su vida útil, aumentar su disponibilidad y consumo durante todo el año y evitar su desperdicio. Hasta la fecha, los tratamientos térmicos son los métodos de conservación más utilizados en la industria alimentaria, debido principalmente a su capacidad para inactivar microorganismos y enzimas. Sin embargo, el procesamiento térmico, particularmente cuando es severo, puede inducir diversos cambios físicos y químicos que repercuten negativamente en la calidad sensorial y nutrimental de las frutas, reduciendo así el contenido o disponibilidad de los compuestos bioactivos (Gil *et al.*, 2006; Rawson *et al.*, 2011). La congelación es otro método comúnmente aplicado para la conservación de productos de frutas, siendo efectivo para prolongar su vida de anaquel, además de conservar su calidad nutrimental y sensorial. Sin embargo, el uso de esta tecnología involucra altos costos. De aquí que resulte conveniente el uso de métodos de conservación menos severos y costosos, que a la vez sean efectivos para conservar la calidad nutrimental de los frutos y puedan garantizar la obtención de productos de alta calidad.

La tecnología de métodos combinados, considerada una tecnología emergente, consiste de la combinación inteligente de varios factores inhibidores del deterioro de los alimentos en un nivel de intensidad moderado, para lograr al final un producto alimenticio aceptable en términos de inocuidad, estabilidad ante el crecimiento microbiano, calidad sensorial, valor nutrimental y vida de anaquel (Ulloa, 2007). Entre los factores que suelen combinarse están un valor bajo de pH, actividad de agua reducida, adición de agentes antimicrobianos, almacenamiento en refrigeración, entre otros. La combinación de factores que afectan el crecimiento microbiano presenta una ventaja fundamental; esta combinación permite hacer una utilización más “gentil” o menos extrema de cada factor. Cada factor aplicado por separado podría resultar insuficiente frente a los microorganismos presentes, pero la combinación de varios factores proporciona una estabilidad microbiana que garantiza la seguridad del alimento (Raventós, 2005; Leistner, 1992). Adicionalmente, la tecnología de métodos combinados requiere de equipo sencillo y de bajo costo, por lo que el procesamiento puede ser efectuado en el sitio de la cosecha (Alzamora *et al.*, 2004).

El objetivo de este estudio fue aplicar la tecnología de métodos combinados para la conservación de tamarillo, mediante la elaboración de una base dulce de este fruto y la evaluación de la estabilidad de la misma durante el almacenamiento.

## 2. Material y Métodos

### 2.1. Materiales

Se utilizó tamarillo cultivado en Teziutlán, Puebla, México. Los tamarillos fueron recolectados en el otoño de 2011, y en el momento de su uso tuvieron un índice de madurez, expresado como la relación °Brix/acidez, de 5.4. Se usó azúcar comercial estándar (Zafra S.A. de C.V., México, D.F., México) y benzoato de

sodio grado alimentario (Reactivos Meyer, México, D.F., México).

## 2.2. Base dulce de tamarillo

Se seleccionaron tamarillos libres de deterioro y con características de color similares. Los tamarillos fueron lavados, desinfectados, por inmersión en una solución con 100 ppm de hipoclorito de sodio, y pelados manualmente usando un cuchillo. La fruta se trituró usando una batidora (Ostermod 2616, Sunbean Mexicana, México) hasta obtener un homogeneizado formado por pulpa, mucílago y semillas. El triturado se mezcló con azúcar (52%) y benzoato de sodio (0,1%) para obtener una base dulce de tamarillo (BDT) con actividad de agua de 0,901. Se empaclaron porciones de 130 g de BDT en recipientes de polipropileno (9 cm de diámetro y 5,5 cm de altura) con cierre hermético; los frascos se cubrieron con una película de polietileno negro, para protegerlos de la luz y se almacenaron durante 60 días en refrigeración (4°C). Se evaluaron las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de la BDT durante el almacenamiento.

## 2.3. Yogurt con BDT

Base dulce de tamarillo almacenada durante diferentes tiempos (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días), se mezcló con yogurt natural (Alpura®) fresco en una proporción 33:67 (BDT:yogurt), para evaluarla sensorialmente. Esto con el fin de determinar su aceptación general y de obtener su Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC).

## 2.4. Color

Se colocó BDT en una caja Petri (4 cm de diámetro, 1,2 cm de altura) y se midieron los parámetros *L* (luminosidad), *a* (verde-rojo) y *b* (azul-amarillo) en la escala de Hunter, utilizando un colorímetro Colorgard System/05 (BYK Gardner, Alemania), previamente calibrado, en el modo de reflectancia. Se calculó el cambio

neto de color ( $\Delta E$ ) utilizando la ecuación 1:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

donde  $\Delta L = L - L_0$ ,  $\Delta a = a - a_0$ ,  $\Delta b = b - b_0$ .  $L_0$ ,  $a_0$  y  $b_0$  corresponden a los valores de color del estándar (BDT recién elaborada) y  $L$ ,  $a$  y  $b$  son los valores de color de la muestra durante el almacenamiento.

