

Composición y usos en productos alimenticios de granada, capulín, garambullo y saúco

Gabriela Ríos Corripio y José Ángel Guerrero Beltrán

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla

Ex hacienda Sta. Catarina Mártir, C.P. 72810, San Andrés Cholula, Puebla, México.

RESUMEN

La granada (*Punica granatum* L.), el capulín (*Prunus serotina* subespecie *capuli*), el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) y el saúco (*Sambucus nigra* L.) son frutas conocidas mundialmente y cultivadas en México, principalmente en los estados de Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Veracruz. Dichas frutas son consumidas de forma natural y usadas como materia prima en productos alimenticios como postres, bebidas y otros. Se caracterizan por su composición, ya que tienen gran contenido de vitamina C, minerales (K, Ca y P) y polifenoles (antocianinas, fenoles y betalaínas), que les confieren propiedades antioxidantes. Dichos polifenoles les aportan, a la vez, pigmentos que podrían ser usados en la industria alimentaria como una alternativa natural. El objetivo de esta revisión es presentar información sobre la composición y usos alimenticios de la granada, el capulín, el garambullo y el saúco.

Palabras clave: granada, capulín, garambullo, saúco, antioxidantes

ABSTRACT

Pomegranate (*Punica granatum* L.), black cherry (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), cactus berry (*Myrtillocactus geometrizans*) and elderberry (*Sambucus nigra* L.) are known worldwide and grown in Mexico, mainly in the states of Guanajuato, Queretaro, Hidalgo, and Veracruz. These fruits are consumed naturally, and used as raw materials in food products such as desserts, drinks and others. They are characterized by their composition, as they have high content of vitamin C, minerals (K, Ca, and P) and polyphenols (anthocyanins, phenols, and betalains), which confer antioxidant properties. Polyphenols provide fruit pigments, which could be used in the food industry as a natural alternative. The purpose of this review is to provide information about composition and food uses of pomegranate, black cherry, cactus berry and elderberry.

Keywords: pomegranate, black cherry, cactus berry, elderberry, antioxidants

 Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126
Dirección electrónica:
gabriela.riosco@udlap.mx
maria.barcenas@udlap.mx

Introducción

Desde hace tiempo se ha incrementado el interés en los antioxidantes naturales encontrados en productos tales como las frutas. Estudios recientes han mostrado que el consumo de frutas y hortalizas constituye un factor clave y una herramienta potencial para el control de enfermedades crónicas, debido al alto contenido de fitoquímicos como los polifenoles que, por su actividad antioxidante, juegan un papel importante en la prevención y tratamiento de dichas enfermedades.

Los fenoles, flavonoides y taninos son importantes antioxidantes y/o colorantes naturales presentes en frutas rojas. El uso de colorantes sintéticos en la industria de alimentos es cada vez más estricto debido a la regulación para su uso, ya que se han evidenciado algunos problemas de toxicidad, reacciones de intolerancia y alergias.

Lo anterior ha incrementado el interés para obtener colorantes de fuentes naturales como posibles sustitutos de colorantes sintéticos, ya que a la fecha no existe evidencia de su toxicidad en humanos y generalmente se asocia con el mantenimiento de una buena salud. Entre los pigmentos naturales de interés para la industria alimentaria están las antocianinas y las betalainas, que actualmente se reconocen como nutracéuticos ya que se ha evaluado su actividad antioxidante y su beneficio potencial a la salud.

La granada (*Punica granatum* L.), el capulín (*Prunus serotina* subespecie *capuli*), el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) y el saúco (*Sambucus nigra* L.) son frutas cultivadas mundialmente. En México se encuentran principalmente en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Veracruz, Querétaro, Michoacán, Jalisco y Puebla. La importancia de estas frutas radica particularmente en su composición, debido a su alto contenido de polifenoles y/o pigmentos, que les confieren propiedades antioxidantes y colorantes. En general, estos compuestos bioactivos son antocianinas, fenoles y betalainas. Por lo tanto, la fabricación de productos alimenticios a partir de ellas podría ser una alternativa para la industria de alimentos y bebidas, ya que estas frutas no son tan aprovechadas comercialmente.

Revisión bibliográfica

1. Granada (*Punica granatum* L.)

El granado o granada es una planta que pertenece a la familia *Punicaceae*, es un arbusto de 3 a 6 m de altura. La fruta de granada es una baya grande de piel gruesa coriácea y globulosa de 10 a 15 cm de diámetro. Ésta encierra en su interior arilos, gra-

nos o semillas que corresponden a la parte comestible de esta fruta. Los granos o semillas son un alimento con importantes propiedades nutricionales; estos presentan una consistencia leñosa, carnosa o pulposa, tienen forma prismática, su color varía desde un rojo intenso hasta un rojo claro, y sabor agridulce (García y Pérez, 2004).

Existen diversas variedades de granada (Apaseo, Apaseo tardía, Tecozautla, entre otras); sin embargo, la principal variedad comercializada a nivel mundial es la Wonderful (Díaz, 2014). En México, la superficie destinada a los plantíos de granado es mínima y su consumo es poco. En 2013, la producción de granada fue de alrededor de 4 400 toneladas, siendo los estados de Oaxaca, Hidalgo y Guanajuato los principales productores (SIAP, 2014).

1.1. Composición

La granada, en su mayoría, está compuesta por agua y azúcares, siendo menor su contenido de grasas (1.17 g/100 g de fruta fresca [FF]) y proteínas (1.67 g/100 g FF), lo que le confiere un bajo valor calórico (aproximadamente 83 kcal/100 g). Asimismo, es importante destacar su alto contenido en micronutrientes, como la vitamina C, el fósforo, magnesio y potasio (Tabla I) (USDA, 2009; López-Mejía, López-Malo y Palou, 2010).

Por otro lado, Calín-Sánchez *et al.* (2008) analizaron el contenido de ácidos orgánicos en fruta de granada. Los ácidos orgánicos mayoritariamente encontrados fueron, el fítico (10.50 g/100 g de arilos o semillas), málico (2.49 g/100 g de arilos o semillas) y cítrico (0.52 g/100 g de arilos o semillas). El ácido cítrico se ha reportado como el ácido orgánico más abundante en granada; sin embargo, en este trabajo se reportó como ácido mayoritario al fítico. Otros ácidos detectados en menor cantidad fueron oxálico, tartárico, quínico y ácido ascórbico.

Es importante destacar que la composición, así como la concentración de compuestos encontrados en granada, es variable de acuerdo a las variedades y condiciones de cultivo (Gorena, Sepúlveda y Sáenz, 2010).

