

‘Invierno’, cultivar de xoconostle para la región central de México*

‘Invierno’, cultivar of xoconostle for central Mexico

**Clemente Gallegos-Vázquez^{1§}, Leia Scheinvar², Héctor Silos-Espino³, Alma Delia Fuentes-Hernandez⁴, Carlos A. Núñez-Colín⁵
y Gabriel Olalde-Parra²**

¹Depositorio Nacional de *Opuntia*, Centro Regional Universitario Centro Norte, Universidad Autónoma Chapingo. Cruz del Sur # 100, El Orito, Zacatecas, México. C. P. 98085. Tel. 01 492 9246147. ²Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Delegación. Coyoacán, 04510 México, D. F., C. P. 04510. (leia@ibiologia.unam.mx; golalde@ib.unam.mx). ³Laboratorio de Biotecnología Aplicada, Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, km 18, carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. (silosespino@hotmail.com). ⁴Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad, km 1, Rancho Universitario, Tulancingo Hidalgo, México. C. P. 43000. (almadhf@yahoo.com.mx). ⁵Campo Experimental Bajío-INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110. (nunez.carlos@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: cgallegosvazquez@gmail.com.

Resumen

Se describe una nueva forma hortícola del género *Opuntia* Miller, (Cactaceae), que se encuentra en el Municipio Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo, México, conocida como xononostle ‘Invierno’. Se evaluó de 2008 a 2010 y se encontró que sus cladodios maduros son anchamente elípticos, con 8 a 9 series de aréolas, con 3 a 4 espinas por areola; florece una vez por año y su madurez comercial la alcanza en el mes de abril del año siguiente del que ocurre la floración. El fruto de ‘Invierno’ es de tamaño mediano (76.2 cm) y forma oboval, con la cicatriz floral ligeramente hundida, con epidermis brillante, verde clara con manchas rojo-anaranjadas, paredes color salmón, anchas (10.3 mm, característico de los xoconostles), ácidas (pH 4.3), funículos secos a semisecos e insípidos de color anaranjado, de consistencia firme, jugosidad media y bajo contenido de azúcares (4.4 °Brix) y con pocas semillas completamente desarrolladas (137). El rendimiento promedio en tres años de evaluación fue de 8 727 kg ha⁻¹ y sus frutos permanecen por más de 15 meses en la planta, después de iniciada la maduración, lo que le confiere una ventaja comparativa con relación a las variedades de xoconostle Cuaresmeño y Manzano cultivadas en la región central de México. Ésta variedad está en proceso de validación

Abstract

A new horticultural form of the genus *Opuntia* described by Miller (Cactaceae), located in the municipality of Villa de Tezontepec, State of Hidalgo, Mexico, known as xononostle ‘Invierno’. Was evaluated from 2008 to 2010 and found that their mature pads are broadly elliptic, with 8-9 series of borders, with 3-4 spines by areola; blooms once a year and its commercial maturity is reached in the month of April next year that flowering occurs. The fruit of ‘Invierno’ is medium (76.2 cm) in size and oval, with slightly sunken floral scar epidermis with bright light green with red-orange spots, salmon walls, wide (10.3 mm, characteristic of xoconostles), acidic (pH 4.3), semi-dry to dry and tasteless funiculus orange, firm, medium juiciness and low sugar content (4.4 °Brix) and with few fully developed seeds (137). The average yield on three-year evaluation was 8 727 kg ha⁻¹ and remain off for more than 15 months on the ground, after the onset of ripening, which gives it a comparative advantage over varieties xoconostle Cuaresmeño Manzano and grown in central Mexico. This variety is being validated under the conditions of Villa Tezontepec, Hidalgo and Calera, Zacatecas to establish their suitability and potential to increase the varietal standard for the commercial production of cactus in the semiarid highlands of Mexico.

* Recibido: diciembre de 2013
Aceptado: marzo de 2014

bajo las condiciones de Villa Tezontepec, Hidalgo y Calera, Zacatecas a fin de establecer su adaptabilidad y potencial para incrementar el padrón varietal para la producción comercial de nopal en el Altiplano Semiárido de México.

Palabras clave: *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar, calidad nutrimental, variedad de uso común, rendimiento.