## 2.5. Actividad de agua, pH y acidez

La actividad de agua fue medida a 25°C usando un higrómetro Aqualab Serie 3TE (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EE.UU.). El pH se midió por inmersión directa del electrodo en la muestra usando un pHmetro Orion 420A (Orion Research Inc., Beverly, MA, EE.UU.) de acuerdo al método 981.12 de la A.O.A.C. (2000). La acidez fue determinada de acuerdo al método 942.15 de la A.O.A.C. (2000) usando un pHmetro Orion 420A por titulación con NaOH 0,1 N hasta el vire del pH (8,2) de la fenoltaleína y expresada como porcentaje de ácido cítrico. Las tres determinaciones fueron realizadas por triplicado.

## 2.6. Perfil antioxidante

### *Obtención del extracto*

Se pesaron 4 g de BDT y se mezclaron con 25 mL de etanol absoluto. La mezcla fue sonicada durante 12 minutos en un sonicador Branson 1510 (Branson Ultrasonics, EE.UU.). La mezcla se centrifugó a 5000 rpm a 25°C durante 15 minutos en una centrífuga Marathon 21 K/R (Fisher Scientific, Reino Unido). El sobrenadante obtenido fue colocado en tubos Eppendorf en donde se inyectó gas nitrógeno durante 25 minutos para evaporar el etanol a 53°C. El residuo obtenido fue considerado como el extracto.

### *Compuestos fenólicos totales*

Se determinaron de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). En un tubo de ensaye se adicionaron 100 µL de extracto, 7,9 mL de agua destilada y 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu.

Éstos fueron mezclados y después de 30 s se adicionaron 1,5 mL de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%. La mezcla se dejó reposar dos horas en la oscuridad y posteriormente se midió la absorbancia a 765 nm usando un espectrofotómetro UV-Visible marca UNICO (United Products & Instruments, Inc., Dayton, NJ, EE.UU.). El blanco usado fue agua destilada. Los valores de absorbancia obtenidos fueron sustituidos en la ecuación de la curva estándar de ácido gálico (mg/L). El contenido de compuestos fenólicos se expresó como miligramos de ácido gálico por gramo de base dulce de tamarillo: Concentración (mg ácido gálico) = (Absorbancia - 0,0571)/0,0011. La determinación se llevó a cabo por triplicado.

#### *Antocianinas monoméricas totales*

Las antocianinas monoméricas totales fueron determinadas de acuerdo al método de pH diferencial de Giusti y Wrolstad (2001). En un tubo de ensayo se colocaron 7 mL de solución amortiguadora McIlvain pH = 1 y en otro 7 mL de solución amortiguadora McIlvain pH = 4,5. Posteriormente, se adicionaron 200  $\mu\text{L}$  del extracto a cada tubo y se agitaron. Se midieron las absorbancias para ambas soluciones a 500 y 700 nm en un espectrofotómetro UV-Visible marca UNICO (United Products & Instruments, Inc., EE.UU.) usando agua destilada como blanco. La absorbancia final se calculó de la siguiente manera:

$$A = (A_{500\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}=1,0} - (A_{500\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}=4,5} \quad (3)$$

El valor de absorbancia calculado se sustituyó en la Ecuación 4 para obtener la concentración de antocianinas monoméricas totales (mg/L) en la muestra:

$$AM = \frac{A * PM * FD * 1000}{\epsilon * l} \quad (4)$$

donde *AM* son antocianinas monoméricas (mg/g), *PM* es el peso molecular de la cianidina-3-glucósido (449,2 g/mol),  $\epsilon$  es la absorptividad molar de la cianidina-3-

glucósido (18800 L/mol\*cm), *FD* es el factor de dilución (volumen total/volumen extracto) y *l* es el ancho de la celda del espectrofotómetro (cm). La determinación se realizó por triplicado.

#### *Capacidad antioxidante*

Se determinó de acuerdo al método de Brand-Williams *et al.* (1995). Se obtuvo una solución de DPPH (0,036 mg/mL) mezclando 15 mL de solución stock (0,24 mg/mL) con 75 mL de etanol. Dicha solución debe presentar una absorbancia inicial ( $A_i$ ) de 1,0 a una longitud de onda de 515 nm. Para determinar la capacidad antioxidante, se mezclaron 50  $\mu\text{L}$  del extracto de BDT y 2,950  $\mu\text{L}$  de la solución de DPPH en un tubo de ensayo. La mezcla fue agitada y después de 60 minutos se midió la absorbancia final ( $A_f$ ) a una longitud de onda de 515 nm usando un espectrofotómetro UV-Visible marca UNICO (United Products & Instruments, Inc., EE.UU.). Se utilizó etanol como blanco. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical con la siguiente ecuación:

$$I = \left( \frac{A_i - A_f}{A_i} \right) * 100 \quad (2)$$

donde *I* es el porcentaje de inhibición. Los resultados obtenidos se expresaron como micromoles equivalentes a trolox por gramo de base dulce de tamarillo. La cuantificación se realizó con el uso de una curva estándar de Trolox: Concentración ( $\mu\text{mol/L}$ ) = (Absorbancia - 1,0302)/-0,0004. La determinación se llevó a cabo por triplicado.