1.1.1. Compuestos antioxidantes

Actualmente, el consumo de granada ha cobrado importancia, ya que es rica en antioxidantes (Rajan *et al.*, 2011; Mena *et al.*, 2011; Shiban, Al-Otaibi y Al-Zoreky, 2012). Dentro de sus compuestos antioxidantes se encuentran los fenoles, flavonoides y taninos. Viuda-Martos, Fernández-López y Pérez-Álvarez (2010), y Fischer, Jacksch, Reinhold y Kammerer (2013) reportaron aproximadamente cincuenta compuestos en jugo de granada, dentro de los principales se encontraban: antocianinas, gal-

Tabla I. Composición de granada, capulín, garambullo y saúco (contenido por 100 g/ FF)

Nutriente	Unidades	Granada	Capulín	Garambullo	Saúco
Energía	kcal	83	81	74	73
Agua	g	77.93	81.18	79.6	79.8
Proteínas	g	1.67	2.10	2.1	0.66
Lípidos totales	g	1.17	0.05	1.0	0.5
Hidratos de carbono	g	18.70	12.23	16.30	18.40
Fibra dietética total	g	4.0	3.58	3.4	7
Vitamina C	mg	10.2	18	32	36
Vitamina A	UI	0	45	74	0.21
Vitamina K	μg	16.4	-	-	-
Calcio	mg	10	24	44	38
Magnesio	mg	12	21.20	0.3	5
Potasio	mg	236	184.30	2.31	280
Fósforo	mg	36	28.10	0.19	39
Hierro	mg	0.30	0.8	0.4	1.60
Manganeso	mg	0.1	0.1	0.6	0.3
Sodio	mg	3.0	2.7	5.2	6.0
Zinc	mg	0.35	0.2	0.1	0.1

Adaptada de FAO/Latin foods (2007), USDA (2009), Guzmán-Maldonado *et al.* (2010a), López-Mejía *et al.* (2010), Guijarro (2013) y Luna-Vázquez *et al.* (2013).

taninos, elagitaninos, catequinas, queracetina, rutina, ésteres galagil, ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos y dihidroflavonoles.

Asimismo, Gil, Barberan, Pierce, Holcroft y Kader (2000), García y Pérez (2004), Mousavinejad, Djomeh, Rezaei, Hossein y Khodaparast (2009), y Moghaddasi y Haddad (2011), reportaron que la granada se caracteriza por la presencia de pelargonidina-3-glucósido y pelargonidina-3,5-diglucósido, principalmente; en menor cantidad se encuentran cianidina-3-glucósido y cianidina-3,5-diglucósido.

Calín-Sánchez *et al.* (2008), Gorena *et al.* (2010), Kar, Ferchichi, Attia y Bouajila (2011) e Ismail, Abdelatif, El-Mohsen y Zaki (2014), determinaron el contenido de fenoles totales de granada y reportaron 75.7, 139, 110.3 y 55.43 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g FF, respectivamente. El Kar *et al.* (2011), mencionan como contenido de flavonoides totales en granada, 63.6 mg equivalentes de queracetina (EQ)/100 g FF. Asimismo, Ismail *et al.* (2014), Gorena *et al.* (2010) y El Kar *et al.*

(2011) reportaron valores de antocianinas de 33.3, 182.0 y 17.8 mg equivalentes de cianidina-3-glucósido (ECG), respectivamente, y taninos condensados, 0.216, 0.420 y 142.000 mg/100 g FF. La capacidad antioxidante reportada por Calín-Sánchez *et al.* (2008) y El Kar *et al.* (2011) para granada fue de 120 y 110.3 mg equivalentes de Trolox (ET)/100 g FF, respectivamente.

Elfalleh *et al.* (2011), identificaron y cuantificaron cuatro compuestos fenólicos mediante HPLC (cromatografía líquida de alta eficacia): dos ácidos hidroxibenzoicos (ácido gálico y ácido elágico, 20.55 y 23.43 mg/100 g FF) y dos ácidos hidroxicinámicos (ácido cafeico y ácido p-cumaro, 13.63 y 12.58 mg/100 g FF). Dichos ácidos contribuyen a la capacidad antioxidante de la granada.

1.1.2. Pigmentos

Las antocianinas son el grupo de pigmentos solubles en agua más importante en la naturaleza. Dichos compuestos juegan un rol importante en la granada, no solo por su actividad antioxidan-

te sino porque son los responsables de su color (Elfalleh *et al.*, 2011).

El color de esta fruta depende de la concentración de antocianinas y del tipo de éstas (Gorena *et al.*, 2010). Se han reportado a pe-largonidina-3-glucósido, cianidina-3-glucósido, delfinidina-3-glucósido, pelargonidina-3,5-diglucósido, cianidina-3,5-diglucósido y delfinidina-3,5-diglucósido, como los compuestos principales que proporcionan color a la granada (Elfalleh *et al.*, 2011).

Por otro lado, estudios realizados en granada reportan que durante los primeros estados de madurez de la fruta los pigmentos predominantes son los derivados de delfinidina (colores púrpuras, lilas a azules), en especial delfinidina-3,5-diglucósido; cuando la fruta madura, los pigmentos predominantes son los derivados de cianidina, en especial los monoglucósidos, los cuales, conforme pasa el tiempo se van incrementando (Gil, García-Viguera, Artés y Tomas-Barberan, 1995; Pérez-Vicente, Gil-Izquierdo y García-Viguera, 2002; Gorena *et al.*, 2010).

Asimismo, Hernández, Melgarejo, Tomás-Barberán y Artés (1999), investigaron el contenido de antocianinas en fruta fresca y durante su almacenamiento, reportaron que la delfinidina-3,5-diglucósido es el principal pigmento presente en fruta fresca; mientras que durante el almacenamiento la cianidina-3-glucósido y la cianidina-3,5-diglucósido son los compuestos principales.

1.2. Uso en productos alimenticios

En la actualidad la granada se usa de diferentes formas. El principal uso de esta fruta en distintos países es su consumo fresco. La industrialización de ésta se hace para la obtención de productos de interés alimentario, farmacéutico o cosmético: jugos, jarabes, mermeladas, confituras, jaleas, semillas secas, fibra alimentaria, corteza seca para preparar infusiones, aceite de granada y extractos de sus diferentes partes (Andreu, Signes y Carbonell, 2008).

Asimismo, debido a la dificultad que presenta la extracción de las semillas de granada para su consumo como producto fresco, destaca un interés en la industria de alimentos por procesar las semillas de la granada mediante la producción de arilos mínimamente procesados, que le den al consumidor un producto final limpio y listo para consumirse (Sepúlveda *et al.*, 2001). Por otro lado, el contenido de pigmentos en granada hace que ésta se utilice también como colorante natural en alimentos (Gorena *et al.*, 2010).

Actualmente el jugo de granada es la forma más común de aprovechamiento de esta fruta, ya sea de forma natural o procesada. Algunas marcas comerciales de jugo de granada son Jumex, Del Valle, Sonrisa, OceanSpray. Sin embargo, la mayoría de las veces, estos jugos son mezclados con otro, principalmente de manzana y por lo tanto su composición fenólica es distinta al jugo natural (Gorena *et al.*, 2010).

Existen pocos trabajos relacionados con alimentos procesados obtenidos a partir de la granada. Pérez-Vicente, Serrano, Abellán y García-Viguera (2004), determinaron la influencia del envase en la degradación de pigmentos y compuestos bioactivos durante la elaboración y el almacenamiento de jugos. Ellos indican que las pérdidas durante la elaboración (pasteurización del jugo) son bajas en el caso de los polifenoles totales (2%), siendo algo más elevadas en el caso de las antocianinas (14%) y produciéndose un incremento considerable (57%) en el caso del ácido elágico, como consecuencia de la ruptura de elagitaninos. En dicha investigación se comprobó que la actividad antioxidante no presenta cambios significativos durante el procesado y posterior almacenamiento del jugo, lo cual hace del mismo un producto sensorialmente atractivo y con interesantes beneficios para la salud.

