

CONTENIDO DE ALGUNOS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN TRES ESTADOS DE MADUREZ Y DOS LOCALIDADES EN FRUTOS DE MEMBRILLO CIMARRÓN (*Malacomeles denticulata*)

María Guadalupe Herrera-Hernández; Carlos Alberto Núñez-Colín*;
Salvador Horacio Guzmán-Maldonado; Miguel Ángel Hernández-Martínez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5 Carretera Celaya - San Miguel de Allende.
Celaya, Guanajuato, MÉXICO. C. P. 38110. Tel.: 01 (461) 611 5323 ext. 113
Correo-e: lit007a@gmail.com (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los parámetros CIELAB de luminosidad (L^*), cromaticidad (C^*) y el ángulo de saturación del color Hue (H°), así como el contenido de taninos, fenoles totales y antocianinas en el fruto de dos poblaciones silvestres de membrillo cimarrón en tres estados de madurez. La luminosidad (L^*) se redujo 51 y 66 % para el fruto colectado en La Valenciana y El Derramadero, respectivamente. La cromaticidad (C^*) del fruto disminuyó en niveles muy parecidos y los niveles de Hue se incrementaron. Los fenoles solubles totales disminuyeron de entre 763.0 y 834.5 mg·100 g⁻¹ en el estado inmaduro, de entre 497.5 y 538.5 mg·100 g⁻¹ en el estado sobremaduro. Los taninos condensados también se redujeron conforme el fruto maduró. Las antocianinas totales se incrementaron de entre 10.08 y 14.7 mg·100 g⁻¹ en el estado inmaduro, de entre 16.57 y 17.72 mg·100 g⁻¹ en el estado sobremaduro. El contenido de compuestos fenólicos y taninos en el membrillo cimarrón es de 10 a 20 % mayor en comparación con muchos frutos de consumo común. Este fruto puede ser considerado un alimento con propiedades nutraceuticas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Rosaceae subtribu *Pyrinae*, membrillo cimarrón, parámetros de color, fenoles totales, antocianinas, taninos.

CONTENTS OF SOME ANTIOXIDANT COMPOUNDS AT THREE STAGES OF MATURITY OF THE MEXICAN SERVICEBERRY FRUITS (*Malacomeles denticulata*) IN TWO LOCALITIES

ABSTRACT

The objective of the present research was to evaluate the CIELAB parameters of luminosity (L^*), chromaticity (C^*), and Hue (H°) angle, as well as tannins, total phenols and anthocyanin contents in wild population of Mexican serviceberry fruits at three stages of maturity. Luminosity was reduced 51 % and 66 % in fruits collected in La Valenciana and El Derramadero, respectively, while chromaticity was reduced at similar levels than L^* and Hue angle increased. Total soluble phenols were reduced from 763.0 and 834.5 mg·100 g⁻¹ at the unripe stage from 497.5 and 538.5 mg·100 g⁻¹ at the overripe stage. Condensed tannins were reduced as fruit ripened. Total anthocyanin increased from 10.08 and 14.7 mg·100 g⁻¹ at the unripe stage from 16.57 and 17.72 mg·100 g⁻¹ at the overripe stage. The content of phenolics and tannins in the Mexican serviceberry is from 10-20 % higher compared to many commonly consumed fruits. This fruit can be considered a fruit with nutraceutical properties.

ADDITIONAL KEYWORDS: Rosaceae subtribe *Pyrinae*, Mexican serviceberry, color parameters, total phenols, anthocyanin, tannins.

INTRODUCCIÓN

El membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata* [Kunth] Jones), anteriormente catalogado como *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch (Turner, 2011), es un arbusto frutal endémico de las Américas y se distribuye desde Texas hasta Guatemala y tiene su mayor distribución en el centro de México (Núñez-Colín, 2010; Núñez Colín *et al.*, 2012). Esta especie recibe diversos nombres en México tales como membrillo cimarrón, acebuche, granjenillo y manzanita. En lenguas indígenas se le conoce como tlaxistle, tomistlacatli y tlaxioqui. En los Estados Unidos de América es conocido como Mexican serviceberry, Southern false serviceberry y big bend serviceberry (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

El fruto del membrillo cimarrón es un pequeño pomo de 8 mm de longitud polar y 6 mm de longitud ecuatorial, muy similar a las frutillas (berries). Esta especie tiene un gran potencial para la siembra en zonas semiáridas gracias a que crece en suelos pobres y es tolerante a la sequía (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). Con excepción del color, el fruto del membrillo cimarrón es muy parecido a la mora Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), la cual tiene gran importancia socioeconómica en los agrobizos en Estados Unidos y Canadá (Payne and Krewe, 1990; Stushnoff, 1991; Mazza and Davidson, 1993), donde en la actualidad se siembra exitosamente como especie introducida. En su inicio, la mora Saskatoon presentó características de cultivo similares al membrillo cimarrón; sin embargo, gracias a los estudios de Mazza (1980, 1982) sobre su valor nutricional, esta especie atrajo la atención del agricultor y del consumidor.

Si se desea justificar al membrillo cimarrón como cultivo alternativo, como sucedió con la mora Saskatoon, es necesario evaluar a la fruta e identificar si hay la presencia de compuestos con actividad biológica. En este sentido, se desconocen las características fisicoquímicas y fisiológicas del mismo en sus diferentes estados de madurez. Por otro lado, las frutillas tienen en común la capacidad de sintetizar compuestos de gran importancia nutracéutica, dado que han sido relacionados con la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, obesidad, diabetes, cáncer de esófago y cáncer gastrointestinal. No obstante, su consumo no es novedad, ya que los grupos humanos nativos de Norteamérica han considerado algunas frutillas en su dieta por cientos de años (Burns *et al.*, 2008). El efecto benéfico demostrado para frutillas y otros frutos de uso común se debe a la capacidad antioxidante que presentan, misma que se atribuye a la presencia de sustancias conocidas como compuestos fenólicos, tales como los flavonoides, que incluyen las antocianinas, taninos y ácidos, fenólicos entre otros (Proteggente *et al.*, 2002).

INTRODUCTION

The Mexican serviceberry (*Malacomeles denticulata* [Kunth] Jones), formerly listed as *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch (Turner, 2011), is a fruit-bearing shrub endemic to the Americas and is distributed from Texas to Guatemala and has its largest distribution in Central Mexico (Núñez-Colín, 2010; Núñez Colín *et al.*, 2012). This species has many names in Mexico such as membrillo cimarrón, acebuche, granjenillo and manzanita. In Mexican local languages, it is known as tlaxistle, tomistlacatli and tlaxioqui. In the United States, it is known as Mexican serviceberry, Southern false serviceberry and big bend serviceberry (Núñez-Colín and Hernández-Martínez, 2011).