El nopal (*Opuntia* Mill.), endémico del continente americano (Bravo-Hollis, 1978), existe en México con aproximadamente 93 especies (Hunt, 1999). La mayoría de las especies producen frutos de sabor dulce denominadas tunas (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011), mientras que una minoría produce frutos de sabor ácido las cuales son conocidos como xoconostle (Bravo-Hollis, 1978) y se distinguen por presentar paredes interiores anchas, ácidas, pared exterior delgada, semillas dispuestas en el centro del fruto con funículos semisecos e insípidos (Bravo-Hollis, 1978; Colunga-García Marín *et al.*, 1986; Sánchez-Venegas y Ortega-Delgado, 1996; García-Pedraza *et al.*, 2005; Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012), con la característica particular de que sus frutos permanecen sobre los cladodios durante todo el año o más (Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011), probablemente por sus bajas tasas de producción de etileno al madurar (Ávalos-Andrade *et al.*, 2006).

A la fecha, a pesar de que los xoconostles son un recurso fitogenético con grandes potencialidades, existen pocos trabajos que nos permitan conocer su diversidad o su existencia misma, puesto que solamente se conoce la existencia de cerca de 600 hectáreas de plantaciones comerciales de xoconostle cuaresmeño (*Opuntia matudae*) concentradas en los estados de México e Hidalgo en la región central del país (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009), por lo que se desconoce la extensión de nopaleras silvestres con xoconostles en el país (García-Pedraza *et al.*, 2005), por lo que son importantes las tareas de exploración, colecta, descripción y evaluación que nos permitan conocer la diversidad existente y desarrollar propuestas de rescate, conservación y utilización sustentable de este importante recurso.

El área de origen de la variedad de uso común ‘Invierno’ es la zona integrada por los territorios de Villa de Tezontepec y Tolcayuca, Hidalgo, en donde se le localiza en huertos de traspatio, y de donde se incorporó para su evaluación a la plantación para la conservación *in situ* de especies nativas del estado de Hidalgo, localizada en la cabecera municipal de Villa

Keywords: *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar, nutritional quality, variety of commonly used performance.

Nopal (*Opuntia* Mill.), endemic to the Americas (Bravo-Hollis, 1978), exists in Mexico with about 93 species (Hunt, 1999). Most species produce sweet fruits called tunas (Gallegos-Vázquez and Mondragón-Jacobo, 2011), while a minority taste acid produces fruits which are known as xoconostle (Bravo-Hollis, 1978) and are distinguished by present wide interior walls, acidic, thin outer wall, seeds arranged in the center of the fruit with semi-dry and tasteless funiculus (Bravo-Hollis, 1978; Colunga-García Marín *et al.*, 1986; Sánchez-Venegas and Ortega-Delgado, 1996; García-Pedraza *et al.*, 2005; Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012), with the particular feature that fruit remain on the cladodes year round up (Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez and Mondragón-Jacobo, 2011), probably because of their low rates of ethylene production at maturity (Avalos-Andrade *et al.*, 2006).

Although xoconostles are a plant genetic resource with great potential, there are few studies that allow us to understand their diversity and their very existence, since only the existence of about 600 hectares of commercial plantations of xoconostle cuaresmeño known (*Opuntia matudae*) concentrated in the States of Mexico and Hidalgo in the Midwest (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009), so the extent of wild stands with xoconostles in the country (García-Pedraza *et al.*, 2005), so are important tasks of exploration, collection, description and evaluation that allow us to appreciate the diversity and develop proposals for rescue, conservation and sustainable use of this important resource.

The area of origin of the variety ‘Invierno’ of common use is composed of the territories and Tolcayuca Tezontepec Villa, Hidalgo, where it is localized in backyard gardens area, and which was incorporated for evaluation for planting for *in situ* conservation of native species in the State of Hidalgo, located in the municipal seat of Villa de Tezontepec, Hidalgo (19° 53' 0.5" north latitude, 98° 48' 43" W, 2 323 m) and National Depository of *Opuntia*, located in the North Central Regional University Center of the Universidad Autónoma Chapingo, located in Zacatecas, Zacatecas, Mexico (22° 44.7' north latitude and 102° 36.4' W) for future reference.

A comparative study of these plants with all known Mexican species, producing xoconostles, especially with the two wild species of the region: *Opuntia joconostle*

de Tezontepec, Hidalgo (19° 53' 0.5" latitud norte, 98° 48' 43" longitud oeste, 2323 msnm) y al Depositario Nacional de *Opuntia*, ubicado en el Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Zacatecas, Zacatecas, México (22° 44.7' latitud norte y 102° 36.4' longitud oeste) para futuras referencias.