#### **2.7. Carga microbiana**

Para la determinación de bacterias mesófilas aerobias (BMA), mohos y levaduras, se prepararon diluciones seriadas de las muestras con agua peptonada estéril (NOM-110-SSA1-1994). Para la determinación de BMA se usó el método de siembra estándar en placa (NOM-092-SSA1-1994); las placas fueron incubadas a 35°C durante 48 horas. Para el

recuento de mohos y levaduras se usó agar papa dextrosa acidificado como medio de cultivo; las placas fueron incubadas a 25°C durante 5 días (NOM-111-SSA1-1994). Las determinaciones se hicieron por triplicado.

## 2.8. Evaluación sensorial

Con el fin de identificar las principales características de sabor de la base dulce de tamarillo y de la mezcla BDT-yogurt se realizó un Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC). La evaluación fue llevada a cabo con un grupo de seis jueces entrenados (dos hombres y cuatro mujeres) entre 20 y 25 años de edad. Se utilizaron escalas estructuradas de 0 a 100 puntos para evaluar las intensidades sensoriales de color, consistencia y sabor. En la escala, 0 representaba la ausencia del atributo, 1 a 20 intensidad baja, 21 a 40 intensidad media baja, 41 a 60 intensidad media, 61 a 80 intensidad media alta y 81 a 100 intensidad alta (Stone y Sidel, 2004). Los atributos evaluados en la BDT fueron los sabores ácido, amargo, dulce, notas rojas, notas amarillas, notas verdes y madera. La combinación de BDT con yogurt se evaluó con base en los sabores ácido, amargo,

dulce, notas rojas, notas amarillas, notas verdes, madera, fermentado y crema; así como la consistencia y el color. Por otro lado, 100 jueces consumidores evaluaron la aceptación general del producto mediante una escala hedónica estructurada de nueve puntos (Pedrero y Pangborn, 1989).

## 2.9. Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey, para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en la determinación de las características fisicoquímicas, antioxidantes y sensoriales de los productos, a un nivel de confianza del 95%. El análisis se realizó usando el software Minitab 16 (Minitab Inc., EE.UU.).

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Actividad de agua, pH y acidez

En la Tabla 1 se presentan los resultados de actividad de agua ( $a_w$ ), pH y acidez (ácido cítrico) de la base dulce de tamarillo durante el almacenamiento bajo refrigeración.

**Tabla 1**

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el pH, acidez y  $a_w$  de la base dulce de tamarillo<sup>a</sup>.

Tiempo(día)	$a_w$	pH	Acidez <sup>b</sup> (%)
0	0,901±0,001 <sub>cde</sub>	3,72±0,002 <sub>cd</sub>	0,94±0,003 <sub>a</sub>
3	0,902±0,002 <sub>bcd</sub>	3,72±0,001 <sub>cd</sub>	0,95±0,003 <sub>a</sub>
6	0,901±0,004 <sub>cde</sub>	3,72±0,002 <sub>cd</sub>	0,92±0,010 <sub>abcd</sub>
9	0,903±0,002 <sub>abc</sub>	3,75±0,010 <sub>ab</sub>	0,93±0,002 <sub>abc</sub>
12	0,905±0,001 <sub>ab</sub>	3,75±0,010 <sub>ab</sub>	0,93±0,002 <sub>abc</sub>
15	0,905±0,004 <sub>ab</sub>	3,72±0,001 <sub>cd</sub>	0,91±0,010 <sub>abcde</sub>
18	0,898±0,003 <sub>ef</sub>	3,71±0,003 <sub>de</sub>	0,93±0,001 <sub>abc</sub>
21	0,896±0,003 <sub>f</sub>	3,76±0,002 <sub>a</sub>	0,93±0,002 <sub>abc</sub>
24	0,902±0,002 <sub>bcd</sub>	3,70±0,003 <sub>de</sub>	0,93±0,030 <sub>abc</sub>
27	0,899±0,001 <sub>def</sub>	3,70±0,001 <sub>de</sub>	0,87±0,020 <sub>def</sub>
30	0,899±0,001 <sub>def</sub>	3,70±0,004 <sub>de</sub>	0,88±0,030 <sub>cdef</sub>
33	0,899±0,004 <sub>def</sub>	3,74±0,002 <sub>bc</sub>	0,88±0,010 <sub>cdef</sub>
36	0,902±0,001 <sub>bcd</sub>	3,71±0,001 <sub>de</sub>	0,88±0,010 <sub>cdef</sub>
39	0,902±0,002 <sub>bcd</sub>	3,70±0,002 <sub>de</sub>	0,88±0,020 <sub>cdef</sub>
42	0,899±0,002 <sub>def</sub>	3,69±0,003 <sub>de</sub>	0,86±0,010 <sub>ef</sub>
45	0,902±0,003 <sub>bcd</sub>	3,74±0,004 <sub>bc</sub>	0,87±0,002 <sub>ef</sub>
48	0,905±0,001 <sub>ab</sub>	3,70±0,020 <sub>de</sub>	0,85±0,001 <sub>f</sub>
51	0,899±0,001 <sub>def</sub>	3,71±0,002 <sub>de</sub>	0,84±0,002 <sub>f</sub>
54	0,899±0,004 <sub>def</sub>	3,72±0,001 <sub>cd</sub>	0,84±0,020 <sub>f</sub>
57	0,902±0,00 <sub>bcd</sub>	3,69±0,01 <sub>de</sub>	0,84±0,03 <sub>f</sub>
60	0,902±0,00 <sub>bcd</sub>	3,69±0,01 <sub>de</sub>	0,84±0,01 <sub>f</sub>

<sup>b</sup> Letras iguales indican que no existe diferencia significativa ( $p>0,05$ ) en la misma columna.