The Mexican serviceberry is a small pome fruit of 8 mm polar length and 6 mm equatorial length, very similar to the berries. This species has great potential to be planted in semiarid areas because it grows in poor soils and is drought tolerant (Núñez-Colín and Hernández-Martínez, 2011). Except for the color, the Mexican serviceberry is very similar to the Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), which has great economic importance in agribusiness in the United States and Canada (Payne and Krewe, 1990; Stushnoff, 1991; Mazza and Davidson, 1993), where currently it is planted successfully as introduced species. At the beginning, the Saskatoon berry showed crop characteristics similar to the Mexican serviceberry; however, thanks to the studies of Mazza (1980, 1982) on nutritional value, this species attracted the attention of the farmer and the consumer.

If it is wanted to justify the Mexican serviceberry as an alternative crop, as with the Saskatoon berry, it is necessary to evaluate the fruit and identify whether there is the presence of compounds with biological activity. In this sense, the physicochemical and physiological characteristics of this fruit are known at different stages of maturity. On the other hand, berries have in common the ability to synthesize nutraceutical important compounds, because they have been associated with the prevention of cardiovascular diseases, neurodegenerative diseases, obesity, diabetes, esophageal cancer and gastrointestinal cancer. However, its use is not new, as the Native American human groups have considered some berries in their diet for hundreds of years (Burns *et al.*, 2008). The beneficial effect shown by berries and other common fruits is due to their antioxidant capacity, attributed to the presence of substances known as phenolics, such as flavonoids, including anthocyanin, tannins, and phenolic acids, among others (Proteggente *et al.*, 2002).

The aim of this study was to determine the CIELAB parameters of color, tannin content, total soluble phenols and anthocyanin content of the Mexican serviceberry at three stages of maturity in two wild populations. The results were compared with results from the literature of similar be-

El objetivo del presente trabajo fue determinar en dos poblaciones silvestres los parámetros CIELAB de color, el contenido de taninos, fenoles solubles totales y antocianinas del fruto del membrillo cimarrón en tres estados de madurez. Los resultados se compararon con los resultados de la literatura de frutillas similares y otros frutos para evaluar el sitio que guarda su calidad con respecto a frutos de uso común.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron frutos en tres estados de madurez que fueron colectados *in situ* de dos poblaciones silvestres de membrillo cimarrón (La Valenciana y El Derramadero, Guanajuato) en los meses de abril a junio de 2010. En el estado inmaduro el fruto presenta una coloración rojiza uniforme. La gente lo cosecha en estado maduro, cuando presenta una coloración rosa blancuzco (Figura 1), y en estado sobremaduro, cuando presenta un color café resultado de la deshidratación (Hernández-Martínez *et al.*, 2011).

La cosecha se realizó de acuerdo con las recomendaciones de Mena *et al.* (2011), con el fin de contar con muestras de fruto de aproximadamente 200 g, que fueran representativas de cada sitio de colecta. Se seleccionaron seis árboles totalmente al azar de ocho puntos de cosecha distribuidos en los dos sitios de producción. El fruto se cosechó y se trasladó al laboratorio bajo refrigeración el mismo día. En el laboratorio, los frutos se clasificaron por su estado de madurez. A continuación se seleccionaron al azar parejas de puntos de cosecha de cada sitio y su fruto se mezcló perfectamente para contar con cuatro repeticiones ($n = 4$) de aproximadamente 400 g cada una. Se separó una porción de cada muestra para determinar el color CIELAB y la otra porción se liofilizó y almacenó a -80°C hasta su análisis (tres réplicas para cada repetición).

ries and other fruits to assess the site that keeps its quality with respect to commonly used fruits.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Fruits at three stages of maturity were used in this study; they were collected *in situ* from two wild populations of the Mexican serviceberry (La Valenciana and El Derramadero, Guanajuato) from April to June 2010. At the unripe stage, the fruit has a uniform reddish coloration. People harvest this fruit when it is ripe, when it has a whitish pink color (Figure 1), and when this fruit is overripe, it has a brown color result of the dehydration (Hernández-Martínez *et al.*, 2011).

The harvest was conducted in accordance with the recommendations of Mena *et al.* (2011), in order to have fruit samples of approximately 200 g, which were representative of each collection site. Six trees were selected randomly from eight points of harvest distributed in the two production sites. The same day, the fruit was harvested and transported to the laboratory under refrigeration. At the laboratory, fruits were classified by their degree of ripeness. Then, pairs of points of harvest for each site were randomly selected and its fruit was thoroughly mixed to have four replicates ($n = 4$) of approximately 400 g each. A portion of each sample was separated to determine the CIELAB color and the other portion was lyophilized and stored at -80°C until analysis (three replicates for each repetition.)

Variables assessed

Color

Fruit color was determined using a colorimeter CR-400/410 Konica Minolta based on the CIELAB system, and



FIGURA 1. Estados de madurez del membrillo cimarrón. A: Inmaduro, B: Maduro y C: Sobremaduro.

FIGURE 1. State of maturity of the Mexican serviceberry A: unripe, B: ripe and C: overripe.

Variables evaluadas

Color

El color del fruto se determinó con un colorímetro CR-400/410 Konica Minolta tomando como base el sistema CIELAB y el estándar blanco. La medición se realizó directamente sobre el fruto y se registraron las coordenadas cromáticas L^* , que mide la brillantez del fruto y varía de 100 para el blanco a 0 para negro; a^* , que mide la tendencia entre el color rojo y el verde, y b^* , que mide entre el color amarillo y el azul. Con los parámetros a^* y b^* se calcularon los parámetros de ángulo de matiz o tono Hue (H°) y la cromaticidad (C^*) mediante las fórmulas:

$$H^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

La C^* se correlaciona con la saturación del color y el ángulo H° indica la magnitud en un cambio del color (McGuire, 1992).

Fenoles solubles totales

Se siguió el método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton *et al.* (1999), el cual está basado en la reducción de ácido gálico por compuestos fenólicos en presencia de un álcali. Se pesaron 100 mg de muestra en un tubo Falcon y se adicionaron 10 mL de metanol al 30 %, después se agitó en un vórtex a 8000 rpm durante 10 min y se filtró. Se tomó una alícuota de 125 mL del extracto y se colocó en un tubo de ensayo. Se le adicionaron 500 mL de agua desionizada y se agitó. Después se le agregaron 125 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, se agitó y se dejó reposar 6 min en la oscuridad. Posteriormente, se adicionaron 1.25 mL de Na_2CO_3 al 7 % y 1 mL de agua desionizada, se agitó y se dejó reposar 1.5 h en la oscuridad a temperatura ambiente. Después del reposo se leyó en un espectrofotómetro (6405 UV/Vis, JENWAY) a una absorbancia de 750 nm. En otro tubo se preparó un blanco de corrección con 125 mL del extracto de la muestra y todos los reactivos bajo las mismas condiciones a excepción del reactivo de Folin-Ciocalteu.

El cálculo de la concentración final se realizó comparando las lecturas de absorbancia con una curva de ácido gálico y se expresó como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra ($\text{mg EAG} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Taninos condensados

Estos compuestos se cuantificaron de acuerdo al ensayo de la vainillina de Desphande y Cheryn (1985). Para

the standard white. The measurement was performed directly on the fruit and the chromaticity coordinates L^* were recorded, which measures the luminosity of the fruit and varies from 100 for white to 0 for black, a^* , which measures the tendency between red and green, and b^* , which measures between yellow and blue. Hue angle or Hue tone (H°) and chromaticity (C^*) were calculated Using the parameters a^* and b^* means of the following formulas:

$$H^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

The C^* is correlated with the color saturation and the angle H° indicates the magnitude of a change of color (McGuire, 1992).