Cabe mencionar que la cáscara de granada puede ser también procesada en la preparación del jugo de granada. Elfalleh *et al.* (2012), compararon el contenido de compuestos polifenólicos (fenoles, antocianinas y taninos) en la pulpa y la cáscara de la granada e identificaron un mayor contenido de dichos compuestos en la cáscara. En consecuencia, si la preparación del jugo se hace con la fruta completa, se podría aumentar el contenido de polifenoles, que incluye: taninos principalmente, ácido elágico, ácido gálico, antocianinas y catequinas. Por otra parte, esos hallazgos podrían hacer de la cáscara de granada, un recurso como suplemento nutricional adicionado a otros productos alimenticios, en lugar de un producto de desecho de la industria (Elfalleh *et al.*, 2012).

2. Capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*)

El capulín pertenece a la familia Rosaceae. Es un árbol que tiene una altura de 5 a 15 m. Se encuentra altamente distribuido en el territorio nacional, crece principalmente en los estados de Guanajuato, Querétaro y Veracruz. En la mayoría de los estados de la República Mexicana a su fruto se le conoce como capulín, sin embargo, en otras zonas se le conoce como cerezo negro americano (Hurtado y Pérez, 2014). La fruta es una drupa globosa, de color negro rojizo en la madurez, de 12 a 20 mm de diámetro, presenta un sabor agridulce y astringente; contiene una sola semilla (Rodríguez, 2011).

2.1. Composición

El capulín se distingue como una fruta con gran contenido de nutrientes, está compuesta principalmente por agua (81.18 %), destacan su contenido de fibra, proteína, vitaminas como A y C, y minerales como el calcio, potasio, magnesio y fósforo (Tabla I) (Guíjarro, 2013; Luna-Vázquez *et al.*, 2013).

Luna-Vázquez *et al.* (2013) compararon la composición química del capulín con la de ciruela y uva, por ser frutas similares y de gran consumo. El capulín tuvo mayor contenido de proteína (2.10 mg/100 FF) que ciruela y uva (0.49 y 0.46 mg/100 FF, respectivamente). El contenido de humedad, grasa, fibra y cenizas, fue similar en las tres frutas. Asimismo, los minerales como el K, Ca, P y Mg tuvieron valores más altos en capulín, que en ciruela y uva. Lo que indica que el capulín representa una buena fuente de nutrientes, similar e incluso mayor en contenido al de otras frutas.

2.1.1. Compuestos antioxidantes

El capulín contiene una gran variedad de compuestos fenólicos, como flavonoides, y taninos. El tipo de flavonoides presente en el fruto pertenecen a las antocianinas, principalmente la cianidina-3-glucósido y la cianidina-3-rutinocida (Jiménez, Castillo, Azuara y Beristain, 2011; Hurtado y Pérez, 2014).

Villa (2008), Rodríguez (2011), Luna-Vázquez *et al.* (2013) y Hurtado y Pérez (2014), determinaron la cantidad de fenoles totales en capulín y reportaron un contenido de 316-818, 240.1, 362.2 y 242 mg EAG/100 g FF, respectivamente. El contenido mayor reportado fue el de Villa (2008), lo cual puede ser debido al solvente utilizado para la preparación de la muestra o a las características propias del fruto (zona de procedencia, estado de madurez, temperatura y tiempo de extracción, etcétera).

En el caso de los flavonoides totales, Villa (2008), Rodríguez (2011) y Luna-Vázquez *et al.* (2013) reportaron un contenido de 203.0, 88.9 y 201.8 mg equivalentes de catequina (ECA)/100 g FF. Para antocianinas, Jiménez *et al.* (2011) reportaron un contenido total de 141 mg ECG/100 g FF.

Rodríguez (2011) detectó por HPLC y cuantificó los siguientes compuestos antioxidantes en el capulín: ácido clorogénico, epicatequina y querctetina (8.52, 0.52, 3.0 mg/100 g FF, respectivamente). Asimismo, García-Aguilar *et al.* (2015) encontraron además ácido clorogénico, ácido gálico, ácido cafeico, catequina, epicatequina, querctetina, kaempferol y glucósidos.

En cuanto a capacidad antioxidante, Rodríguez (2011), Luna-Vázquez (2013), y Hurtado y Pérez (2014) reportaron 200.80, 810.99 y 694.00 mg ET/100 g FF. Hurtado y Pérez (2014) compararon este valor con otras frutas como mora, guayaba y uva (279.18, 324.53 y 363.17 mg ET/100 g FF, respectivamente), encontraron que el capulín tiene mayor capacidad antioxidante que dichas frutas.

2.1.2. Pigmentos

Las antocianinas le proporcionan al capulín colores característicos rojos y azules. Luna-Vázquez *et al.* (2013), identificaron pigmentos en la piel del capulín e identificaron doce compuestos

fenólicos mediante HPLC, encontrando: ácido gálico, ácido vanílico, cianidina-3-O-rutinosido, ácido clorogénico, (2) procianidina B, caffeoyl-hexosa-deoxyhexosido, rutina, hiperosido, kaempferol hexosido, querctetina pentosido y kaempferol pentosido.

Cedillo-López, Beltrán-Orozco y Salgado-Cruz (2006) cuantificaron y analizaron la estabilidad de pigmentos presentes en frutos de capulín provenientes de dos mercados locales del Estado de México (Tepetlixpa y la Merced), reportaron 34.20 y 29.17 mg/100 g FF de pigmento de antocianina monomérica, respectivamente. Los pigmentos fueron más estables en pH ácidos 1-4 y presentaron un gran cambio en pH alcalinos, evidenciado por un cambio de color rojo a café, por lo que se puede decir que, conforme aumenta el pH disminuye el color del extracto.

Por otro lado, Jiménez *et al.* (2011) relacionaron la presencia de antocianinas y polifenoles del capulín con las coloraciones físicas que se pueden estimar a través de la magnitud de los parámetros de color (L^* , a^* y b^*). Dichos autores reportaron L^* : 11.63, a^* : 11.85 y b^* : 9.61, indicando coloraciones rojizas, lo que muestra una alta presencia de antocianinas y polifenoles.

2.2. Uso en productos alimenticios

El fruto del capulín es una fruta poco utilizada, generalmente se consume fresca en los lugares donde se distribuye o encuentra. Las semillas se preparan tostadas como botana. Dicho fruto se utiliza generalmente, como materia prima de mermeladas, jaleas y conservas, así como tamales, bebidas fermentadas, licores y dulces. Asimismo, se utiliza como infusión para ciertas afecciones, como dolor de garganta, estómago, inflamaciones, etcétera (Hurtado y Pérez, 2014). En otros países (Estados Unidos, Brasil, Canadá, Chile y España) el capulín es utilizado como ingrediente de algunos alimentos y bebidas y como suplemento alimenticio por sus propiedades antioxidantes (Villa, 2008).

3. Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*)

El garambullo es una planta endémica de México que pertenece a la familia de las cactáceas (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010b). Su fruto es una baya redonda pequeña (1-2 cm de diámetro), color rojo-violeta en la maduración, globoso a elipsoide y sin espinas (Martínez, 2008), su cáscara es delgada, la pulpa tiene un color rojo claro a oscuro, tiene una estructura similar a un gel, contiene numerosas semillas negras pequeñas (<1 mm) repartidas por todo el volumen de la fruta (Hernández-López, Vaillant, Reynoso-Camacho y Guzmán-Maldonado, 2008). El garambullo es poco conocido y consumido, ya que su comercialización se realiza de manera local. La producción del fruto bajo condiciones silvestres es relativamente baja; ésta es inferior a 500 kg/Ha, y se debe a la heterogeneidad de las poblaciones, en relación a la edad, vi-

gor, sanidad y rendimiento por planta. De la producción total sólo se cosecha entre el 35 y el 70%, debido a las diferencias en calidad y dificultad para cosechar los frutos ya que se produce de forma temporal: de junio a septiembre (Corona, 2007; Hernández-López *et al.*, 2008).

3.1. Composición

Existe poca investigación sobre la composición química del garambullo, la mayoría de los estudios se centran en los compuestos antioxidantes del fruto, especialmente en las betalaínas (Hernández-López *et al.*, 2008; Herrera-Hernández, Guevara-Lara, Reynoso-Camacho y Guzmán-Maldonado, 2011). La FAO/Latin foods (2007), reporta que el garambullo está compuesto principalmente por agua (79.6%), tiene gran contenido de proteína, vitamina C y minerales como el calcio y potasio (Tabla I).

Guzmán-Maldonado *et al.* (2010a) hicieron un estudio donde compararon la composición fisicoquímica y nutrimental de cuatro frutas de garambullo provenientes de distintos estados de México (Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y San Luis Potosí [SLP]). Las cuatro muestras analizadas presentaron diferencias significativas en cuanto a su composición nutrimental. Destacan las diferencias en el contenido de proteína y fibra. El garambullo proveniente de Querétaro presentó mayor cantidad de proteína (0.87 g/100 g de fruta) en comparación con los estados de Guanajuato, Hidalgo y SLP (0.71, 0.79 y 0.79 g/100 g de fruta, respectivamente). En cuanto a fibra los garambullos provenientes de Guanajuato e Hidalgo tuvieron mayor contenido (3.69 y 3.61 % fibra, respectivamente) en comparación con los de Querétaro y SLP (3.49 y 3.49 % fibra, respectivamente). Dicha investigación presentó valores menores de proteína y similares de fibra en comparación con lo reportado por FAO/Latin foods (2007) (Tabla I), dichas diferencias pueden ser debidas a características propias de las frutas (grado de madurez y variedad).

Otros compuestos encontrados en el garambullo son los polifenoles, como taninos, betalaínas, fenoles y ácidos fenólicos (Vázquez-Cruz *et al.*, 2012).

3.1.1. Compuestos antioxidantes

El garambullo es una fruta rica en compuestos fenólicos y betalaínas y en menor cantidad de taninos (Guerrero-Chávez *et al.*, 2010). Guzmán-Maldonado *et al.* (2010a) reportaron un contenido de vulgaxantina, ácido vanílico, ácido cafeico, ácido gálico y betalaínas totales en garambullo de 0.24, 0.65, 0.94, 2.50 y 3.69 mg/100 g FF, respectivamente. Asimismo, reportaron 1046.00 mg EAG/100 g FF de contenido de fenoles totales.

Por otro lado, González (2010) evaluó el contenido de fenoles totales y betalaínas en distintos estados de madurez (I, II y

III) del fruto, mediante el método de Singleton, Orthofer, y Lamuela-Raventos (1999) e identificó mediante HPLC. Por el método de Singleton *et al.*, (1999) la mayor cantidad de fenoles se encontró en el estado de madurez I, (4900.00 mg EAG/100 g de peso seco), indicando que, cuando aumenta el tiempo de madurez del fruto, disminuye la cantidad de compuestos fenólicos. Por medio de HPLC identificaron diez compuestos fenólicos, de estos, cuatro fueron ácidos hidroxicinámico (ácido *trans*-cinámico, ácido caféico, ácido sináptico y ácido ferúlico), dos flavanoles (catequina y epicatequina), un flavonol (miricetina), un hidroxicinámato (ácido clorogénico) y dos ácidos hidroxibenzoicos (ácido p-hidroxibenzoico y ácido vanílico). El compuesto fenólico de mayor concentración en el garambullo encontrado fue el ácido ferúlico (518.9 mg/100 g de FF).

En cuanto a las betalaínas, el contenido de betacianinas (9.53-32.30 mg/100 g de FF) fue mayor que el contenido de betaxantinas (4.3-9.7 mg/100 g de FF), en los tres estados de madurez del fruto. El contenido de betalaínas totales fue de 14.3-42.02 mg/100 g de FF, es importante destacar que, en comparación con los fenoles, en betalaínas ocurrió lo contrario en cuanto a la madurez de los frutos, estas aumentaron, conforme aumentaba el grado de madurez del fruto (González, 2010).

Asimismo, los valores reportados por González (2010) fueron mayores comparados con los de Reynoso, García, Morales y González de Mejía (1997) (2.30 mg/100 g FF de betalaínas totales), Guzmán-Maldonado *et al.* (2010a) y Herrera-Hernández *et al.* (2011) (4.89 mg/100 g FF de betalaínas totales), esto puede ser atribuido a la metodología utilizada y a las características propias del fruto (estado de madurez, condiciones del cultivo, etcétera). En análisis por HPLC, se identificaron cuatro picos de betalaínas: betaxantina, betanina, isobetanina y filocactina (Reynoso *et al.*, 1997; González, 2010). En cuanto a taninos, Guzmán-Maldonado *et al.*, (2010a) reportaron un contenido total de taninos condensados de 294.00 mg/100 g de FF; la capacidad antioxidante fue reportada en 473.18 mg ET/100 g. Debido a sus propiedades, los pigmentos del garambullo resultan de gran interés ya que presentan importantes características antioxidantes (Hernández-López *et al.*, 2008).

3.1.2. Pigmentos

El fruto del garambullo contiene una gran cantidad de pigmentos. Las betalaínas (compuestos hidrosolubles) proporcionan tonalidades que van del rojo al púrpura (Topete, 2006; Guerrero-Chávez *et al.*, 2010; Herrera-Hernández *et al.*, 2011). En la mayoría de los casos, los pigmentos rojo-violeta son la betanina, isobetanina, betanidina e isobetanidina (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010a).

Reynoso *et al.* (1997) extrajeron pigmentos del garambullo para su identificación y los compararon con los del betabel. Asimismo, analizaron la estabilidad de dichos compuestos a diferentes temperaturas y en presencia de ácido ascórbico, hierro y cromo; reportaron que las betalaínas del garambullo tienen mayor estabilidad que la de los pigmentos del betabel ya que son más estables a temperaturas bajas. La concentración de pigmentos fue de 214 mg/100 g FF para garambullo. El ácido ascórbico protege al color rojo incluso cuando se expone a los tratamientos drásticos tales como la esterilización. El hierro y el cromo disminuyeron la estabilidad de los pigmentos; el efecto del hierro fue mayor que el del cromo.