<sup>c</sup> Expresado como ácido cítrico.

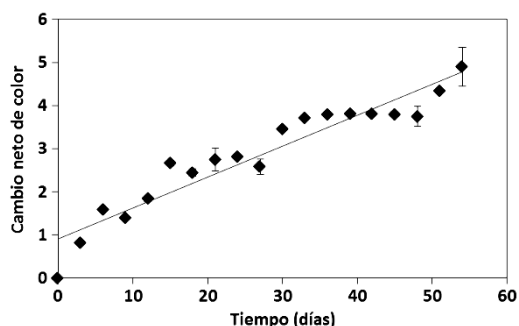
Se observa que los valores de  $a_w$  se encuentran entre 0,896 y 0,905. Aunque en varios casos hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), los resultados no presentaron un comportamiento definido.

En el caso del pH (3,72 inicial en la BDT), se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores a diferentes tiempos de almacenamiento; el intervalo de variación observado fue de 3,69 a 3,76. García y Reátegui (2002) y López-Malo y Palou (2008) han reportado que los valores de  $a_w$  y pH se mantienen estables por un periodo entre 35 y 90 días para productos como pulpa de guayaba y piña. En cuanto a la acidez, se observó una disminución durante el tiempo de almacenamiento (de 0,94 a 0,84 %). Sin embargo, a pesar de que las diferencias entre los valores de acidez fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ), este comportamiento no tuvo efecto relevante en el pH.

### 3.2. Color

En la Figura 1 se muestran los resultados del efecto del tiempo de almacenamiento sobre el cambio neto de color ( $\Delta E$ ) de la BDT. Los parámetros iniciales de color  $L_o$ ,  $a_o$  y  $b_o$  fueron 15,65, 5,73 y 1,55, respectivamente. Se observa que el cambio neto de color de la BDT aumentó con el tiempo de almacenamiento, siendo la diferencia entre los valores obtenidos estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Los parámetros de color  $L$ ,  $a$  y  $b$  (datos no reportados) de la BDT disminuyeron gradualmente durante el almacenamiento, debido principalmente al oscurecimiento. Se observó una disminución marcada del parámetro  $a$ , que indica la pérdida de la intensidad de color rojo. El pardeamiento se debe, muy probablemente, a la acción de la polifenoloxidasas que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a o-quinonas y la  $\beta$ -glucosidasa que cataliza la oxidación de las antocianinas (Moreno *et al.*, 2010; Pérez, 2003). El oscurecimiento puede deberse también a la oxidación no enzimática del ácido ascórbico (Mariné,

1982). Todo lo anterior se vio reflejado en una menor luminosidad, una decoloración gradual de la BDT y la pérdida de los pigmentos naturales. Así, a simple vista el producto presentó un color rojo tenue.



**Figura. 1.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el cambio neto de color de la base dulce de tamarillo.

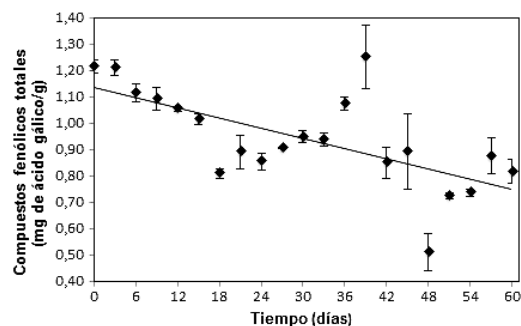
### 3.3. Perfil antioxidante

#### Compuestos fenólicos

En la Figura 2 se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento sobre los compuestos fenólicos totales de la BDT. Se observa una disminución de los compuestos fenólicos durante el periodo de almacenamiento. El valor inicial ( $1,21 \pm 0,02$  mg de ácido gálico/g BDT) de compuestos fenólicos disminuyó a  $0,81 \pm 0,04$  mg de ácido gálico/g de BDT a los 60 días de almacenamiento, observándose diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en los valores de compuestos fenólicos de la BDT. En general, durante el procesamiento y almacenamiento de frutas y sus productos con alto contenido de compuestos fenólicos, ocurren reacciones de oxidación de sustratos fenólicos fácilmente oxidables. Estas reacciones son catalizadas por enzimas como las fenolasas (Robards *et al.*, 1999). Los fenoles oxidados experimentan reacciones de polimerización dando lugar a pigmentos oscuros y a la pérdida de la capacidad antioxidante del producto (Robards *et al.*, 1999). Este tipo de reacciones se pueden controlar mediante la exclusión de oxígeno y luz, acidificación del medio y control de la temperatura. Sin embargo, la comple-

idad para mantener estas condiciones durante todo el procesamiento y almacenamiento del producto, además de la inestabilidad de los fenoles, ocasiona que la estabilidad de estos compuestos en su totalidad sea complicada (Tomás-Barberán y Espín, 2001). Los compuestos fenólicos totales presentes en la BDT se mantuvieron durante 45 días dentro del intervalo (0,81 a 1,87 mg de ácido gálico/g de tamarillo) reportado por Vasco *et al.* (2008) y Vasco *et al.* (2009) para tamarillos frescos.