Total soluble phenols

The Folin-Ciocalteu method, described by Singleton *et al.* (1999), was used, which is based on gallic acid reduced by phenolic compounds in the presence of an alkali. A total of 100 mg of sample were weighted using a Falcon tube and 10 mL of methanol at 30 % were added, then stirred in a vortex mixer at 8000 rpm for 10 min and filtered. An aliquot of 125 mL of the extract was took and placed in a test tube. A total of 500 mL of deionized water were added and stirred. Then 125 mL of Folin-Ciocalteu reagent were added, stirred and left to stand 6 min in the dark. Subsequently, 1.25 mL of Na_2CO_3 at 7 % and 1 mL of deionized water were added, stirred and left to stand 1.5 h in the dark at room temperature. After resting a reading was conducted using a spectrophotometer (6405 UV/Vis, JENWAY) at an absorbance of 750 nm. In other tube a control of correction was prepared using 125 mL of sample extract and all reagents under the same conditions except the Folin-Ciocalteu reagent.

Calculating the final concentration was performed by comparing the absorbance readings with a gallic acid curve and expressed as mg equivalents of gallic acid per 100 g of sample ($\text{mg EAG} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Condensed tannins

These compounds were quantified according to the test of vanillin of Desphande and Cheryn (1985). A total of 200 mg of lyophilized and milled sample were weighted for extracting tannins. A total of 10 mL of methanol were added and stirred for 20 min, and then centrifuged at 5000 rpm for 5 min. Subsequently, 5 mL of vanillin reagent (1 % vanillin in methanol and 8 % HCl in methanol 1:1) freshly prepared were added to 1 mL of the supernatant. In other tube, the control of correction was prepared with 1 mL of the super-

la extracción de los taninos se pesaron 200 mg de muestra liofilizada y molida. Se adicionaron 10 mL de metanol, se agitó por 20 min, y después se centrifugó a 5000 rpm por 5 min. Posteriormente, a 1 mL del sobrenadante se le adicionaron 5 mL de reactivo de vainillina (vainillina 1 % en metanol y HCl 8 % en metanol en proporción 1:1) recién preparado. En otro tubo se preparó el blanco de corrección con 1 mL del sobrenadante y 5 mL de HCl 4 %. Se incubó por 20 min a 30 °C para llevar a cabo la reacción y posteriormente se leyó en un espectrofotómetro (6405 UV/Vis, JENWAY) con la absorbancia de 500 nm. La concentración final se expresó como mg equivalentes de catequina por 100 g de muestra ($\text{mg EC} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) comparando con una curva estándar de catequina.

Antocianinas totales

La cuantificación de antocianinas se realizó conforme a Abdel y Hucl (1999). Se pesó en un tubo falcon 50 mg de muestra liofilizada y se adicionaron 24 mL de etanol acidificado (etanol:HCl 1N en proporción 85:15). Se agitó en un vórtex a 8000 rpm durante 30 min y a continuación se determinó el pH de la muestra. Cuando fue necesario, se ajustó el pH a 1.0 con HCl 4 N. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 5000 rpm durante 15 min. El sobrenadante se colocó en un matraz volumétrico, se aforó a 50 mL con etanol acidificado y la muestra se agitó perfectamente. A continuación la muestra se leyó en el espectrofotómetro (6405 UV/Vis, JENWAY) a una absorbancia de 535 nm.

Con el dato de absorbancia, la concentración de antocianinas totales en la muestra ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) se calculó como cianidina 3-glucósido, según la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A}{\epsilon} \cdot \frac{\text{vol}}{1000} \cdot \text{PM} \cdot \frac{1}{\text{peso de muestra}} \cdot 10^6$$

Donde:

C = Concentración de antocianinas totales ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

A = Absorbancia máxima

ϵ = Absortividad molar de la cianidina 3-glucósido ($25,9\text{C65 cm}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$)

vol = Volumen total del extracto de antocianinas

PM = Peso molecular de la cianidina 3-glucósido (449).

Análisis estadístico

Se aplicaron dos análisis de varianza (ANAVA) en un diseño experimental completamente al azar. El primero con

natant and 5 mL of 4 % HCl. It was incubated for 20 min at 30 °C to conduct the reaction and then the reading was conducted using a spectrophotometer (6405 UV/Vis, JENWAY) with the absorbance of 500 nm. The final concentration was expressed as mg equivalents of catechin per 100 g of sample ($\text{mg EC} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) compared to a standard curve of catechin.

Total anthocyanin

The quantification of anthocyanin was conducted according to Abdel and Hucl (1999). It was weighted using a 50 mg falcon tube with lyophilized sample and 24 mL of acidified ethanol (ethanol:HCl 1N in ratio 85:15) were added. It was stirred in a vortex at 8000 rpm for 30 min and then the pH of the sample was determined. The pH was adjusted to 1.0 with HCl 4 N, when it was required. Subsequently, the sample was centrifuged at 5000 rpm for 15 min. The supernatant was placed in a volumetric flask, 50 mL were gauged with acidified ethanol and the sample was well stirred. Then, the sample was read using the spectrophotometer (6405 UV/Vis, JENWAY) at an absorbance of 535 nm.

With the absorbance data, the concentration of anthocyanin in the sample ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) was calculated as cyanidin 3-glucoside according to the following formula:

$$C = \frac{A}{\epsilon} \cdot \frac{\text{vol}}{1000} \cdot \text{MW} \cdot \frac{1}{\text{weight of the sample}} \cdot 10^6$$

Where:

C = Concentration of total anthocyanin ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

A = Maximum absorbance

ϵ = molar absorptivity of cyanidin 3-glucoside ($25,9\text{C65 cm}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$)

vol = Total volume of anthocyanin extract

MW = Molecular weight of cyanidin 3-glucoside (449).

