

El fruto de *Opuntia oligacantha* var. Ulapa, fuente potencial de fitoquímicos

C.U. López-Palestina¹, Y.O. Santiago-Saenz^{*2}, J. Gutiérrez-Tlahque³, A.D. Hernández-Fuentes¹, J.M. Alatorre-Cruz⁴ y J.M. Pinedo-Espinoza⁵

1 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos, Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, C.P. 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. **2** Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Nutrición, Circuito Ex Hacienda, La Concepción S/N, Carretera Pachuca Actopan, C.P. 42160, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. **3** Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Av. Tecnológico No 186, Manzanillos, C.P. 61534, Zitácuaro, Michoacán, México. **4** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Biológicas, Prol. 24 Sur Cd. Universitaria, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México. **5** Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía, Carretera Zacatecas-Guadalajara km 15.5, C.P. 98000, Cieneguillas, Zacatecas, México. * yair_santiago@uaeh.edu.mx

RESUMEN

Los frutos de *Opuntia* spp. (xoconostle) son ampliamente consumidos en varias regiones de México, lo que denota su aceptabilidad gastronómica y accesibilidad, por sabor y bajos costos de adquisición. Sin embargo, su calidad nutrimental, y compuestos bioactivos puede cambiar de acuerdo al estado de madurez, condiciones agroclimáticas y variabilidad genética. Es por ello, que el objetivo de esta investigación fue presentar los datos más recientes del xoconostle Ulapa, cultivado en la región de Ulapa de Melchor Ocampo, Hidalgo, México. Se realizó la evaluación de las propiedades fisicoquímicas como, color, sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT). Se evaluó el contenido de fenoles totales y flavonoides; adicionalmente se determinó betalainas totales. Los resultados mostraron un alto contenido de betalainas y flavonoides en comparación con otras especies previamente estudiadas en México. Las concentraciones de estos fitoquímicos presentes en el xoconostle, lo convierten en una fuente permanente y alternativa de compuestos bioactivos.

Palabras clave: Fitoquímicos, antioxidantes, betalainas, nutrimentos, salud humana.

ABSTRACT

The fruits of *Opuntia* spp. (xoconostle) are widely consumed in several regions of Mexico, which denotes its gastronomic acceptability and accessibility, for taste and low acquisition costs. However, its nutritional quality and bioactive compounds can change according to the state of maturity, agroclimatic conditions, and genetic variability. Therefore, the aim of this research was to present the most recent information of the Ulapa xoconostle, cultivated at the region of Ulapa of Melchor Ocampo, Hidalgo, Mexico. The evaluation of the physicochemical properties such as color, total soluble solids (TSS), pH, and titratable acidity (TA) were carried out. The content of total phenols and flavonoids was evaluated; additionally, total betalains were determined. The results showed a high content of betalains and flavonoids compared to other species previously studied in Mexico. The concentrations of these phytochemicals present in the xoconostle make it a permanent and alternative source of bioactive compounds.

Keywords: Phytochemicals, antioxidants, betalains, nutrients, human health.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han demostrado que los compuestos derivados de las plantas exhiben múltiples actividades protectoras, y donde las especies provenientes de las familias Cactaceae han reportado efectos benéficos al ser probados en ensayos *in vitro* e *in vivo*.

Los frutos de *Opuntia* spp. han sido caracterizados por presentar betaninas, isobetaninas (Osorio-Esquivel *et al.*, 2011), kaempferol, quercetina y ácido ferúlico (Morales *et al.*, 2014). Es por ello, que estos frutos han sido descritos por la literatura como un alimento que proporciona una amplia variedad de propiedades con efecto hipoglicémico (Chavez-Santoscoy *et al.*, 2009), antihiperlipidémico, (Díaz-Vela *et al.*, 2013; Morales *et al.*, 2014) y antiinflamatorio (Morales *et al.*, 2012).

De esta manera la incorporación de estos frutos en la dieta constituye una fuente económica, aceptable gastronómicamente, y con potencial farmacológico, y adicionalmente su consumo lleva a la implementación de una dieta sustentable.

Algunas investigaciones se han realizado entorno a las variedades de xoconostle, pero los valores reportados entre especies pueden presentar diferencias por zonas y a través del tiempo, de acuerdo a múltiples factores agroclimáticos y genéticos. De esta manera, el objetivo de este estudio fue presentar un trabajo de actualización para el fruto de *Opuntia oligacantha* var. Ulapa, proveniente de la localidad de Ulapa de Melchor Ocampo, Hidalgo, México; mediante la determinación de la calidad funcional, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, color, contenido de betalaínas totales, contenido de fenoles y flavonoides totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los frutos de *Opuntia oligacantha* var. Ulapa (xoconostle) fueron obtenidos de la localidad de Ulapa de Melchor de Ocampo, Hidalgo, México (Latitud: 19°53'00"N, longitud: 98°49'00" O). Solamente el epicarpio y el mesocarpio fueron utilizados. Las muestras fueron recolectadas en el mes de febrero del 2022.