En comparación con el valor inicial ( $1,21 \pm 0,02$  mg de ácido gálico/g BDT) obtenido para la BDT, la degradación observada fue menor al 22% los primeros 30 días y menor al 58% a los 60 días de almacenamiento. Aunque la tendencia general de los valores fue a disminuir, se observa que entre los 36 y los 39 días de almacenamiento se presentó un incremento, el cual puede ser atribuido a algún problema de tipo experimental.



**Figura 2.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los compuestos fenólicos totales de la base dulce de tamarillo.

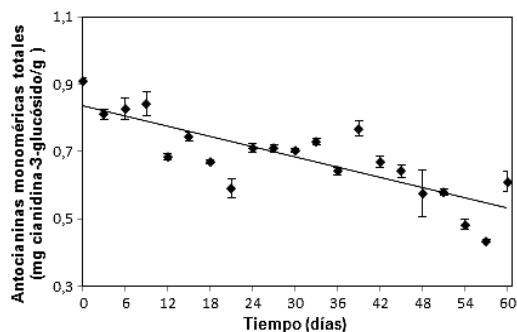
### Antocianinas

En la Figura 3 se presenta el efecto del tiempo de almacenamiento sobre las antocianinas monoméricas totales de la BDT. Se observa una disminución de los valores de antocianinas al incrementarse el tiempo de almacenamiento. El valor inicial de  $0,91 \pm 0,00$  mg cianidina-3-glucósido/g de BDT disminuyó a  $0,61 \pm 0,03$  mg cianidina-3-glucósido/g de BDT después de 60 días de almacenamiento observán-

dose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) durante el tiempo de almacenamiento.

Las antocianinas son relativamente inestables y a menudo sufren reacciones de degradación durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Durst y Wrolstad, 2001).

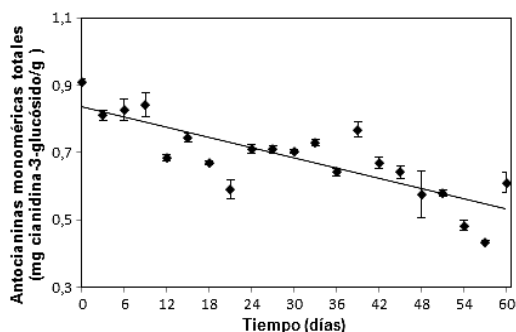
Existen varios factores que se deben tomar en cuenta para garantizar la estabilidad de las antocianinas y que, en el caso de este estudio, fueron tomados en cuenta para evitar su degradación: el mantenimiento de un pH bajo y estable, las bajas temperaturas de almacenamiento y el control de la luz y oxígeno (Rein, 2005). Esos factores contribuyeron a que la degradación de las antocianinas fuera menor al 23% durante los primeros 30 días de almacenamiento y menor al 52% a los 60 días de almacenamiento. En estudios referentes al tamarillo se han reportado valores muy dispersos de antocianinas; esto puede deberse a que en la cuantificación de este tipo de compuestos se ven involucrados factores como el método de extracción, la solución extractante, las condiciones iniciales del fruto, entre otros. Vasco *et al.* (2009) han reportado valores que van de  $15,7 \pm 0,8$  a  $38 \pm 0,2$  mg de cianidina-3-glucósido/100 g de tamarillo fresco. Es posible observar que el contenido de antocianinas de la BDT estuvo por encima de este intervalo, aun considerando el procesamiento y almacenamiento del fruto.



**Figura 3.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las antocianinas monoméricas totales de la base dulce de tamarillo.

### Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante del tamarillo se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonas, flavonoles, carotenoides y ácidos orgánicos en el fruto (Vera de Roso y Mercadante, 2007). En la Figura 4 se presenta el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la capacidad antioxidante de la BDT expresada como capacidad antioxidante equivalente a trolox (CAET). Se observó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los valores de capacidad antioxidante, mostrando una tendencia general a la disminución durante el tiempo de almacenamiento. Se ha demostrado en gran número de estudios que los compuestos antioxidantes son muy susceptibles (Durst y Wrolstad, 2001; Rein, 2005) a innumerables factores. En fresas, algunas frutas exóticas, brócoli y col (Zhang y Hamazu, 2004; Volden *et al.*, 2008, Rawson *et al.*, 2011; Orak *et al.*, 2012), que han sido conservados mediante el uso de tratamientos térmicos (secado con aire, hervido convencional), se ha reportado una pérdida de 50 a 70% de la capacidad antioxidante. En este sentido, el uso de la tecnología de métodos combinados resultó menos agresiva para la capacidad antioxidante en BDT, ya que la disminución en la capacidad antioxidante después de 60 días de almacenamiento, fue de 39%.