Un estudio comparativo entre estas plantas con todas las especies mexicanas conocidas, productoras de xoconostles, y en especial con las dos especies silvestres de la región: *Opuntia joconostle* F. A. C. Weber, *O. matudae* Scheinvar y *O. lasiacantha* Förster, nos indicó que se trata de una especie distinta y nueva para la ciencia. Se trata de una nueva especie de *Opuntia* descubierta y descrita por Gallegos y Scheinvar (2013), *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar, cuyo nombre refiere a la localidad en la cual fue observada y colectada por vez primera, Villa de Tezontepec, Hidalgo.

Para fines de certificación de semillas, la variedad de xoconostle ‘Invierno’ cuenta con el registro definitivo número XOC-018-031111 y número de expediente 2090 del Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, manteniéndose bajo resguardo en el Depositario Nacional de *Opuntia* con la clave: O-334.

Las características morfológicas más importantes para la descripción de la variedad ‘Invierno’, de acuerdo con las pautas de la prueba para la tuna y xoconostles de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2006) se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estructura, características y descripción de los componentes fenotípicos de la variedad ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar).

Table 1. Structure, characteristics and phenotypic description of variety constituents ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar).

Estructura	Características	Descripción	Promedio
Planta	Hábito de crecimiento	Extendido	---
Cladodio	Longitud (cm)	Corta	31.7
Cladodio	Anchura (cm)	Muy estrecha	19.87
Cladodio	Forma	Rómbica	---
Cladodio	Número de espinas por aréola	Medio	3.25
Cladodio	Longitud de la espina más larga (mm)	Corta	13.66
Flor	Color del perianto	Amarillo	---
Fruto	Longitud (cm)	Media	76.2
Fruto	Diámetro máximo (mm)	Estrecha	42.6
Fruto	Forma en sección longitudinal	Aboval	---
Fruto	Espesor de la cáscara (mm)	Muy grueso	10.3
Fruto	Peso de la cáscara (g)	Medio	58.89

*La madurez comercial se registra 11 meses después de la floración.

F.A.C Weber, *O. matudae* Scheinvar and *O. lasiacantha* Förster, told us that it is a distinct and new species to science. This is a new species of *Opuntia* discovered and described by Gallegos and Scheinvar (2013), *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar, whose name refers to the locality in which it was observed and collected for the first time Tezontepec Villa Hidalgo.

For certification of seeds, the variety of xoconostle ‘Invierno’ has the final registration number 018-031111 XOC-file number 2090 and the National Catalogue of Plant Varieties (CNVV), staying under guard at the National Depositary *Opuntia* Key: O-334.

The most important for describing the variety ‘Invierno’, according to the test guidelines for tuna and xoconostles of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV, 2006) morphological characteristics are presented in Table 1.

This cultivar blooms once per year depending on the rainfall distribution during the cycle, usually reach commercial maturity in April of the following year when flowering occurs, up to two years remaining on the ground. Yellow flowers, 9-10.5 cm long, outer perianth segments oblong-spatulate, apiculate apex and serrated edges, yellow with reddish and greenish apex base; stamens third the length of the perianth, filaments and yellow anthers whitish with yellowish; style 2-2.5 cm, white, eight-lobed stigma, green light.

Cuadro 1. Estructura, características y descripción de los componentes fenotípicos de la variedad ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar) (Continuación).**Table 1. Structure, characteristics and phenotypic description of variety constituents ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar) (Continuation).**

Estructura	Características	Descripción	Promedio
Fruto	Peso de la pulpa (g)	Muy ligero	12.27
Fruto	Color principal de la cáscara	Verde medio	---
Fruto	Color de la pulpa	Anaranjado	---
Fruto	No. de semillas completamente desarrolladas	Bajo	137.1
Fruto	Número de semillas abortivas	Muy pocas	4.8
Fruto	Contenido total de sólidos solubles (°Brix)	Muy bajo	4.4
Fruto	Acidez (pH)	Alta	4.3
Planta	Época de comienzo de la floración	Tardía	Abril
Planta	Época de madurez para la cosecha	Muy tardía	Marzo*
Planta	Duración del período de cosecha de la fruta	Larga	

*La madurez comercial se registra 11 meses después de la floración.

Las plantas son de hábito de crecimiento extendido (Figura 1A). Cladodios maduros anchamente elípticos, 22-42 de largo x 17-29 cm de ancho y 2.5 cm de espesor, de color verde claro grisáceo; podarios inconspicuos; aréolas dispuestas en 8 ó 9 series, 3.8 cm distantes entre sí y 4 cm entre series, elípticas a subcirculares, de 0.4-0.5 x 0.3-0.4 cm, con fieltro corto grisáceo, las superiores rodeadas de un anillo suberificado, amarillento.