Statistical Analysis

Two analysis of variance (ANOVA) in a completely randomized design were conducted. The first analysis was with a factorial treatment design with two factors (population and degree of ripeness of the fruit); and the second considering each of the combinations of the ripening stage with the population as a different treatment. Tukey's mean comparison tests were performed from the ANOVA tests. Additionally, a Pearson's linear correlation analysis among all variables was conducted. All analyzes were

un diseño de tratamientos factorial con dos factores que fueron población y estado de madurez del fruto y el segundo considerando a cada una de las combinaciones del estado de madurez con la población como un tratamiento diferente. A partir de los ANAVA se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlaciones lineales de Pearson entre todas las variables evaluadas. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa estadístico SAS 9.2 (Anónimo, 2009)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color

No se observaron diferencias en el parámetro CIELAB de luminosidad (L^*) dentro del mismo estado de madurez en ambos sitios de colecta (Cuadro 1). Por el contrario, sí se observaron diferencias en este parámetro entre los tres estados de madurez evaluados. El fruto sobremaduro proveniente de La Valenciana presentó un nivel de L^* de 10.4, menor al observado para el fruto inmaduro (30.90) y maduro (21.30) de la misma localidad. El mismo comportamiento se observó en el fruto colectado en El Derramadero. La disminución en el parámetro L^* observada en el membrillo cimarrón que se reporta en este trabajo fue mayor al observado en el garambullo (de 26.7 a 19.4), especie considerada como una frutilla (Herrera-Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, el membrillo cimarrón en el estado inmaduro y maduro presenta frutos más vivos y luminosos representados por valores mayores de L^* (Zatylny *et al.*, 2005).

performed using the statistical software SAS 9.2 (Anonymous, 2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Color

No differences were observed in the CIELAB parameter of luminosity (L^*) in the same ripening stage in both collection sites (Table 1). On the contrary, differences were observed in this parameter among the three stages of maturity evaluated. The overripe fruit from La Valenciana showed a level of L^* of 10.4, lower than that observed for the unripe (30.90) and ripe (21.30) fruit of the same locality. The same behavior was observed in fruit collected in El Derramadero. The decrease in the parameter L^* observed in Mexican serviceberry that is reported in this study was greater than that observed in cactus berry (26.7 to 19.4), a species considered as a berry (Herrera-Hernández *et al.*, 2011). On the other hand, the Mexican serviceberry (unripe and ripe) has more vivid and luminous fruits represented by higher values of L^* (Zatylny *et al.*, 2005). By contrast, the value of the parameter C^* between ripe and overripe fruits were not significantly different in both collection sites, although in absolute terms the overripe fruit showed lower levels of C^* (Table 1).

It is important to note that the level of C^* correlates with the color saturation (Herrera-Hernández *et al.*, 2011), which is manifested with the pink color changes observed as the fruit ripens (Figure 1). This behavior has been repor-

CUADRO 1. Parámetros de color CIELAB y contenido de taninos condensados (TC), fenoles solubles totales (FST) y antocianinas totales (AT) en membrillo cimarrón en tres estados de madurez y dos sitios de colecta.

TABLE 1. CIELAB color parameters and content of condensed tannins (CT), total soluble phenols (TSP) and total anthocyanins (TA) in Mexican serviceberry at three maturity stages and two collection sites.

Sitio de colecta/ estado de madurez Collection site/state of maturity	L^*	H°	C^*	FST / TSP (mg EAG·100 g ⁻¹)	TC / CT (mg EC·100 g ⁻¹)	AT / TA (mg EC3G·100 g ⁻¹)
La Valenciana						
Inmaduro / Unripe	30.90 a ^z	20.55 c	35.51 a	834.50 a	467.00 a	14.70 abc
Maduro / Ripe	21.30 a	30.10 b	26.60 b	658.50 bc	301.00 bc	12.86 cd
Sobremaduro / Overripe	10.40 b	52.70 a	23.51 bc	497.50 c	267.00 c	16.57 ab
El Derramadero						
Inmaduro / Unripe	30.25 a	16.95 c	35.82 a	763.00 ab	386.00 ab	10.08 d
Maduro / Ripe	24.85 a	29.55 b	25.50 bc	640.50 bc	308.00 bc	14.20 bc
Sobremaduro / Overripe	8.40 b	55.20 a	20.28 c	538.50 c	227.50 c	17.72 a
DMSH / HSD	9.85	7.39	6.13	170.57	92.92	3.28

^z Valores de medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

^z Mean values with the same letter have not significant differences (Tukey, $P \leq 0.05$). HSD: Honestly significant difference.

Por el contrario, el valor del parámetro C^* entre el fruto maduro y sobremaduro no presentó diferencias significativas en ambos sitios de colecta, no obstante que en valores absolutos el fruto sobremaduro presentó los niveles más bajos de C^* (Cuadro 1).

Es importante indicar que el nivel de C^* correlaciona con la saturación del color (Herrera-Hernández *et al.*, 2011), lo cual se manifiesta en los cambios del color rosa observados conforme el fruto madura (Figura 1). Este comportamiento ha sido reportado en frutillas de otras especies. Por ejemplo, se observó un comportamiento similar en fruto de garambullo, el cual fue evaluado en estados de madurez similares (Herrera-Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, cuando el fruto se encuentra en el estado sobremaduro adquiere un tinte café y una opacidad que caracteriza al fruto sobremaduro. En la Figura 1C se representa el fruto en su estado sobremaduro incipiente. Cuando el fruto llega a su estado sobremaduro completo, el fruto es café y opaco.

Debido a los niveles en la pérdida de luminosidad y cromaticidad (L^* y C^*) que se presenta en el fruto del membrillo cimarrón en su estado sobremaduro, el fruto cosechado en este estado deberá destinarse a la producción de pasas y no para consumo directo en fresco, dado que no será atractivo para el consumidor.

En oposición a los parámetros L^* y C^* , el ángulo Hue (H°) se incrementó conforme el fruto maduró. El ángulo H° define el color magenta ($0/360^\circ$), amarillo (90°), verde (180°) y azul (270°) (Price y Wrolstad, 1995; Gonnet, 1999). En este trabajo se observó que el valor de H° aumentó de 20.55 a 52.70 y de 16.95 a 55.20 conforme el fruto maduró en La Valenciana y El Derramadero, respectivamente. En el caso del fruto del membrillo cimarrón, como ya se indicó, este aumento en el valor de H° denota la aparición paulatina de un tono amarillo. El nivel menor de H° en el fruto inmaduro concuerda con la definición del magenta que está más cercano al tono rojizo del fruto en este estado de madurez (Figura 1) (Rein y Heinonen, 2004).

El membrillo cimarrón es una especie que no ha sido cultivada. Crece en forma silvestre en las laderas de cerros con suelos pobres y en zonas de baja precipitación. Los lugareños lo colectan para autoconsumo en fresco o para preparar mermelada. El criterio para su cosecha se basa en la experiencia adquirida a través de los años en que han consumido este fruto (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011; Hernández-Martínez *et al.*, 2010). Para poder definir los parámetros de color o fisicoquímicos que permitan diferenciar los tres estados de madurez observados en membrillo cimarrón hacen falta más estudios, sobre todo de poscosecha. Las diferencias en las coordenadas cromáticas reportadas aquí entre fruto inmaduro, maduro y sobremaduro pueden ser la base para una futura defini-

ted in berries of other species. For example, we observed a similar behavior in the cactus berry fruit, which was evaluated in similar stages of maturity (Herrera-Hernández *et al.*, 2011). On the other hand, when the fruit is overripe it acquires a brownish color and opacity that characterizes the overripe fruit. Figure 1C shows the overripe incipient fruit. When the fruit reaches its full overripe state, the fruit is brown and opaque.

Due to the loss levels of brightness and chromaticity (L^* and C^*) shown in the Mexican serviceberry fruit at the overripe stage, the fruit harvested in this state shall be used for the production of raisins and not for direct fresh consumption, since it will not be attractive to the consumer.