Propiedades fisicoquímicas

Los sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT) fueron determinados de acuerdo a la AOAC (2005). Para la determinación de SST, se utilizó un refractómetro digital (Atago-Palette, PR-101, Tokio, Japón), los resultados fueron expresados en °Brix. El pH fue medido con un potenciómetro digital (Hanna instruments, HI 2211, Woonsocket, RI, EUA). Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido cítrico (%).

Color

Las mediciones de color fueron realizadas en un colorímetro Minolta (Minolta, CM-508d, Osaka, Japón). Se obtuvieron los parámetros de color L*, a* y b*. Los valores a* (verde-rojo) y b* (amarillo-azul) fueron usados para el cálculo del ángulo hue (h°) y el valor croma (C).

Betalaínas totales

El contenido de betacianinas y vulgaxantinas fue medido de acuerdo a Nilsson (1970). Se utilizó metanol al 20% para la preparación de las muestras. Se realizaron centrifugaciones sucesivas con

disolvente nuevo hasta que se logró la decoloración del sedimento. El porcentaje de betacianinas y vulgaxantinas fueron reportadas en mg/g PS.

Fenoles y flavonoides totales

El contenido de fenoles totales fue determinado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton & Rossi (1965), y los flavonoides fueron determinados de acuerdo a Rosales *et al.* (2011). Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG) /g PS y mg equivalentes de quercetina (mg EQ) /g PS respectivamente.

Análisis estadístico

Todos los resultados se reportaron como la media \pm DE, los experimentos se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas

La Tabla 1 muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas. Referente a SST y pH, Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) reportaron resultados similares a lo encontrado en este estudio en frutos de *Opuntia* spp., pero valores reducidos de AT en comparación a los resultados obtenidos. Los resultados de pH y AT, fueron lo esperado, ya que *O. oligacantha* se considera una fruta ácida (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012). Los resultados encontrados en estos parámetros son útiles para caracterizar la calidad y para proporcionar una idea de la vida útil de esta muestra.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas en *O. oligacantha* var. *Ulapa*.

SST (°Brix) ^a	4.77 \pm 0.12
pH	3.04 \pm 0.16
AT (% ácido cítrico) ^b	1.36 \pm 0.02
Color	
<i>L</i> [*]	31.98 \pm 0.17
<i>a</i> [*]	15.49 \pm 0.37
<i>b</i> [*]	2.99 \pm 0.11
<i>C</i> ^c	15.78 \pm 0.38
<i>hue</i> (°) ^d	10.93 \pm 0.33

Los valores expresan la media \pm DE (n=3). ^aSST: sólidos solubles totales; ^bAT: acidez titulable; ^cC: valor cromático; ^dh: ángulo hue.

Color

La Tabla 1 muestra los valores *L*^{*}, *a*^{*}, *b*^{*}, *C* y *h*[°]. Los valores *L*^{*} (luminosidad), *a*^{*} [del verde (-) al rojo (+)] y *b*^{*} [del azul (-) al amarillo (+)] fueron positivos. Se ha informado la presencia de betalaínas

en la variedad de xoconostle utilizada en este trabajo (Hernández-Fuentes *et al.*, 2015), que proporcionan colores rojo-violeta. La saturación del valor C (pureza del color) fue de 15.78. Un valor bajo de h° (tonalidad) fue mostrado por xoconostle (10.93), que, de acuerdo con Cai *et al.* (1998) indica tonos rojo púrpura. Los datos obtenidos pueden relacionarse con la calidad y frescura de las muestras, y se sugieren comúnmente como criterios de selección para una recolección adecuada de frutos xoconostle (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010).

Contenido de betalaínas totales, fenoles totales y flavonoides totales

El contenido de betalaínas en xoconostle (Tabla 2), mostró una mayor proporción de vulgaxantinas en comparación con las betacianinas. Los valores observados fueron mayores de acuerdo a lo reportado por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) los cuales fueron más bajos que lo observado en este estudio. Los resultados elevados obtenidos de betalaínas en comparación con estudios previos, puede deberse a la suma de betalaínas presentes en epicarpio y mesocarpio de la muestra, lo que contribuyó a mayores contenidos de estos compuestos.

Tabla 2. Contenido de betalaínas totales, fenoles totales y flavonoides totales en *O. oligacantha* var. Ulapa.

Betalaínas totales			Fenoles totales	Flavonoides totales
<i>B</i>	<i>V</i>	<i>Bt</i>		
0.10 ± 0.02	1.06 ± 0.01	1.17 ± 0.01	8.73 ± 0.26	4.60 ± 0.29

Los datos expresan los valores de la media ± DE (n=3). Los resultados son expresados en mg/g PS para betalaínas totales (B: betacianinas; V: vulgaxantinas; Bt: betalaínas totales); mg EAG/g PS para fenoles totales; mg EQ/g PS para flavonoides totales.