Este cultivar florece una vez por año y dependiendo de la distribución de las lluvias durante el ciclo, suele llegar a su madurez comercial en el mes de abril del año siguiente en que ocurre la floración, permaneciendo hasta por dos años en la planta. Flores amarillas, de 9-10.5 cm de largo; segmentos exteriores del perianto oblongo-espatulados, ápice apiculado y bordes dentados, amarillos con el ápice rojizo y la base verdosa; estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos y anteras blancuzcas con tonos amarillentos; estilo de 2-2.5 cm, blanco, con ocho lóbulos del estigma, verde claros.

Produce frutos de tamaño mediano y forma oboval (Figura 1B), con una cicatriz receptacular moderadamente deprimida (3.6 mm). Los frutos de este cultivar en estado de madurez presentan una coloración irregular de la superficie color verde medio, paredes color salmón, anchas (10.3 mm, característico de los xoconostles), ácidas (pH 4.3), funículos de color anaranjado, de consistencia firme, jugosidad media y bajo contenido de azúcares en los funículos (4.4 °Brix).

It produces medium sized fruit oval (Figure 1B), with a receptacular scar moderately depressed (3.6 mm). The fruits of this cultivar at maturity an irregular coloration of the surface medium green, salmon walls, wide (10.3 mm, characteristic of xoconostles), acidic (pH 4.3), orange funiculus, firm, average juiciness and low sugar content in funiculus (4.4 °Brix).

The average yield on three-year evaluation was 8 727 kg ha⁻¹ and remain off for more than 15 months on the ground, after the onset of ripening, which gives it a comparative advantage over varieties xoconostle cuaresmeño (*O. matudae* Scheinvar) and Manzano (*O. joconostle* F.A.C Weber) grown in central Mexico.

The xoconostle ‘Invierno’ has thick skin (usable portion) and an average total sugar content of 0.60 mg g⁻¹, 0.16 mg g⁻¹ reducing sugars, 92.32% moisture, 0.26% ash, 0.15 g 100 g⁻¹ fat and 5.23 g 100 g⁻¹ of carbohydrates. In addition, the usable portion of the fruit has properties that benefit health, in Table 2 the average values of some compounds of nutritional and functional interest arises.

Regarding the content of vitamin C in the xoconostle ‘Invierno’, the value found (42.49 mg ascorbic acid 100 g⁻¹) was slightly higher than that found by Gurriery *et al.* (2000), who compared in edible parts of xoconostle and tuna content of ascorbic acid and the values were slightly lower (31 to 38 mg 100 g⁻¹ fresh weight). The total phenolic content expressed as mg GAE finding (gallic acid equivalents) was 166 mg

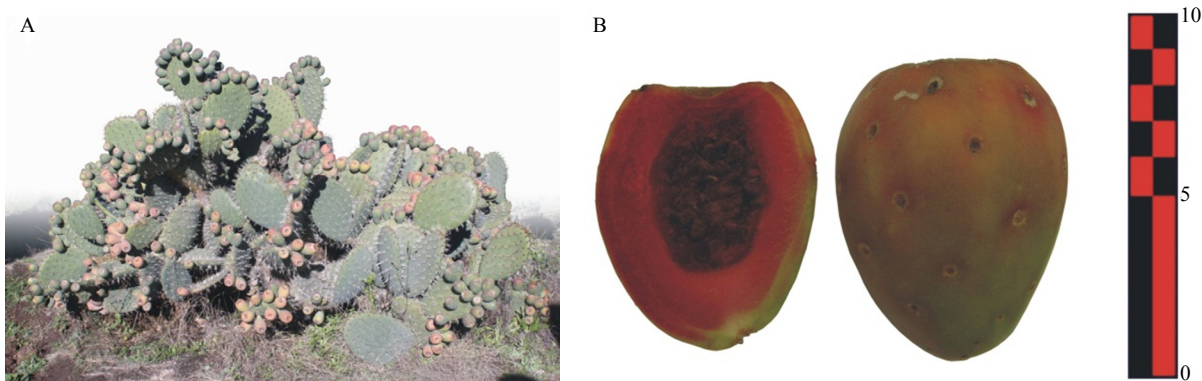


Figura 1. (A) Hábito de crecimiento y (B) corte longitudinal y aspecto externo de fruto de la variedad xoconostle ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana*).
Figure 1. (A) Growth habit and (B) longitudinal section and appearance of the fruit of the variety xoconostle ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana*).