**Figura 4.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la capacidad antioxidante de la base dulce de tamarillo.

### 3.4. Carga microbiana

En la Tabla 2 se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias (BMA), mohos y levaduras en la base dulce de tamarillo. Se observa que las BMA se mantuvo entre  $<10$  y 23 UFC/g de BDT durante los primeros 39 días de almacenamiento. Posteriormente se incrementó la cuenta de BMA, obteniéndose 50 UFC/g el día 45 y 110 UFC/g el día 60. Los mohos presentaron un comportamiento similar al de las BMA durante los primeros 30 días de almacenamiento; posteriormente, la carga de estos microorganismos se incrementó de forma más acelerada. Los mohos se mantuvieron durante 30 días entre  $<10$  y 23 UFC/g y después aumentaron hasta 380 UFC/g a los 60 días de almacenamiento. La carga de levaduras se mantuvo entre  $<10$  y 23 UFC/g durante 42 días y fue aumentando hasta 83 UFC/g después de 60 días de almacenamiento. Se puede observar que la cantidad de mohos fue mayor que la de bacterias y levaduras. Esto puede atribuirse a que los mohos presentan una mayor resistencia que otros microorganismos a una alta acidez, a una disponibilidad limitada de  $O_2$  y a una  $a_w$  reducida (Alzamora *et al.*, 2004; Ulloa, 2007). En la NOM-130-SSA1-1995 se establece como límite 50-100 UFC/g de BMA y 10-25 UFC/g de mohos y levaduras para productos con alto contenido de sólidos (azúcar) como mermeladas, purés, jaleas, ates, jugos y néctares, envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. En este estudio, la conservación de la BDT por métodos combinados no incluyó un tratamiento térmico; no obstante, la carga de BMA se mantuvo dentro de las especificaciones marcadas por esta norma durante 57 días, mientras que la de mohos durante 30 días y la de levaduras durante 42 días.

Existen otras normas y criterios para distintos productos alimenticios que permiten una mayor carga de BMA, mohos y levaduras.



Tal es el caso de la NOM-093-SSA1-1994 para alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos; ésta establece 3000 UFC/g de BMA y 50 UFC/g de levaduras como límites máximos permitidos para alimentos preparados tales como purés, salsas y aderezos. Esto se cumplió para la BDT durante todo el periodo de estudio para las BMA y durante 51 días para las levaduras. En estudios previos (García y Reátegui, 2002), se ha tomado como límite admisible para mohos y levaduras un valor máximo de 1000 UFC/g para pulpa de guayaba conservada por métodos combinados (García *et al.*, 1993).

**Tabla 2**

Cuentas de bacterias mesófilas aerobias (BMA), mohos y levaduras en la base dulce de tamarillo durante el almacenamiento.

Tiempo (día)	BMA (UFC/g)	Mohos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)
0	<10	<10	<10
3	<10	<10	<10
6	<10	<10	<10
9	<10	<10	<10
12	<10	<10	<10
15	<10	20	<10
18	20	20	<10
21	20	23	<10
24	<10	23	<10
27	20	20	<10
30	23	23	<10
33	<10	46	<10
36	<10	43	<10
39	20	65	15
42	ND	97	23
45	50	140	31
48	80	ND	ND
51	88	270	38
54	80	310	70
60	110	380	83

ND no disponible

Por otro lado, en normas basadas en los principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos para los alimentos (CAC/GL-2,1997) del *Codex Alimentarius* de países de América Latina como Colombia y Perú, se establecen 3000 UFC/g de BMA y entre 200 y 1000 UFC/g de mohos y levaduras como valores máximos permitidos para preparados de frutas y pulpas de fruta

azucaradas (DIGESA, 2008; Ministerio de Protección Social Colombia, 2011).

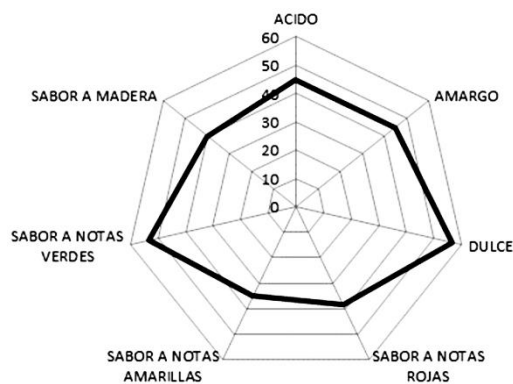
En este sentido, el consumo de la BDT almacenada durante 60 días en refrigeración no presenta riesgo microbiológico para la salud. De esta manera, la conservación del producto por métodos combinados puede considerarse efectiva.

### 3.5. Calidad sensorial

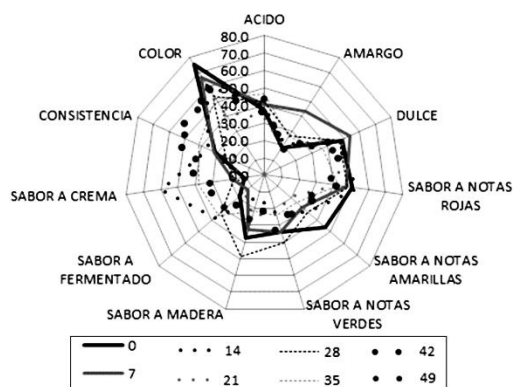
Los resultados obtenidos del Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC) de la BDT se muestran en la Figura 5. De acuerdo a la escala ya descrita para el ADC, se observa que la intensidad del sabor dulce fue media alta, la de los sabores ácido y a notas verdes fue media, y la del sabor amargo fue de baja media a media. Puede decirse que éstas son las notas principales del sabor de la BDT. Lo anterior concuerda con el hecho de que el tamarillo tiene un contenido importante de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides y ácidos orgánicos (Hurtado *et al.*, 2009; Kou *et al.*, 2009) y de que la BDT contiene una alta concentración de sacarosa.