In opposition to the parameters L^* and C^* , Hue angle (H°) increased as the fruit matured. The angle H° defines the color magenta ($0/360^\circ$), yellow (90°), green (180°) and blue (270°) (Price and Wrolstad, 1995; Gonnet, 1999). In this study, we found that the value of H° increased from 20.55 to 52.70 and from 16.95 to 55.20 as the fruit matured in La Valenciana and El Derramadero, respectively. In the case of the Mexican serviceberry fruit, as already indicated, this increase in the value of H° denotes the gradual appearance of a yellow color. The lower level of H° in the unripe fruit agrees with the definition of magenta that is closer to the red color of the fruit in this stage (Figure 1) (Rein and Heinonen, 2004).

The Mexican serviceberry is a species that has not been cultivated. It grows wild on the slopes of hills with poor soil and low rainfall areas. Local peoples collected this fruit for fresh consumption or to prepare jam. The criterion to harvest this fruit is based on the experience gained through the years in which this fruit has been consumed (Núñez-Colín and Hernández-Martínez, 2011; Hernández-Martínez *et al.*, 2010). More studies are needed, especially postharvest, in order to define the color or physicochemical parameters to differentiate the three stages of maturity observed in the Mexican serviceberry. The differences in chromaticity coordinates reported here among unripe fruit, ripe fruit and overripe fruit can be the basis for future definition of the color parameters of the fruit of this species. Also, the results of the biochemical compounds discussed below may define the optimum ripeness consumption due to the relationship of these compounds with disease prevention (Chung *et al.*, 1998).

Phenolics

Phenolic compounds contribute to the sensory quality (color, flavor, texture) of fruits, vegetables and derived products (Piñol *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2003). Furthermore, the analysis of total soluble phenols (TSP) measures the content of soluble antioxidant compounds such as flavonols, flavones, flavanones, anthocyanin and tannins (Singleton *et*

ción de los parámetros de color del fruto de esta especie. Igualmente, los resultados de los compuestos bioquímicos que se discuten más adelante podrían definir el estado de madurez óptimo de consumo debido a la relación que tienen esos compuestos con la prevención de enfermedades (Chung *et al.*, 1998).

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos contribuyen en la calidad sensorial (color, sabor, textura) de frutas, hortalizas y sus productos derivados (Piñol *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2003). Por otro lado, el análisis de fenoles solubles totales (FST) mide el contenido de compuestos antioxidantes solubles como los flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas y taninos (Singleton *et al.*, 1999). Esta es la razón por la cual la suma de taninos y antocianinas es mucho menor que el total de FST (Cuadro 1).

En frutos provenientes de La Valenciana se observó que el contenido de FST disminuyó de 834.5 a 497.5 mg EAG·100 g⁻¹ cuando el fruto pasó de inmaduro a sobremaduro, y en las muestras provenientes de El Derramadero el contenido de FST pasó de 763.0 a 538.5 mg EAG·100g⁻¹. Este comportamiento ha sido reportado en muchos frutos, en especial los pomos (Ryugo, 1993). Como ya se indicó, los FST miden el contenido de taninos condensados (TC), antocianinas totales (AT) y otros compuestos fenólicos. Se ha reportado que el contenido de TC es mucho mayor en frutos verdes y tienden a disminuir (posibles mecanismos enzimáticos de hidrólisis) para proveer de compuestos menos complejos que dan origen a fenoles simples (Chung *et al.*, 1998). Por otro lado, el contenido de FST en el membrillo cimarrón fue menor al contenido reportado para el garambullo inmaduro (1000.2 mg EAG·100 g⁻¹, bs) y maduro (740 mg EAG·100g⁻¹, bs) (Herrera-Hernández *et al.*, 2011) y mayor al de la mora azul de 179 mg EAG·100 g⁻¹ (Ehlenfeldt y Prior, 2001). Igualmente, está dentro del rango reportado para la mora Saskatoon (554.5 - 775.3 mg EAG·100 g⁻¹, bs) (Bakowska-Barczak y Kolodziejczyk, 2008) y el arándano (495 - 980 mg EAG·100 g⁻¹) (Wada y Ou, 2002).

Se observó que el contenido de taninos condensados (TC) en el fruto inmaduro proveniente de La Valenciana fue estadísticamente igual al del fruto cosechado en El Derramadero (Cuadro 1). Sin embargo, conforme el fruto maduró, el contenido de TC disminuyó significativamente en ambas localidades y en proporciones parecidas a los FST. A pesar que los TC son compuestos con alta capacidad antioxidante, se ha reportado que a niveles mayores a los 2,500 mg EC·100 g⁻¹ pueden comportarse como compuestos anti-nutricionales por su capacidad de formar complejos con las proteínas, minerales y carbohidratos (Reynoso *et al.*, 2007). Además, estos compuestos reaccionan con las proteínas salivares y las glucoproteínas de la boca, lo

al., 1999). This is the reason why the amount of tannins and anthocyanin is much smaller than the total TSP (Table 1).

Fruits from La Valenciana showed that the content of TSP decreased from 834.5 to 497.5 mg EAG·100 g⁻¹ when the fruit went from unripe to overripe, and samples from El Derramadero showed that the content of TSP decreased from 763.0 to 538.5 mg EAG·100 g⁻¹. This behavior has been reported in many fruits, especially pome fruits (Ryugo, 1993). As already indicated, TSP measures the content of condensed tannins (CT), total anthocyanin (TA) and other phenolic compounds. It has been reported that CT content is much higher in green fruits and tend to decrease (possible Enzymatic hydrolysis mechanisms) to provide less complex compounds that give rise to simple phenols (Chung *et al.*, 1998). Furthermore, the content of TSP in the Mexican serviceberry was less than the content reported for unripe (1000.2 mg EAG·100 g⁻¹, db) and ripe (740 mg EAG·100 g⁻¹, db) cactus berry (Herrera-Hernández *et al.*, 2011) and greater than that reported for blueberry 179 mg EAG·100 g⁻¹ (Ehlenfeldt and Prior, 2001). Similarly, it is within the range reported for the Saskatoon berry (554.5 - 775.3 mg EAG·100 g⁻¹, db) (Bakowska-Barczak and Kolodziejczyk, 2008) and cranberry (495 - 980 mg EAG·100 g⁻¹) (Wada and Ou, 2002).

We observed that the content of condensed tannins (CT) in unripe fruits from La Valenciana was statistically equal to the fruit harvested in El Derramadero (Table 1). However, as the fruit ripened, the CT content decreased significantly in both locations and in proportions similar to the TSP. Although the CT are compounds with high antioxidant capacity, it has been reported that at levels greater than 2,500 mg EC·100 g⁻¹, they can act as anti-nutritional compounds for their ability to form complexes with proteins, minerals and carbohydrates (Reynoso *et al.*, 2007). Furthermore, these compounds react with salivary proteins and glycoproteins of the mouth, producing an astringent effect, which acts negatively on consumer acceptance and as a deterrent to predators (Piñol *et al.*, 2000). In this study the levels found in Mexican serviceberry are levels that should not to be considered anti-nutritional and can contribute to the antioxidant capacity of the fruit. CT levels found in unripe and overripe (227.5 - 308.0 mg EAG·100 g⁻¹) Mexican serviceberry fruit reported here, allow us to suggest that the fruit of this species is a good source of these compounds. Based on the antioxidant properties of the CT and its beneficial effect on human health, the consumption of the Mexican serviceberry may contribute to the prevention of cancer, cardiovascular disease and other diseases of inflammatory nature (Chung *et al.*, 1998).