El rendimiento promedio en tres años de evaluación fue de 8 727 kg ha⁻¹ y sus frutos permanecen por más de 15 meses en la planta, después de iniciada la maduración, lo que le confiere una ventaja comparativa con relación a las variedades de xoconostle Cuaresmeño (*O. matudae* Scheinvar) y Manzano (*O. joconostle* F. A. C. Weber) cultivadas en la región central de México.

El xoconostle ‘Invierno’ presenta cáscara gruesa (porción aprovechable) y en promedio un contenido de azúcares totales de 0.60 mg g⁻¹, 0.16 mg g⁻¹ en azúcares reductores, 92.32% de humedad, 0.26% de cenizas, 0.15 g 100 g⁻¹ en grasas y 5.23 g 100 g⁻¹ de carbohidratos. Además, la porción aprovechable del fruto presenta propiedades que benefician la salud; en el Cuadro 2 se presenta los valores promedio de algunos compuestos de interés nutricional y funcional.

GAE 100 g⁻¹ fresh weight, similar to the highest value found by Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) xoconostle fruits of cv. Cuaresmeño from the State of Puebla and higher than the values of 128 and 140 mg GAE 100 g⁻¹ fresh weight in cv xoconostle cuaresmeño from Guanajuato and Mexico City, respectively.

The content of betalains and vulgaxantinas was similar (3.26 and 2.80 mg/100 mg/100 g) to that found by Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) in cv xoconostle cuaresmeño in Puebla (5.21 mg 100 g⁻¹ betacyanins and 3.05 betaxantinas) and higher than that found in xoconostle cv. Cuaresmeño in the State of Mexico (0.98 mg 100 g⁻¹ and 2.23 mg betacyanins 100 g⁻¹ betaxantinas) and cv xoconostle cuaresmeño of the State of Guanajuato (0.49 mg 100 g⁻¹ and 2.23 mg betacyanins 100 g⁻¹ betaxantinas. Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) was lower (4.1 100 mmol

Cuadro 2. Proteína, vitamina C, fenoles totales, betalainas, vulgaxantinas, y actividad antioxidante (ABTS) de frutos de xoconostle ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana*).
Table 2. Protein, vitamin C, total phenols, betalains, vulgaxantinas, and antioxidant activity (ABTS) fruit xoconostle ‘Invierno’ (*Opuntia tezontepecana*).

Proteínas (%)	Vitamina C (mg de ácido Ascórbico 100g ⁻¹)	Fenoles Totales (mg GAE 100g ⁻¹ peso fresco)	Betalainas (mg 100g ⁻¹)	Vulgaxantinas (mg 100g ⁻¹)	Actividad antioxidante (mmol TE 100g ⁻¹ peso fresco)
3.84	42.49	166.0	3.26	2.80	4.1

En relación al contenido de vitamina C en el xoconostle ‘Invierno’, el valor encontrado (42.49 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹) fue ligeramente mayor al encontrado por Gurriery *et al.* (2000), quienes compararon en partes comestibles de xoconostle y tuna el contenido de ácido ascórbico y los valores fueron ligeramente menores (31 a 38 mg 100 g⁻¹ peso fresco). El contenido de fenoles totales encontrando expresados

TE g⁻¹ fresh weight) in relation to those reported by Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) in cv xoconostle cuaresmeño (6.87 nmol of Trolox equivalents 100 g⁻¹ fresh weight).

Interest in soluble compounds like phenols, ascorbic acid, betalains has escalated over the world due to their potential to prevent oxidative stress and chronic diseases (Frankel and

como mg GAE (equivalentes ácido gálico) fue de 166 mg GAE 100g⁻¹ peso fresco, similar al valor más alto encontrado por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) en frutos de xoconostle cv. Cuaresmeño provenientes del estado de Puebla y superior a los valores de 128 y 140 mg GAE 100 g⁻¹ de peso fresco en xoconostle cv Cuaresmeño provenientes de Guanajuato y Estado de México, respectivamente.