Los pigmentos de este fruto podrían ser aprovechados en la industria alimentaria ya que son estables en un rango de temperatura de 14 a 25°C y las betacianinas son menos estables a temperaturas por arriba de 37°C (Hernández-López *et al.*, 2008; Herrera-Hernández *et al.*, 2011).

3.2. Uso en productos alimenticios

El garambullo es un fruto no climatérico. Es poco explotado y una de sus limitaciones es su corta vida poscosecha. Si se recolecta en su estado maduro y se mantiene a una temperatura de 22°C en recipientes cerrados, en menos de 6 horas fermenta de forma rápida. Se ha observado que si el fruto se mantiene a temperatura de refrigeración (4°C) este se conserva en buen estado (Topete, 2006). En las comunidades rurales donde se distribuye de forma silvestre, su aprovechamiento es limitado ya que la recolección del fruto maduro es para consumo en fresco. Su comercialización en el campo es incipiente y una proporción muy baja de la producción se comercializa en zonas urbanas (Hernández-López *et al.*, 2008; Martínez, 2008).

El consumo actual se reduce casi exclusivamente a la fruta fresca durante el verano y su temporada. Pero también se usa como materia prima para elaboración de productos, como: mermeladas, refrescos, colorante para alimentos, licor, pasteles, galletas, agua fresca, dulces, en conserva, nieve, helados y paletas con fruta fresca molida (Topete, 2006; González, 2010).

4. Saúco (*Sambucus nigra L.*)

Existen distintas especies (*australis*, *canadensis*, *mexicana*, *caerulea*, etcétera) del género *Sambucus* distribuidas mundialmente. El saúco negro, americano o común (*S. nigra*) es la especie que más se ha desarrollado y estudiado como alimento y medicina. La planta es un arbusto leñoso; los frutos son bayas carnosas de aspecto globoso y de color azul-negro que se encuentran reunidas en ramaletas (Tejero del Río, 2008). Existen

algunos estudios que indican que las bayas tienen propiedades depurativas, laxantes y antineurálgicas. Se ha reportado también, que frutos de saúco que no son maduros pueden llegar a ser tóxicos. Tejero del Río (2008) indica que la toxicidad podría estar relacionada con sustancias termolábiles que son más abundantes en los frutos verdes y la corteza. También indica que las sustancias podrían ser proteínas, aunque no se descartan sustancias orgánicas con bajo peso molecular como las sustancias cianogénicas que pueden liberar ácido cianhídrico al hidrolizarse. Sin embargo, el tratamiento térmico por cocción de los frutos, la corteza o los brotes de hojas de saúco, elimina la toxicidad.

4.1. Composición

El saúco es una fruta compuesta principalmente por agua (79.8 %) y otros nutrientes (Tabla I), sin embargo, en su composición destaca un alto contenido de vitamina C y minerales como el fósforo, potasio, calcio y magnesio. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2009) reporta 36, 38, 39, 280 y 5 mg/100 g de FF de vitamina C, calcio, fósforo, potasio y magnesio, respectivamente. Vulic, Vracar y Sumic (2008) mencionan también un alto contenido de vitamina C, calcio, fósforo, potasio y magnesio, 34.10, 28.06, 54, 391.33 y 25.99 mg/100 g de FF, respectivamente.

Otros compuestos encontrados en el saúco son azúcares reductores (4-8.55 %), pectina (0.1593-7.5 %), aceite esencial (0.03-0.14 %), ácidos orgánicos (cítrico, isocítrico, málico y tartárico), celulosa (1.65 %), aminoácidos y compuestos volátiles (Akbulut, Ercisli y Tosun, 2009; Verberic, Jakopic, Stampar y Schmitzer, 2009). Kislichenko y Vel'ma (2006) y Vulic *et al.* (2008), reportaron 16 aminoácidos, 7 de ellos aminoácidos esenciales en saúco (lisina, alanina, tirosina, glicina, valina, serina, prolina, isoleucina, leucina, metionina, histidina, glutamato, asparagina, cisteína, treonina y triptófano). Gamze, Demirci y Hüsnü (2014a) encontraron 34 compuestos volátiles, los cuales representan el 86.1 % de la muestra, los principales compuestos fueron fenil acetaldehído (32.3 %), benzaldehído (7.9 %), linoleato de etilo (5.4 %), guayacol 4-vinilo (4.9 %), linalool (4.5 %) y feniletil alcohol (4.1 %). Por otro lado, el saúco tiene también un gran contenido de fenoles y antocianinas (Elez, Kovačević, Galić, Dragović-Uzelac y Savić, 2012).

4.1.1. Compuestos antioxidantes

Diversas investigaciones han demostrado que el saúco contiene sustancias antioxidantes. Grandes cantidades de antocianinas y otros compuestos fenólicos están presentes en la fruta, los componentes principales que se han identificado son: cia-

nidina-3-glucósido (65.7% de antocianinas totales) y cianidina-3-sambubiosido (32.4% de antocianinas totales), además, se han encontrado en menor cantidad: cianidina-3,5-diglucósido (0.8 %), cianidina-3-sambubiosido-5-glucósido (0.08 %), cianidina-3-rutinosido (0.004 %) y pelargonidina-3-glucósido (0.0018 %) (Akbulut *et al.*, 2009; Elez *et al.*, 2012; Gamze *et al.*, 2014a). Vulic *et al.* (2008), Guerrero *et al.* (2010), Elez *et al.* (2012), Perkins-Veazie, Thomas, Finn y Byers (2013), y Gamze, Göger y Hüsnü (2014b) reportan un contenido de antocianinas monoméricas totales de 86.38, 852.6, 416.3, 60-360 y 408.6 mg ECG/100 g de FF y de compuestos fenólicos totales de 435, 963.2, 788.3, 460-670 y 4917 mg EAG/100 g de FF, respectivamente.

Otros compuestos antioxidantes en saúco son el ácido clorogénico (10.70 mg/100 g de FF), taninos (71.15 mg EAG/100 g de FF) y flavonoides (177.5 mg equivalentes de rutina/100 g de FF) (Lee y Finn, 2007; Elez *et al.*, 2012; Mudgea *et al.*, 2016). Mikulic-Petkovsek, Ivancic, Todorovic, Veberic y Stampar (2015) determinaron la composición y el contenido de compuestos fenólicos en el saúco, encontraron ácido hidroxicinámico y ácido clorogénico. Los flavanoles (catequina, epicatequina y diferentes procianidinas) fueron otro grupo fenólico importante encontrado.