In terms of total anthocyanin (TA), by comparing the Mexican serviceberry with berries such as the Saskatoon berry whose content is between 25.1 and 179.0 mg·100 g⁻¹ (Mazza, 1982; Rogiers and Knowles, 1997), its contribution

que produce un efecto astringente, el cual actúa en forma negativa en la aceptación por parte del consumidor y como disuasorio para depredadores (Piñol *et al.*, 2000). En esta investigación los niveles encontrados en el membrillo cimarrón son niveles que no deben ser considerados anti-nutricionales y pueden contribuir en la capacidad antioxidante del fruto. Los niveles de TC encontrados en el fruto maduro y sobremaduro (227.5 - 308.0 mg EAG·100 g⁻¹) del membrillo cimarrón aquí reportados permiten sugerir que el fruto de esta especie es una buena fuente de estos compuestos. Con base en las propiedades antioxidantes de los TC y su efecto benéfico en la salud humana, el consumo del membrillo cimarrón puede contribuir en la prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías de carácter inflamatorio (Chung *et al.*, 1998).

En cuanto al contenido de antocianinas totales (AT), si se compara al membrillo cimarrón con frutillas como la mora Saskatoon cuyo contenido es de entre 25.1 y 179.0 mg·100 g⁻¹ (Mazza, 1982; Rogiers y Knowles, 1997), su aporte de AT será mucho menor (10.08 - 17.72 mg·100 g⁻¹, bs). En consecuencia, se puede concluir que el membrillo cimarrón no es una buena fuente de AT. El bajo contenido de AT refleja el color del fruto del membrillo cimarrón. Se sabe que las antocianinas confieren colores rojo oscuro o púrpura a las frutillas (Ozga *et al.*, 2006). Las AT pueden verse afectadas por el estado de madurez, las condiciones ambientales e, incluso, por el nivel de nitrógeno y fósforo en el suelo (Bidwell, 1979; Vian *et al.*, 2006). En este trabajo se observó en la fruta cosechada en La Valenciana que el nivel de AT disminuye en el fruto maduro y se incrementa en el sobremaduro. También se observó un incremento en el contenido de AT en el fruto sobremaduro proveniente de El Derramadero. Este es un comportamiento atípico que no se ha reportado en otras frutillas, lo cual demuestra la necesidad de realizar estudios poscosecha con el fin de conocer más la fisiología del fruto y definir sus estados de madurez con mayor precisión.

Por otro lado, a pesar del bajo contenido de AT, el fruto maduro y sobremaduro del membrillo cimarrón es una excelente fuente de FST si se compara con frutos consumidos comúnmente. Ejemplo de lo anterior son los contenidos de FST de fresa, toronja y uva, que están en el rango de 150 a 330 mg·100 g⁻¹ (Proteggente *et al.*, 2002), y el de mora azul que es de 179 mg·100 g⁻¹ (Ehlenfeldt y Prior, 2001).

En las prueba de medias entre poblaciones se observó que la población de La Valenciana presentó un mayor valor de C* y mayor contenido de TC que la población de El Derramadero (Cuadro 2). En este sentido, se ha reportado que en garmabullo (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010) y frijol (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2003; de Mejía *et al.*, 2003) los TC son afectados tanto por el genotipo como por

of TA will be much lower (10.08 - 17.72 mg·100 g⁻¹, bs). Thus, one can conclude that the Mexican serviceberry is not a good source of TA. The low TA content reflects the color of the Mexican serviceberry fruit. Anthocyanins are known to give the deep red or purple color to the berries (Ozga *et al.*, 2006). The TA may be affected by the stage of maturity, environmental conditions, and even by the level of nitrogen and phosphorus in the soil (Bidwell, 1979; Vian *et al.*, 2006). In this study, the fruit harvested in La Valenciana showed that the level of TA in ripe fruits decreases and increases in overripe fruits. We also observed an increase in TA content in overripe fruits from El Derramadero. This is an unusual behavior that has not been reported in other berries, which demonstrates the need for postharvest studies in order to learn more about the physiology of the fruit and to define more precisely its stages of maturity.

Furthermore, despite the low content of TA, the ripe and overripe fruit of the Mexican serviceberry is an excellent source of TSP, when compared to commonly consumed fruits. An example of this are the contents of TSP of strawberry, grapefruit and grape, which are in the range of 150 a 330 mg·100 g⁻¹ (Proteggente *et al.*, 2002), and blueberry that is 179 mg·100 g⁻¹ (Ehlenfeldt and Prior, 2001).

The mean test among populations showed that the population of La Valenciana had a higher value of C*, and higher content of CT than the population of El Derramadero (Table 2). In this regard, it has been reported that in cactus berry (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010) and bean (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2003; de Mejía *et al.*, 2003) the CT are affected, both the genotype and the cultivation site. The means tests among the stages of maturity corroborated that the Mexican serviceberry increases the content of TA as the fruit ripens (Table 3), although this behavior was not observed in the fruit from La Valenciana (Table 1). For Saskatoon berry (Ozga *et al.*, 2006) and blackberry (Siriwoharn *et al.*, 2004) it has been reported that the anthocyanin content increases as the fruit ripens.

The correlation between the parameters evaluated and the maturity stage of the fruit are needed to determine the metabolic development of the fruit. This information provides the basis for further studies to further evaluate the performance of the crop. It was found that all the variables are significantly correlated with each other (Table 4). Noteworthy among them is the positive correlation between total phenols and fruit luminosity (L*), which means that at higher luminosity of the fruit increases the content of total phenols.

Also stands out the positive correlation of the chromaticity (C*) both tannins and total phenols: the higher the value of chromaticity higher the content of tannins and phenols.

CUADRO 2. Comparación de medias de las variables evaluadas entre poblaciones de *Malacomeles denticulata*.**TABLE 2. Comparison of means of the variables evaluated among populations of *Malacomeles denticulata*.**

Población / Population	L*	H°	C*	Fenoles / Phenols mg EAG·100 g ⁻¹	Taninos / Tannins mg EC·100 g ⁻¹	Antocianinas / Anthocyanin mg EC3G·100 g ⁻¹
La Valenciana	20.87 a ^z	34.45 a	28.54 a	663.50 a	345.00 a	14.71 a
El Derramadero	21.17 a	33.90 a	26.20 b	647.33 a	307.17 b	14.00 a
DMSH / HSD	3.50	2.62	2.18	60.55	32.98	1.16

^z Valores de medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

^z Mean values with the same letter have not significant differences (Tukey, $P \leq 0.05$). HSD: Honestly significant difference.