El contenido de betalainas y vulgaxantinas fue similar (3.26 mg/100g y 2.80 mg/100 g) a lo encontrado por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) en xoconostle cv Cuaresmeño del estado de Puebla (5.21 mg 100 g⁻¹ de betacianinas y 3.05 betaxantinas) y superior a lo encontrado en xoconostle cv. Cuaresmeño del Estado de México (0.98 mg 100 g⁻¹ de betacianinas y 2.23 mg 100 g⁻¹ de betaxantinas) y en xoconostle cv Cuaresmeño del estado de Guanajuato (0.49 mg 100 g⁻¹ de betacianinas y 2.23 mg 100 g⁻¹ de betaxantinas). La actividad antioxidante equivalente Trolox (TEAC) fue más baja (4.1 mmol TE 100 g⁻¹ peso fresco) en relación a lo reportado por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) en xoconostle cv Cuaresmeño (6.87 nmol de Trolox equivalentes 100 g⁻¹ peso fresco).

El interés en compuestos como fenoles solubles, ácido ascórbico, betalainas, ha aumentado en el mundo debido a su potencial para prevenir el estrés oxidativo y las enfermedades crónicas (Frankel y Germán, 2006), por lo que las propiedades del xoconostle 'Invierno' sugieren que el consumo de sus frutos puede ayudar a mejorar la salud humana, por su contenido de vitamina C, fenoles y actividad antioxidante.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento al Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (INAREFI-SNICS-SAGARPA); a través de la Red de Nopal (FRU-NOP-09-5) y al Programa de Fruticultura de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) (09230204).

Literatura citada

Ávalos-Andrade, A.; Ramírez-Córdova, Y.; Goytia-Jiménez, M. A.; Barrientos-Priego, A. F. y Saucedo-Veloz, C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia*. Rev. Chapingo. Ser. Hort. 12: 117-123.

German, 2006), so that the properties of xoconostle 'Invierno' suggest that consumption of fruit may help improve human health, for its vitamin C, phenols and antioxidant activity.

End of the English version



- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 1:743 p.
- Colunga-GarcíaMarín, P.; Hernández-Xolocotzi, E. y Castillo-Morales, A. 1986. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío guanajuatense. Agrociencia 65:7-49.
- Frankel, E. N. and German, J. B. 2006. Antioxidants in foods and health: problems and fallacies in the field. JSci. Food Agric. 86:1999-2001.
- Gallegos-Vázquez, C.; Mondragón-Jacobo, C. and Reyes-Agüero, J. A. 2009. An update on the evolution of the cactus pear industry in Mexico. Acta Hort. 811: 69-76.
- Gallegos-Vázquez, C. y Mondragón-Jacobo, C. 2011. Cultivares selectos de tuna, de México al mundo. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) - Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 157 p.
- Gallegos-Vázquez, C.; L. Scheinvar; Núñez-Colín, C. A. and Mondragón-Jacobo, C. 2012. Morphological diversity of xoconostles (*Opuntia* spp.) or acidic cactus pears: a Mexican contribution to functional. Foods Fruits. 67(2):109-120.
- García-Pedraza, L. G.; Reyes Agüero, J. A.; Aguirre-Rivera, J. R. and Pinos-Rodríguez, J. M. 2005. Preliminary nutritional and organoleptic assessment of xoconostle fruit (*Opuntia* spp.) as a condiment or appetizer. Food Sci. 3(17):333-340.
- Gurrieri, S.; Miceli, L.; Lanza, C. M.; Tomaselli, F.; Bonomo, R. P. and Rizzarelli, E. 2000. Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice. J. Agric Food Chem 51:5424-31.
- Guzmán-Maldonado, S. H.; Morales-Montelongo, A. L.; Mondragón-Jacobo, C.; Herrera-Hernández, G.; Guevara-Lara, F. and Reynoso-Camacho, R. 2010. Physicochemical, nutritional, and functional characterization of fruits Xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from Central-México Region. J. Food Sci. 75(6):485-492.
- Hunt, D. 1999. CITES Cactaceae, check list, second ed. Royal Botanical Gardens, Kew. 315 pp.
- Sánchez-Vanegas, G. y Ortega-Delgado, M. L. 1996. Componentes químicos durante la maduración del fruto de *Opuntia joconostle* Weber forma cuaresmeño. Agrociencia 30:541-548.
- International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). 2006. Cactus pear and Xoconostles (*Opuntia*, Groups 1 & 2). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva, Switzerland. TG/217/2. 36 p.
- Scheinvar, L.; Filardo-kerstupp, S.; Olalde-Parra, G. y Zavaleta-Beckler, P. 2009. Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: *Opuntia* spp. y *Cylindropuntia imbricada* (Cactaceae). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). México, D. F. 179 p.