En cuanto a la capacidad antioxidante del saúco, Wu *et al.* (2004), Halvorsen *et al.* (2002), y Buričová y Rébllová (2008) demostraron que dicha capacidad es alta cuando se compara con otras frutas similares, como los arándanos, moras y zarzamoras. Elez *et al.* (2012) mencionan una capacidad antioxidante en el saúco de 0.0053 mg ET/100 g de FF; Halvorsen *et al.* (2002) reportaron una capacidad antioxidante de 0.0019 a 0.00361 mg ET/100 g de FF, y Akbulut *et al.* (2009) compararon cuatro genotipos distintos de saúco y encontraron 0.0024 mg ET/100 g de FF, valores similares de capacidad antioxidante reportados por los otros autores.

Las antocianinas y los fenoles son importantes indicadores de calidad de la fruta, e influyen fuertemente en su apariencia. Hay numerosos factores que pueden afectar el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de la fruta, entre ellos: la variedad, el área geográfica, el grado de madurez, las condiciones ambientales y, sobre todo, las prácticas de manejo desde su cosecha en el campo, el almacenamiento posterior a la recolección y su procesamiento (Elez *et al.*, 2012).

4.1.2. Pigmentos

El saúco es una fruta que contiene pigmentos rojo-púrpura que le proporcionan su color característico. Estos pigmentos son antocianinas; en el saúco se encuentran, específicamente, la cianidina-3-glucósido y la cianidina-3-sambubiosido (Bermúdez-Soto y Tomas-Barberán, 2004; Dawidowicza, Wianows-

kaa y Baraniakb, 2006; Szalóki-Dorkó, Légrádi, Abrankó y Stéger-Máté, 2014). Además de estos compuestos se encuentran, en menor cantidad, la cianidina-3-O-sambubiosido-5-O-glucósido y la cianidina-3-5-diglucósido (Szalóki-Dorkó *et al.*, 2014).

Las antocianinas se han usado desde hace ya algunos años como fuente potencial de pigmento natural en alimentos, sin embargo, una de las desventajas de su uso es su inestabilidad a la luz, la temperatura y el pH, entre otros factores. Para el caso de los pigmentos del saúco, éstos pueden cambiar a rojo (en condiciones ácidas) y a una tonalidad morada/púrpura (en condiciones alcalinas) (Inami, Tamura, Kikuzaki y Nakatani, 1996; Oancea y Drăghici, 2013).

A pesar de esta desventaja y por el contenido de sustancias antioxidantes con las que cuenta, en algunos países de Europa y Asia se siguen usando dichos pigmentos del saúco, como una alternativa para colorantes naturales, en dulces, gelatinas, jugos y bebidas (Watanabe, Yamamoto, Nagai y Terabe, 1998; Galić *et al.*, 2009).

4.2. Uso en productos alimenticios

Debido a su composición, especialmente a los compuestos antioxidantes con los que cuenta, el saúco es una alternativa de producto natural o procesado para el área de alimentos (Akbulut *et al.*, 2009). Sin embargo, este fruto ya se ha utilizado y consumido, aunque de forma no tan común en algunos lugares, como fruta fresca, producto tradicional, producto procesado o suplemento alimenticio.

Como producto tradicional y/o procesado el saúco es usado para la preparación de jugos, mermeladas, yogur, aderezos, botanas, licores, compotas, conservas, frutas deshidratadas, jarabes, helados, refrescos, colorantes naturales, cerveza y vinos, entre otros (Tejero del Río, 2008; Schmitzer, Veberic, Slatnar y Stampar, 2010). Como suplemento alimenticio, se ha usado en la preparación de jarabes, infusiones y extractos, aportando beneficios a la salud (Cejpek, Maloušková, Konečný y Velišek, 2009; Elez *et al.*, 2012; Gamze *et al.*, 2014b).

Países de Europa, Estados Unidos y Canadá procesan el saúco en diversos productos alimenticios, llegando a encontrar hasta más de 80 productos distintos, por lo que lo consideran una fruta potencial en el mercado debido a sus propiedades, de hecho, estos productos se han llegado a clasificar en dos categorías, como alimentos y bebidas y productos para la salud (Özgen, Scheerens, Neil y Miller, 2010). En la industria alimentaria se ha llegado a comparar, en algunos aspectos, con frutas similares que son de mayor consumo, como arándanos, fresas, frambuesas, zarzamoras y uva (Cejpek *et al.*, 2009; Elez *et al.*, 2012; Gamze *et al.*, 2014b).

En México, no ha sido tan explotado como en otros países. Generalmente es consumido en lugares donde crece la fruta de forma natural y donde es cultivado. Se consume como fruta fresca, principalmente, pero también es aprovechado para preparar nieves, paletas de hielo, mermeladas, conservas, dulces típicos, bebidas y licores. Otra forma de consumo es la preparación de infusiones, para tratar afecciones como gripe, inflamaciones, dolores de estómago, entre otros (Tejero del Río, 2008).

Conclusiones

La granada, el capulín, el garambullo y el saúco son frutas ricas en compuestos con gran valor nutricional, antioxidante y aportación de pigmentos. Estas frutas son poco aprovechadas, su consumo se da principalmente como frutas frescas; sin embargo, estudios que demuestren la importancia de su composición pueden contribuir a aumentar el consumo y uso de estas frutas para su procesamiento, para poder usarlas como fuente de ingredientes y/o alimentos con efecto positivo en la nutrición de los consumidores y con fines tecnológicos en la pigmentación de alimentos.

Agradecimientos

La autora Gabriela Ríos Corripio agradece a la Universidad de las Américas Puebla, por el apoyo recibido para el financiamiento de sus estudios de doctorado.

Referencias

- Akbulut, M., Ercisli, S., y Tosun, M. (2009). «Physico-chemical characteristics of some wild grown European elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes». *Pharmacognosy Magazine*, 20 (5), 320-337.
- Andreu-Sevilla, A., Signes-Pastor, A. J. y Carbonell-Barrachina, A. A. (2008). «La granada y su zumo. Producción, composición y propiedades beneficiosas para la salud». *Alimentación*, 234, 36-39.
- Bermúdez-Soto, M.J., y Tomas-Barberán, F. A. (2004). «Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices». *European Food Research and Technology*, 219, 133-141.
- Buričová, L., y Réblová, Z. (2008). «Czech medicinal plants as possible sources of antioxidants». *Czech Journal of Food Sciences*, 26, 132-138.
- Calín-Sánchez, A., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K. y Carbonell-Barrachina, A. (2008). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils and rind as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology. An International Journal*, 4 (1), 110-121.
- Cedillo-López, D., Beltrán-Orozco, M. C., y Salgado-Cruz, M. P. (2006). «Cuantificación y estabilidad de los pigmentos presentes en 2 variedades del fruto del capulín (*Prunus serotina* Ehrenb. subs. *capuli* (Cav.) McVaugh)». *Cartel IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica y XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica*. Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos, A. C. Morelia, Michoacán, México.
- Cejpek, K., Maloušková, I., Konečný, M., y Velíšek, J. (2009). «Antioxidant activity in variously prepared elderberry foods and supplements». *Czech Journal of Food Sciences*, 27, S45-S48.
- Corona, C. (2007). «Efecto del 1-mcp sobre el comportamiento fisiológico postcosecha de garambullo (*Myrtilllocactus geometrizans*)». *Revista de Difusión*. Universidad Autónoma de Querétaro. En línea. Obtenido el 5 de febrero de 2016 desde: http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2007/31_6UAQCoronaMartinez.pdf
- Dawidowicza, L. A., Wianowskaa, D., y Baraniakb, B. (2006). «The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts)». *Food Science and Technology*, 39 (3), 308-315.
- Díaz, M. A. (2014). *Calidad nutracéutica de extractos de granada dulce y ácida y bioaccesibilidad de sus compuestos fenólicos en un modelo in vivo*. (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Elez, G. I., Kovačević G. K., Galić, I., Dragović-Uzelac, V., y Savić, Z. (2012). «The influence of processing on physico-chemical parameters, phenolics, antioxidant activity and sensory attributes of elderberry (*Sambucus nigra* L.) fruit wine». *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 7, 9-13.
- El Kar, C., Ferchichi, A., Attia, F., y Bouajila, J. (2011). «Pomegranate (*Punica granatum* L.) juices: chemical composition, micronutrient, cations, and antioxidant capacity». *Journal of Food Science*, 76 (6), C795-C799.

- Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N., y Ferchichi, A. (2012). «Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower». *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4724-4730.
- Elfalleh, W., Tlili, N., Nasri, N., Yahia, Y., Hannachi, H., Chaiara, N., Ying, M., y Ferchichi, A. (2011). «Antioxidant capacities of phenolic compounds and tocopherols from tunisian pomegranate (*Punica granatum*) fruits». *Journal of Food Science*, 76 (5), C707-C714.
- FAO/Latin foods. 2007. *Cuadro de composición de alimentos de América Latina*. En línea. Obtenido el 7 de febrero de 2016 desde: <http://www.rlc.fao.org/es/bases/alimento>
- Fischer, A. U., Jacksch, V. A., Reinhold, C., y Kammerer, R. D. (2013). «Influence of origin source, different fruit tissue and juice extraction methods on anthocyanin, phenolic acid, hydrolysable tannin and isolariciresinol contents of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits and juices». *European Food Research Technology*, 237, 209-221.
- Galić, A., Dragović-Uzelac, V., Levaj, B., Bursać, K. D., Pliestić, S., y Arnautović, A. (2009). «The polyphenols stability, enzyme activity and physico-chemical parameters during producing wild elderberry concentrated juice». *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74 (3), 181-186.
- Gamze, A. H., Demirci, B., y Hüsnü C. B. K. (2014a). «The volatile compounds of elderberries (*Sambucus nigra* L.)». *Natural Volatiles and Essential Oils*, 1, 51-54.
- Gamze, D. H., Göger, K. F., y Hüsnü, C. B. K. (2014b). «In vitro antioxidant properties and anthocyanin compositions of elderberry extracts». *Food Chemistry*, 155 (15), 112-119.
- García-Aguilar, L., Rojas-Molina, A., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, J., Vázquez-Landaverde, P.A., Luna-Vázquez, F., y Zavala-Sánchez, M.A. (2015). «Nutritional value and volatile compounds of black cherry (*Prunus serotina*) seeds». *Molecules*, 20 (2), 3479-3495.
- García, B. C., y Pérez, V. A. (2004). «La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías». *Alimentación, Nutrición y Salud*, 11 (4), 113-120.
- Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. y Kader, A. A. (2000). «Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing». *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 4581-4589.
- Gil, M., García-Viguera, C., Artés, F., y Tomas-Barberan, F. (1995). «Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening». *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 68, 77-81.
- González, N. C. (2010). *Caracterización fisicoquímica del fruto del garambullo (tesis de maestría)*. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Gorena, T., Sepúlveda, E., y Sáenz C. (2010). «Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos de granado (*Punica granatum* L.)». *La Alimentación Latinoamericana*, 285, 48-52.
- Guerrero-Chávez, G., De Ancos, S. B., Sánchez-Moreno, C., Cano-Dolado, M. P., Mercado-Silva, E., y Guzmán-Maldonado, H. S. (2010). «Identificación de los pigmentos betalaínicos de frutos de (*Myrtillocactus geometrizans*) por HPLC-DAD-ESI-MS». *Revista Iberoamericana de Tecnología Postchosecha*, 11, 1-152.
- Guerrero, C. J., Ciampi, P. L., Castilla, C. A., Medel, S. F., Schalchli, S. H., Hormazabal, U. E., Bensch, T. E., y Alberdi L. M. (2010). «Antioxidant capacity, anthocyanins, and total phenols of wild and cultivated berries in Chile». *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70 (4), 537-544.
- Guijarro, T. A. (2013). *Diseño de un proceso para producir un licor con sabor a capulí (tesis de ingeniería)*. Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Guzmán-Maldonado, S. H., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso-Camachoc, R., Guzmán-Tovara, A., Vaillantd, F., y Brat, P. (2010a). «Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico». *Food Chemistry*, 121, 381-386.
- Guzmán-Maldonado, S.H., Morales-Montelongo, A. L., Mondragón-Jacobo, C, Herrera-Hernández, G., Guevara-Lara, F., y Reynoso-Camacho R. (2010b). «Physicochemical, nutritional, and functional characterization of fruits xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from Central-Mexico Region». *Journal of Food Science*, 75 (6), C485-492.
- Halvorsen, B. L., Holte, K., Myhrstad, M. C. W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S. F., Wold, A. B., Haffner, K., Baugerød, H., Andersen, L. F., Moskaug, Ø., Jacobs, D. R. y Blomhoff, R. (2002). «A systematic screening of total antioxidants in dietary plants». *Journal of Nutrition*, 132, 461-471.
- Hernández, F., Melgarejo, P., Tomás-Barberán, T., y Artés, F. (1999). «Evolution of juice anthocyanins during ripening of new selected pomegranate (*Punica granatum*) clones». *European Food Research and Technology*, 210, 39-42.