CUADRO 3. Comparación de medias de las variables evaluadas entre los estados de madurez del fruto de *Malacomeles denticulata*.**TABLE 3. Comparison of means of the variables evaluated among maturity stages of *Malacomeles denticulata* fruit.**

Estado de madurez del fruto / State of maturity of the fruit	L*	H°	C*	Fenoles / Phenols mg EAG·100 g ⁻¹	Taninos / Tannins mg EC·100 g ⁻¹	Antocianinas / Anthocyanin mg EC3G·100 g ⁻¹
Inmaduro / Unripe	30.58 a ^z	18.75 c	34.16 a	798.75 a	426.50 a	12.39 b
Maduro / Ripe	23.08 b	29.83 b	26.049 b	649.50 b	304.50 b	13.53 b
Sobremaduro / Overripe	9.40 c	53.95 a	21.897 c	518.00 c	247.25 c	17.14 a
DMSH / HSD	5.37	4.03	3.34	92.98	50.65	1.79

^z Valores de medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

^z Mean values with the same letter have not significant differences (Tukey, $P \leq 0.05$). HSD: Honestly significant difference.

CUADRO 4. Coeficiente de correlación de Pearson de las variables evaluadas en tres estados de madurez del fruto y dos poblaciones de *Malacomeles denticulata*.**TABLE 4. Pearson's correlation coefficient of the variables evaluated at three stages of maturity of the fruit and two populations of *Malacomeles denticulata*.**

Variable	L*	H°	C*	Taninos / Tannins	Fenoles / Phenols
H°	-0.97*				
C*	0.90**	-0.87**			
Taninos / Tannins	0.86**	-0.82**	0.93**		
Fenoles / Phenols	0.90**	-0.87**	0.91**	0.87**	
Antocianinas / Anthocyanin	-0.77**	-0.73**	0.85**	0.83**	-0.62*

NS, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

NS, *, **: No significant and significant at $P \leq 0.05$ y 0.01, respectively.

CONCLUSIONS

el sitio de cultivo. Las pruebas de medias entre los estados de madurez corroboraron que el membrillo cimarrón incrementa el contenido de AT conforme el fruto madura (Cuadro 3), a pesar de que este comportamiento no se observó en el fruto proveniente de La Valenciana (Cuadro 1). Se ha reportado para mora Saskatoon (Ozga *et al.*, 2006) y para zarzamora (Siriworn et al., 2004) que el contenido de antocianinas aumenta conforme el fruto madura.

La correlación entre los parámetros evaluados y el estado de la madurez del fruto son necesarios para conocer la evolución metabólica del fruto. Esta información sienta las bases para realizar otros estudios para seguir evaluando

The Mexican serviceberry can be considered as a berry due to its morphology. However, further studies are needed to better define this species.

The Mexican serviceberry is a good source of tannins and phenols, with contents similar to those of the blueberry and cranberry, and higher than many commonly consumed fruits. On the contrary, the Mexican serviceberry is not a good source of anthocyanins. However, this fruit can be considered a nutraceutical food.

Further studies will be necessary to know the antioxidant capacity of the Mexican serviceberry, and its mineral content,

el comportamiento del cultivo. Se encontró que todas las variables están significativamente correlacionadas entre sí (Cuadro 4). Entre ellas destaca la correlación positiva entre fenoles totales y la luminosidad del fruto (L^*), lo cual significa que a mayor luminosidad del fruto mayor se incrementa el contenido de fenoles totales. También destaca la correlación positiva de la cromaticidad (C^*) tanto con los taninos como con los fenoles totales: entre mayor sea el valor de cromaticidad mayor es el contenido de taninos y fenoles.

CONCLUSIONES

Se puede considerar al membrillo cimarrón como una frutilla debido a su morfología. Sin embargo, son necesarios otros estudios para poder definir mejor esta especie.

El membrillo cimarrón es una buena fuente de taninos y fenoles, con contenidos similares a los de la mora azul y el arándano, y mayores que los de muchas frutas de consumo común. Por el contrario, no es una buena fuente de antocianinas. Sin embargo, este fruto puede ser considerado como un alimento nutraceutico.

Será necesario realizar más estudios para conocer la capacidad antioxidante del membrillo cimarrón, así como su contenido de minerales, valor nutricional, contenido de otros compuestos fenólicos y el efecto de su consumo sobre enfermedades crónico degenerativas. También se requiere conocer más sobre su comportamiento poscosecha y otros parámetros que definan sus estados de madurez.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado mediante el proyecto CB2009/134193 "Estudios básicos sobre diversidad y potencial agroalimentario del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) en el centro de México"

LITERATURA CITADA

- ABDEL-AAL, E. S.; HUCL, P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*. 76(3): 350-354. doi: 10.1094/CHEM.1999.76.3.350
- ANÓNIMO. 2009. Statistical Analysis System 9.2. SAS OnlineDoc® 9.2. SAS Institute Inc, Cary, USA.
- BAKOWSKA-BARCZAK, A. M.; KOŁODZIEJCZYK, P. 2008. Evaluation of Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars for their polyphenol content, antioxidant properties, and storage stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(21): 9933-9940. doi: 10.1021/jf801887w
- BIDWELL, R. G. S. 1979. Fisiología vegetal. Traducido al español por CANO Y CANO G. G.; ROJAS GARCIDUEÑAS, M. AGT Editor, D. F., México. 784 p.

nutritional value, content of other phenolic compounds content and the effect of its consumption on chronic degenerative diseases. Also it is required to know more about its postharvest behavior and other parameters that define its maturity stages.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the National Council for Science and Technology, Mexico for the funding provided by the project CB2009/134193 "Basic studies on diversity and food-sector potential of the Mexican serviceberry (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) in Central Mexico".

End of English Version

- BURNS K., T. F.; DEY, M.; ROGERS, R. B.; RIBNICKY, D. M.; GIPP, D. M.; CEFALU, W. T.; RASKIN, I.; LILA, M. A. 2008. Phytochemical composition and metabolic performance-enhancing activity of dietary berries traditionally used by native North Americans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(3): 654-660. doi: 10.1021/jf071999d
- CHUNG, K. T.; WONG, T. Y.; WEI, C. I.; HUANG, Y. W.; LIN, Y. 1998. Tannins and Human Health: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38(6): 421-464. doi: 10.1080/10408699891274273
- DESPHANDE, S. S.; CHERYAN, M. 1985. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Journal of Food Science* 50(4): 905-916. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb12977.x
- DE MEJÍA, E.; GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; REYNOSO-CAMACHO, R.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, E.; PONS-HERNÁNDEZ, J. L.; GONZÁLEZ-CHAVIRA, M. M.; CASTELLANOS, J. Z.; KELLY, J. D. 2003. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of México. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(20): 5962-5966. doi: 10.1021/jf030046m
- EHLENFELDT, M. K.; PRIOR, R. L. 2001. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 49(5): 2222-2227. doi: 10.1021/jf0013656
- GONNET, J. F. 1999. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited-2. A colorimetric look at the solutions of cyanin co-pigmented byrutin using the CIELAB scale. *Food Chemistry* 66(3): 387-394. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00088-6
- GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; MARTÍNEZ, O.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; GUEVARA-LARA, F.; PAREDES-LÓPEZ, O. 2003. Putative quantitative trait loci for some physical and chemical components of common bean (*Phaseolus*