El color del fruto de xoconostle le atribuye la presencia de estos pigmentos característicos (betalaínas), lo que lo convierte no solo en un alimento atractivo (Hernández-Fuentes *et al.*, 2015), si no en una fuente de fitoquímicos altamente beneficioso al ser incorporado en la dieta, donde ingestas pequeñas de estos compuestos han reportado efectos quimiopreventivos y reducción de daños oxidativos, confiriendo efectos antioxidantes (Gandía-Herrero *et al.*, 2016; Belhadj *et al.*, 2017).

Referente a los contenidos de fenoles totales (CFT) (Tabla 2) fueron menores a lo reportado por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010); donde estas variaciones pueden deberse al tiempo de madurez del producto, zona geográfica de recolección y situaciones de estrés de la planta. Respecto a los flavonoides totales (CFvT) (Tabla 2), el contenido fue mayor a lo reportado por López-Martínez *et al.* (2015) en genotipos diferentes de xoconostle. De acuerdo a Lemos *et al.* (2017) los valores del contenido total de fenoles y flavonoides pueden variar entre especies y dentro de las especies; donde los factores que intervienen en las diferencias del género *Opuntia* spp., son la variabilidad genética y las condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, los valores de fenoles totales y flavonoides totales encontrados en *O. oligacantha* var. Ulapa, siguen indicando que el xoconostle incorporado en este estudio, es una buena fuente de estos compuestos bioactivos.

CONCLUSIÓN

Este estudio puede concluir que el fruto de *Opuntia oligacantha* var. Ulapa sigue manifestándose como un alimento rico en fitoquímicos y compuestos nutrimentales a pesar de las condiciones edafoclimáticas. Adicionalmente, las concentraciones de betalaínas, fenoles y flavonoides presentes en esta variedad de xoconostle, lo convierten en una fuente atractiva, permanente y alternativa de compuestos bioactivos dentro del estado de Hidalgo.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official Methods of Analysis. Horwitz, W. (ed). 18th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Belhadj, S. I., Najar, T., & Abderrabba, M. (2017). Chemical and Antioxidant Properties of Betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(21), 675–689.
- Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (1998). Colorant properties and stability of *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4491–4495.
- Chavez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., & Serna-Saldívar, S. O. (2009). Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity of nine prickly pears (*Opuntia* spp.) juices. *Plant Food for Human Nutrition*, 64(2), 146–152.
- Díaz-Vela, J., Totosaus, A., Cruz-Guerrero, A. E., & Pérez-Chabela, M. L. (2013). In vitro evaluation of the fermentation of added-value agroindustrial by-products: cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) peel and pineapple (*Ananas comosus*) peel as functional ingredients. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(7), 1460–1467.
- Gandía-Herrero, F., Escribano, J., & García-Carmona, F. (2016). Biological activities of plant pigments betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(6), 937–945.
- Gallegos-Vázquez, C., Scheinvar, L., Núñez-Colín, C., & 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.
- Guzmán-Maldonado, S. H., Morales-Montelongo, A. L., Mondragón-Jacobo, C., Herrera-Hernández, G., Guevara-Lara, F., & Reynoso-Camacho, R. (2010). Physicochemical, nutritional, and functional characterization of fruits xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from Central-México region. *Journal of Food Science*, 75(6), 485–492.
- Hernández-Fuentes, A. D., Trapala-Islas, A., Gallegos-Vásquez, C., Campos-Montiel, R. G., Pinedo-Espinoza, J. M., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2015). Physicochemical variability and nutritional and functional characteristics of xoconostles (*Opuntia* spp.) accessions from Mexico. *Fruits*, 70(2), 109–116.
- Lemos, F. A., Pereira de Andrade, A., Alcantara, R. L., Cordeiro dos Santos, D., Rodrigues, A. L., & Soares da Silva, D. (2017). Chemical and Nutritional Variability of Cactus Pear Cladodes, Genera *Opuntia* and *Nopalea*. *American Journal of Food Technology*, 12(1), 25–34.
- López-Martínez, C. R., García-Mateos, R., Gallegos-Vázquez, C., & Sahagún-Castellanos, J. (2015). Antioxidant components and nutritional quality of 15 genotypes of Xoconostle (*Opuntia* spp.) *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 17, 33–49.
- Morales, P., Ramírez-Moreno, E., Sánchez-Mata, M., Carvalho, A., & Ferreira, I.C.F.R. (2012). Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xoconostle cultivars (*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber ex Diguét and *Opuntia matudae* Scheinvar) of high consumption in Mexico. *Food Research International*, 46(1), 279–285.
- Morales, P., Barros, L., Ramírez-Moreno, E., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. (2014). Exploring xoconostle by-products as sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 65(1), 437–444.
- Nilsson, T. (1970). Studies into the pigments in beetroot. *Langbrukshogskolans Annaler*, 36, 179–83.
- Osoorio-Esquivel, O., Ortiz-Moreno, A., Álvarez, V., Dorantes-Álvarez, L., & Giusti, M. (2011). Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food Research International*, 44(7), 2160–2168.

- Rosales, M. A., Cervilla, L. M., Sánchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M. D. M., Blasco, B., Ríos, J. J., & Ruiz, J. M. (2011). The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(1), 152–162.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*(3), 144–158.