La BDT tuvo un sabor dulce intenso (Figura 5), por tal motivo, se consideró necesario diluirla de alguna manera para evaluarla sensorialmente. De acuerdo a Hernández y Moreno (2000), el tamarillo ha sido combinado con lácteos para la creación de nuevos productos; así, se mezcló la BDT con yogur natural, como ya se describió anteriormente, para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento sobre su calidad sensorial.

En la Figura 6 se presentan los resultados del ADC del yogur combinado con la BDT, llevado a cabo por jueces entrenados durante 49 días de almacenamiento. Se observa que los únicos atributos que presentaron cambios notables en su intensidad fueron el sabor a crema y la consistencia. En ambos casos hubo un incremento considerable en la intensidad con el tiempo de almacenamiento; esto puede ser atribuido a cierta disminución en la intensidad de las notas de sabor de la BDT.

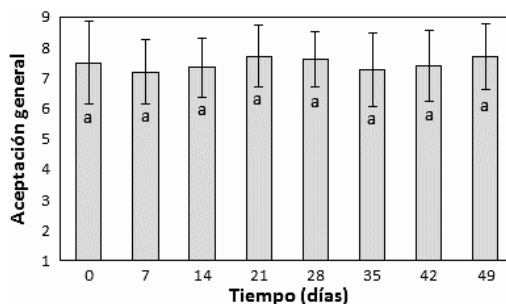


**Figura 5.** Análisis Descriptivo Cuantitativo de la base dulce de tamarillo.



**Figura 6.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los atributos sensoriales de la mezcla base dulce de tamarillo: yogur natural fresco.

Por último, en la Figura 7 se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la aceptación general de yogur adicionado con base dulce de tamarillo. No se observa diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre las calificaciones obtenidas durante los 50 días de evaluación. La máxima calificación otorgada por los consumidores a los 21 días fue de  $7,71 \pm 1,02$ , valor que se encuentra entre 7,0 (gusta moderadamente) y 8,0 (gusta mucho) en una escala hedónica estructurada de 9 puntos. Estos resultados indican que los cambios ocurridos durante el almacenamiento de la BDT, no influyeron significativamente en la aceptación general del yogur adicionado con BDT.



**Figura 7.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la aceptación general de la mezcla base dulce de tamarillo: yogur natural.

#### 4. Conclusiones

La aplicación de la tecnología de conservación por métodos combinados permitió la elaboración de un producto dulce a base de tamarillo (BDT), que conservó una calidad aceptable durante 30 días de almacenamiento, sin la utilización de algún tratamiento térmico o congelación. Durante dicho periodo, la carga microbiológica de la BDT se mantuvo dentro de lo establecido por las normas, su nivel de aceptación general desde el punto de vista sensorial no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) respecto a la BDT recién elaborada, y su retención de antocianinas y compuestos fenólicos fue superior al 77%. De esta manera, la BDT constituye una posibilidad de conservación sencilla y económica del fruto, al alcance de los agricultores dedicados al cultivo del mismo.

#### Agradecimientos

La autora Xadeni Villegas-Ruiz agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) por el financiamiento recibido para completar sus estudios de doctorado.

#### Referencias bibliográficas

- Alzamora, S.; Guerrero, S.; Nieto, A.; Vidales, S. 2004. Conservación de Frutas y Hortalizas Mediante Tecnologías Combinadas. FAO. Mejía. Italia.
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17a. Ed. EE.UU.

- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology* 28(1): 25-30.
- DIGESA. 2008. R.M. N°591-2008/MINSA, Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Ministerio de salud. Perú. Disponible: [http://www.digesa.sld.pe/norma\\_consulta/RM%20615-2003MINSA.pdf](http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/RM%20615-2003MINSA.pdf). Accesado 20 de junio 2013.
- Durst, R.; Wroslstad, R. 2001. Separation and characterization of anthocyanins by HPLC. En *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Eds. R.E., Wroslstad, T.E., Acree, E.A., Decker, M.H., Penner, D.S., Reid, S.J., Schwart, C.F., Shoemaker, D.M., Smith y P. Sporns. F1.3.1. John Wiley and Sons, Inc. EE.UU.
- García, R.; Reátegui, M. 2002. Conservación de pulpa de aguaje con aplicación de métodos de factores combinados. *Revista Amazónica de Investigación* 2(1): 59-68.
- García, A.; Vicente, I.; Sevillano, E.; Castro D. 1993. Conservación de pulpa de guayaba por métodos combinados. *Boletín Internacional de Divulgación N° 1*. Preservación de frutas a granel por el método de factores combinados, CYTEC-D. México.
- Gil, M.; Aguayo, E.; Kader, A. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 54(12): 4284-4296.
- Giusti, M.; Wroslstad, R. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. En *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. R.E., Wroslstad, T.E., Acree, E.A., Decker, M.H., Penner, D.S., Reid, S.J., Schwart, C.F., Shoemaker, D.M., Smith y P. Sporns. F1.2.1. John Wiley and sons, Inc. EE.UU.
- Hernández, G.; Moreno, M. 2000. Efecto del secado y del ácido cítrico sobre la degradación de los carotenoides de tamarillo. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2(5): 228-233.
- Hurtado, N.H.; Morales, A.L.; González-Miret, M.L.; Escudero-Gilete, M.L.; Heredia, F.J. 2009 Colour, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutinoides isolated from tamarillo fruit (*Solanum betaceum Cav.*). *Food Chemistry* 117: 88-93.
- Kou, M.C.; Yen, J.H.; Hong, J.T.; Wang, C.L.; Lin, C.W.; Wu, M.J. 2009. *Cyphomandra betacea* Sendt. Phenolics protect LDL from oxidation and PC12 cells from oxidative stress. *Food Science and Technology* 42: 458-463.
- Leistner, L. 1992. Food preservation by combined methods. *Food Research International* 25: 212-158.
- López-Malo, A.; Palou, E. 2008. Storage stability of pineapple slices preserved by combined methods. *International Journal of Food Science and Technology* 43(2): 289-295.
- Mariné, A. 1982. El pardeamiento y el color de los alimentos. *Alimentaria* 136, 13-30.
- Ministerio Protección Social Colombia. 2011. Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas que se procesan, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional. Disponible: [http://members.wto.org/crnattachments/2011/tbu/COL/11\\_2297\\_00\\_s.pdf](http://members.wto.org/crnattachments/2011/tbu/COL/11_2297_00_s.pdf). Accesado 20 de junio 2013.
- Moreno, A.; León, D.; Giraldo, G.; Ríos, E. 2010. Estudio de la cinética fisicoquímica del mango (*Mangifera indica L. Var. Tommy Atkins*) tratado por métodos combinados de secado. *Dyna* 77(162): 75-84.
- NOM-093-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. Secretaría de Salud. México. Disponible: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/093ssa14.html>. Accesado 20 de junio 2013.
- NOM-110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Secretaria de Salud. México. Disponible: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>. Accesado 20 de junio 2013.
- NOM-111-SSA1-1994 Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Secretaria de Salud. México. Disponible: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>. Accesado 20 de junio 2013.
- NOM-130-SSA1-1995. Bienes y Servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Secretaría de Salud. México. Disponible: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/130ssa15.html>. Accesado 20 de junio 2013.
- Orak, H.; Aktas, T.; Yagar, H.; Selen, S.; Ekinci, N.; Hasturk, F. 2012. Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo L*) fruit. *Food Science and Technology International* 18(4): 391-402.
- Ordoñez, R.; Vattuone M.; Isla, M. 2004. Changes in carbohydrate content and related enzyme activity during *Cyphomandra betacea* fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology* 35: 293-301.
- Pedrero, D.; Pangborn, R. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Alhambra Mexicana. México.
- Pérez, L. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Prohens, J.; Nuez, F. 2000. The tamarillo (*Cyphomandra betacea*): a review of a promising small fruit crop. *Small Fruit Review* 1(2): 43-68.
- Raventós, S.M. 2005. "Industria Alimentaria: Tecnologías Emergentes". Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña. España.
- Rawson, A.; Patras, A.; Tiwari, B.; Noci, F.; Koutchma, T.; Brunton, N. 2011. Effect of thermal and nonthermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advance. *Food Research International* 44(7): 1875-1887.
- Rein, M. 2005. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Tesis de Maestría. Universidad de Helsinki. Finlandia.
- Robards, K.; Prenzler, P.D.; Tucker, G.; Swatsitang, P.; Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401-436.
- Singleton, V.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178.
- Stone, H.; Sidel, J.L. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press. San Francisco. EE.UU.
- Tomás-Barberán, F.A.; Espín, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of

- quality in fruits and vegetables. *Journal of Food Science of Food and Agriculture* 81: 853-876.
- Ulloa, J. 2007. Frutas autoestabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit. México.
- Vasco, C.; Ruales, J.; Kamal, A. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of mayor fruits from Ecuador. *Food Chemistry* 111: 816-823.
- Vasco, C.; Avila, J.; Ruales, J.; Svanberg, U.; Kamal-Eldin, A. 2009. Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum Cav.*). *International Journal of Food Science and Nutrition* 60: 278-288.
- Vera de Rosso, V.; Mercadante, A. 2007. HPLC-PDA-MS/MS of anthocyanins and carotenoids from dovyalis and tamarillo fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55(22): 9135-9141.
- Volden, J.; Borge, G.; Bengtsson, G.; Hansen, M.; Thygesen, I.; Wicklund, T. 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea L. ssp. capitata f. rubra*). *Food Chemistry* 109(3): 595-605.
- Zhang, D.; Hamazu, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry* 88(4): 503-509.