- vulgaris* L.). Crop Science 43(3): 1029-1035. doi: 10.2135/cropsci2003.1029
- GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; HERRERA-HERNÁNDEZ, G.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, D.; REYNOSO-CAMACHO, R.; GUZMÁN-TOVAR, A.; VAILLANT, F.; BRAT, P. 2010. Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilized fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. Food Chemistry 121(2): 381-386. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.039
- HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. A.; ESPINOSA-TRUJILLO, E.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A. 2010. Perspectivas del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* [Kunth] Koch) como un frutal alternativo para el centro de México. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 54: 49-53
- HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. A.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; ESPINOSA-TRUJILLO, E.; HERRERA-HERNÁNDEZ, M. G. 2011. Variabilidad morfológica mediante caracteres de semilla de poblaciones de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch, originarias de Guanajuato, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(3): 161-172. http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf_file=0504d6f85c2e4d4cbbba167a343b7e23.pdf
- HERRERA-HERNÁNDEZ, M. G.; GUEVARA-LARA, F.; REYNOSO-CAMACHO, R.; GUZMÁN-MALDONADO, S. H. 2011. Effects of maturity stage and storage on cactus berry (*Myrtillocactus geometrizans*) phenolics, vitamin C, betalains and their antioxidant capacity. Food Chemistry 129(4): 1744-1750. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.06.042
- KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Food Chemistry. 81(3): 321-326. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00423-5
- MAZZA, G. 1980. Separation and processing effects on aromatic components of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). HortScience 15(6): 754-755.
- MAZZA, G. 1982. Chemical composition of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) Journal of Food Science 47(5): 1730-1731. doi: 10.1111/j.1365-2621.1982.tb05022.x
- MAZZA, G.; DAVIDSON, C. G. 1993. Saskatoon berry: A fruit crop for the prairies, pp. 516-519. In: New Crops. JANICK, J.; SIMON, J. E. (eds.). Wiley, New York, USA. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-516.html>
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurement. HortScience 27(12): 1254-1255. <http://hortsci.ashspublications.org/content/27/12/1254.full.pdf+html>
- MENA, P.; GARCÍA-VIGUERA, C.; NAVARRO-RICO, J.; MORENO, D. A.; BARTUAL, J.; SAURA, D.; MARTI, N. 2011. Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(10): 1893-1906. doi: 10.1002/jsfa.4411
- NÚÑEZ-COLÍN, C. A. 2010. Distribución y caracterización ecolimática del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* [Kunth] Koch) en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(3): 195-206. http://www.chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido.php?anio=2010&vol=XVI&num=3&id_rev=1
- NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. A. 2011. The Mexican serviceberry (*Amelanchier denticulata*): a new potential berry fruit crop from semiarid areas. Acta Horticulturae 918: 917-924.
- NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. A.; ESCOBEDO-LÓPEZ, D.; ORTEGA-RODRÍGUEZ, C. 2012. Priority areas to collect germplasm of *Malacomeles* (Rosaceae) in Mexico based on diversity and species richness indices. Plant Genetic Resources 10: 128-133.
- OZGA, J. A.; SAEED, A.; REINECKE, D. M. 2006. Anthocyanins and nutrient components of saskatoon fruits (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) Canadian Journal of Plant Science 86 (1): 193-197.
- PRICE, C. L.; WROLSTAD, R. E. 1995. Anthocyanin pigments of Royal Okanagan uckleberry juice. Journal of Food Science 60(2): 369-374. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb05675.x
- PAYNE, J. A.; KREWER, G. W. 1990. Mayhaw: a new fruit crop for the south, pp 317-321 In: Advances in New Crops. JANICK, J.; SIMON, J. E. (eds). Timber Press, Portland, USA. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-317.html>
- PIÑOL, M. T.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R. M. 2000. Introducción al metabolismo secundario, pp. 261-283. In: Fundamentos de Fisiología Vegetal. AZCÓN-BIETO, J.; TALÓN, M. (eds). McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España.
- PROTEGGENTE, A. R.; PANNALA, A. S.; PAGANGA, G.; VAN BUREN, L. V.; WAGNER, E.; WISEMAN, S.; VAN DE PUT, F.; DACOMBE, C.; RICE-EVANS, C. A. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. Free Radical Research 36(2): 217-223. doi:10.1080/10715760290006484
- REIN, M. J.; HEINONEN, M. 2004. Stability and Enhancement of Berry Juice Color Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(10): 3106-3114. doi: 10.1021/jf035507i
- REYNOSO C., R.; RÍOS U., M. C.; TORRES P., I.; ACOSTA G., J. A.; PALOMINO S., R.; RAMOS G., M.; GONZÁLEZ J., E.; GUZMÁN M., S. H. 2007. Efecto del consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. Agricultura Técnica en México 33(1): 43-52. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000100005
- ROGERS S., Y.; KNOWLES, N. R. 1997. Physical and chemical changes during growth, maturation, and ripening of Saskatoon (*Amelanchier alnifolia*) fruit. Canadian Journal of Botany 75(8): 1215-1225. doi: 10.1139/b97-835
- RYUGO, K. 1993. Fruticultura ciencia y arte. Traducido al español por RODRÍGUEZ-ALCÁZAR, J. AGT Editor, Ciudad de México, México. 460 p.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. 1999. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology 299: 152-178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1,
- SIRIWOHARN, T.; WROLSTAD, R. E.; FINN, C. E.; PEREIRA, C. B. 2004. Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. Journal of Agricultural and Food

- Chemistry 52(26): 8021–8030. doi: 10.1021/jf048619y
- STUSHNOFF, C. 1991. *Amelanchier* species. Acta Horticulturae 290: 549-566. http://www.actahort.org/books/290/290_12.htm
- TURNER, B. L. 2011. Recension of the genus *Malacomeles* (Rosaceae). Phytologia 93(1): 99-106. <http://www.phytologia.org/Phytologia%20PDFs/93%281%29pdfFiles/93%281%2999-106TurnerMalacomeles.pdf>
- VIAN, M. A.; TOMAO, V.; COULOMB, P. O.; LACOMBE, J. M.; DANGLES, O. J. 2006. Comparison of the anthocyanin composition during ripening of syrah grapes grown using organic or conventional agricultural practices. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54(15): 5230-5235. doi: 10.1021/jf0531609
- WADA, L.; OU, B. 2002. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon cranberries. Journal of the Agricultural and Food Chemistry 50(12): 3495-3500. doi: 10.1021/jf011405l
- ZATYLNKY, A. M.; ZIEHL, D. W.; ST-PIERRE R. G. 2005. Physico-chemical properties of fruit of 16 Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science 85(4): 933–938. doi: 10.4141/P04-065