- Hernández-López, D., Vaillant, F., Reynoso-Camacho, R., y Guzmán-Maldonado, S. H. (2008). «*Myrtillocactus* (cactaceae): botanical, agronomic, physicochemical and chemical characteristics of fruits». *Fruits*, 63 (5), 269-276.
- Herrera-Hernández, M. G., Guevara-Lara, F., Reynoso-Camacho, R., y Guzmán-Maldonado, S. H. (2011). «Effects of maturity stage and storage on cactus berry (*Myrtillocactus geometrizans*) phenolics, vitamin C, betalains and their antioxidant properties». *Food Chemistry*, 129 (4), 1744-1750.
- Hurtado, H. N., y Pérez, N. (2014). «Identificación, estabilidad y actividad antioxidante de las antocianinas aisladas de la cáscara del fruto de capulí (*Prunus serotina* spp *capuli* (Cav) Mc. Vaug Cav)». *Información Tecnológica*, 25 (4), 131-142.
- Inami, O., Tamura, I., Kikuzaki, H., y Nakatani, N. (1996). «Stability of anthocyanins of *Sambucus canadensis* and *Sambucus nigra*». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3090-3096.
- Ismail, A. F., Abdelatif, H. S., El-Mohsen, A. R. N., y Zaki, A. S. (2014). «The physico-chemical properties of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) extracted from two egyptian varieties». *World Journal of Dairy & Food Science*, 9, 29-35.
- Jiménez, M., Castillo, I., Azuara, E., y Beristain, C. I. (2011). «Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de capulín (*Prunus serotina* subsp *capuli*)». *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10, 29-37.
- Kislichenko, V.S., y Vel'ma, V. V. (2006). «Amino-acid composition of flowers, leaves, and extract of *Sambucus nigra* flowers». *Chemistry of Natural Compounds*, 42, 125-126.
- Lee, J., y Finn, C.E. (2007). «Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2665-2675.
- López-Mejía, O. A., López-Malo, A., y Palou, E. (2010). «Granada (*Punica granatum* L): una fuente de antioxidantes de interés actual». *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4, 64-73.
- Luna-Vázquez, J. F., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J. I., Yahia, E., Rivera-Pastrana, M. D., Rojas-Molina, A., y Zavala-Sánchez, M. A. (2013). «Nutraceutical value of black cherry *Prunus serotina* Ehrh. fruits: antioxidant and antihypertensive properties». *Molecules*, 18 (11), 14597-14612.
- Martínez, S.P. (2008). *Análisis molecular de la capacidad antioxidante del fruto de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) en ratas diabéticas*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D., y Martí, N. (2011). «Phytochemical characterization for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (10), 1893-1906.
- Mikulic-Petkovsek, M., Ivancic, A., Todorovic, B., Veberic, R., y Stampar F. (2015). «Fruit phenolic composition of different elderberry species and hybrids». *Journal of Food Science*, 80 (10), 2180-2190.
- Moghaddasi, M. S., y Haddad, K. H. (2011). «Chemical composition of the plant *Punica granatum* L. (Pomegranate) and its effect on heart and cancer». *Journal of Medicinal Plants Research*, 40 (6), 5306-5310.
- Mousavinejad, G., Djomeh, Z., Rezaei, K., Hossein, M., y Khodaparast, H. (2009). «Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars». *Food Chemistry*, 115, 1274-1278.
- Mudgea, E., Applequistb, L. W., Finleya, J., Listera, P., Townesmithb, K. A., Walkerb, M. K., y Brow, N. P. (2016). «Variation of select flavonols and chlorogenic acid content of elderberry collected throughout the Eastern United States». *Journal of Food Composition and Analysis*, 47, 52-59.
- Oancea, S., y Drăghici, O. (2013). «pH and thermal stability of anthocyanin-based optimised extracts of romanian red onion cultivars». *Czech Journal of Food Science*, 31 (3), 283-291.
- Özgen, M., Scheerens, C. J., Neil, R. R., y Miller, R. A. (2010). «Total phenolic, anthocyanin contents and antioxidant capacity of selected elderberry (*Sambucus canadensis* L.) accessions». *Pharmacognosy Magazine*, 23 (6), 198-203.
- Pérez-Vicente, A., Gil-Izquierdo, A., y García-Viguera, C. (2002). «In vitro gastrointestinal digestion study of pomegranate juice phenolic compounds, anthocyanins and vitamin C». *Journal of Agriculture of Food Chemistry*, 50, 2308-2312.
- Pérez-Vicente, A., Serrano, P., Abellán, P., y García-Viguera, C. (2004). «Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 639-644.
- Perkins-Veazie, P., Thomas, L. A., Finn, E. C., y Byers, L. P. (2013). «Fruit composition of edelberry (*Sambucus canadensis*

- and *Sambucus nigra*) genotypes grown in Oregon and Missouri, USA (P)». *Symposium Proceedings. The First International Symposium of Elderberry*. Columbia, Missouri, USA: Comité del ISE. En línea. Obtenido desde: <http://www.centerforagroforestry.org/pubs/elderberrysymposiumguide.pdf>
- Rajan, S., Mahalakshmi, S., Deepa, V. M., Sathya, K., Shajitha, S., y Thirunatalasundari, T. (2011). «Antioxidant potentials of *Punica granatum* fruit rind extracts». *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3 (3), 82-88.
- Reynoso, R., García, F. A., Morales, D., y González de Mejía, E. (1997). «Stability of betalain pigments from a cactacea fruit». *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45 (8), 2884-2889.
- Rodríguez, D. L. E. (2011). *Determinación de la actividad antioxidante del fruto sin semilla del capulín mexicano (Prunus serotina) e identificación de sus fenoles marcadores mediante CLAR-EM*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Berger, H., Galleti, L., Valladares, C., y Botti, C. (2001). «Minimal processing of pomegranate cv. española: effect of three package material». *Acta Horticulturae*, 553, 711-712.
- Shiban, S. M., Al-Otaibi, M. M., y Al-Zoreky, N. S. (2012). «Antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels». *Food and Nutrition Sciences*, 3, 991-996.
- Schmitzer, V., Veberic, R., Slatnar, A., y Stampar, F. (2010). «Elderberry (*Sambucus nigra* L.) wine: a product rich in health promoting compounds». *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58, 10143-10146.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2014). *Servicio de información estadística agroalimentaria y pesquera*. En línea. Obtenido el 12 de enero de 2016 desde: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., y Lamuela-Raventos, R. M. (1999). «Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent». *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Szalóki-Dorkó, L., Légrádi, F., Abrankó, L., y Stéger-Máté, M. (2014). «Effects of food processing technology on valuable compounds in elderberry (*Sambucus nigra* L.) varieties». *Acta Biologica Szegediensis*, 58 (1), 45-48
- Tejero del Río, J. (2008). *Caracterización químico-física y toxicológica de las lectinas antinutricionales ebulina f y SELfd de frutos de Sambucus ebulus L.* (tesis doctoral). España: Universidad de Valladolid.
- Topete, V. R. (2006). *Caracterización química y evaluación del efecto hipoglucemiente y antioxidante del fruto de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*)* (tesis de maestría). México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2009). *National Nutrient Database for Standard Reference*. En línea. Obtenido el 8 de marzo de 2016 desde: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2359?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=pomegranate>
- Vázquez-Cruz, M. A., Jiménez-García, S. N., Torres-Pacheco, I., Guzmán-Maldonado, S. H., Guevara-González, R. G., y Miranda-López, R. (2012). «Effect of maturity stage and storage on flavor compounds and sensory description of berrycactus (*Myrtillocactus geometrizans*)». *Journal of Food Science*, 77 (4), C366-373.
- Verberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., y Schmitzer, V. (2009). «European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols». *Food Chemistry*, 114, 511-515.
- Villa, D. T. F. (2008). *Frutos del capulín (*Prunus serotina*) como fuentes potenciales de compuestos bioactivos* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., y Pérez-Álvarez, J. A. (2010). «Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review». *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 635-654.
- Vulic, J. J., Vraca, O. L., y Sumic, M. Z. (2008). «Chemical characteristics of cultivated elderberry fruit». *Acta Periodica Technologica (APTEFF)*, 39, 85-90.
- Watanabe, T., Yamamoto, A., Nagai, S., y Terabe, S. (1998). «Analysis of elderberry pigments in commercial food samples by micellar electrokinetic chromatography». *Analytical Science*, 14, 839-844.
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., y Prior, R. L. (2004). «Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the U.S.». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4026-4037.