



XVII CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL
SOBRE
**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

MEMORIA

27 y 28 de Octubre de 2021



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

KANSAS STATE
UNIVERSITY

Oregon State
UNIVERSITY

OSU

GBMc
& ASSOCIATES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FITOQUÍMICA DE LOS CLADODIOS DE *O. engelmannii*, *O. phaeacantha*, *O. macrocentra* y *O. ficus-indica*

José Valero Galván*, Itzel Yasmin Cardona Chavira, Vanelli Morillon Luna,
Claudia Sofia Jurado Enríquez, Raquel González Fernández, Joaquín Rodrigo García,
Nina del Rocío Martínez Ruiz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles, Fovissste Chamizal. Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32310. *Autor de correspondencia: jose.valero@uacj.mx

Introducción

El género *Opuntia* Mill. (1754) es uno de los géneros dentro de la familia de las cactáceas más diverso y ampliamente distribuido en el continente americano, pero la mayor riqueza de especies silvestres se encuentra en México, con al menos 126 especies documentadas (Santos-Díaz et al., 2017). Aunque, este género es un componente dominante de la vegetación de la zona mexicana del desierto de Chihuahua, poco se conoce sobre las especies silvestres que se desarrollan en estas zonas, esto a pesar de su valor económico, cultural y ambiental. Actualmente, existe un interés creciente en evaluar el uso de productos subutilizados que pueden impactar en la nutrición y dieta humana (Hunter et al., 2019), especialmente en las zonas rurales donde se busca también mantener los recursos naturales y salvaguardar la biodiversidad en estas zonas.

Las comunidades de vegetación de opuntias en nuestro país representan un papel esencial en la modulación de microclimas locales, tanto en el mantenimiento del régimen hidrológico de las cuencas, como en el abastecimiento de cladodios y frutas comestibles, tanto para la fauna silvestre asociada y ganado doméstico (Illoldi-Rangel et al., 2012). Así mismo, estos productos se utilizan como ingredientes en la cocina tradicional mexicana y en la producción de alimentos como jugos, mermeladas, néctares y fructosa. Además, su consumo proporciona minerales, lípidos, contenido de proteínas y fibra dietética, los cuales podría tener efectos sobre la salud de la población que los consume, principalmente relacionado con el alto contenido de compuestos antioxidantes, pigmentos, ácidos fenólicos, bio péptidos y fibras solubles de estas plantas (Albano et al., 2015; Mena et al., 2018; Santos-Díaz et al., 2017).

La especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (1768) es la más domesticada y cultivada en nuestro país, por lo que su composición química y valor nutricional han sido bien establecidos (Aragona et al., 2018). Los cladodios se pueden usar para realizar mermelada, salsa picante o encurtidos y confitados. Varios estudios han mostrado que los cladodios al igual que las tunas contienen compuestos con acción farmacológicas, incluyendo emolientes y efectos de cicatrización de heridas, efectos hipocolesterolémicos, inhibición de ulceración de estómago, efectos neuroprotector, hipoglucémico y antidiabético (Galati et al., 2007, Hamdi, 2006, Yang et al., 2008).

Los cladodios de *O. ficus-indica* también representan una fuente de rica de fitoquímicos, como fenólicos y flavonoides, minerales y otros nutrientes. Sin embargo, muchas de estas propiedades han sido estudiadas en cladodios de *Opuntia ficus-indica* y no en otras especies silvestres que son infrautilizadas, por lo que estos estudios son también necesarios para establecer la importancia y usos potenciales de estas especies silvestres.

O. engelmannii Salm-Dyck de Engelm. (1850), *O. macrocentra* Engelm. (1856) y *O. phaeacantha* Engelm. (1849) son las tres especies silvestres más extendidas de Opuntias que se encuentran en el desierto chihuahuense del Estado de Chihuahua (Núñez-Gastélum et al., 2018). Aunque los cladodios de estas especies son recolectados y consumidos por la población local, sus atributos sensoriales, propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas y capacidad antioxidante son poco conocidos. En estudios previos se encontró que las semillas de los frutos de estas tres especies silvestres podrían ser una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados y su consumo podrían contribuir a mejorar la salud de la población en estas zonas, por lo que su consumo debería fomentarse (Núñez-Gastélum et al., 2018).

En un estudio posterior, se realizó la comparación del perfil sensorial y análisis fisicoquímico y proteico entre las tunas de estas tres especies versus *O. ficus-indica* tuna verde y roja, donde el análisis sensorial mostró un olor intenso, reducido dulzor ligeramente ácido y baja dureza en los frutos de las especies silvestres, lo que puede favorecer su consumo. La composición química de la pulpa de estas especies silvestres presentó un mayor contenido en proteínas, lípidos y minerales que las especies comerciales. Así, la pulpa de las tunas de *O. phaeacantha* y *O. engelmannii* podría ser una buena fuente de fibra dietética y fuente de lípidos. Las tunas silvestres también mostraron un mayor contenido de compuestos fenólicos totales en pulpa y cáscara, mientras que el contenido total de flavonoides fue mayor tanto en estos tejidos como en las semillas, siendo la especie *O. engelmannii*, la que mostró un mayor contenido de betacianinas, betaxantinas y betalaínas. Por tanto, las frutas de las especies silvestres mostraron una mejor capacidad antioxidante que los frutos de la especie comercial (Valero-Galván et al., 2020). En el presente estudio se pretende realizar las caracterizaciones morfológicas, fisicoquímicos, antioxidantes y proteicos de los cladodios de *O. macrocentra*, *O. phaeacantha* y *O. engelmannii* de la Sierra de Samalayuca, Chihuahua, México y compararlos con los de la especie comercial *O. ficus-indica*.

Materiales y Métodos

Los cladodios de la variedad comercial *O. ficus-indica* se obtuvieron de un mercado local en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los cladodios de las tres especies silvestres se recolectaron en el mes de mayo en la Sierra de Samalayuca ubicada a 50 km al sur de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, México en la latitud 31°39'36"-29°25'12"N y longitud 109°02'24"-107°14'24". Cabe resaltar que el área donde se realizó la recolecta de las muestras no se encuentra incluida en el área protegida de Samalayuca, además las especies que se analizaron no forman parte de la lista de especies nativas de México con Categorías de riesgo en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el área se seleccionaron aleatoriamente 20 plantas sanas de cada una de las tres especies y por cada planta se seleccionaron 2 cladodios. Los cladodios se cortaron usando una navaja realizando un corte transversal en la base y se almacenaron en sobres de papel, los cuales se etiquetaron y transportaron al Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez localizada en Ciudad Juárez, Chihuahua. En el laboratorio los cladodios se lavaron con una solución de hipoclorito al 2% durante dos min, se enjuagaron dos veces con agua corriente y una vez con agua destilada para eliminar los residuos del hipoclorito, después los cladodios se dejaron secar a temperatura ambiente por 20 min en una cámara de flujo laminar previamente esterilizada y se almacenarán a -80 °C hasta su evaluación.

La caracterización morfológica de los cladodios se realizó en 10 cladodios seleccionados aleatoriamente y se determinaron el peso fresco, la coloración que presentan, largo, ancho, área, perímetro y número de gloquidios.

La composición fisicoquímica y fitoquímica de los cladodios se analizó por triplicado de cada una de las cuatro especies de acuerdo con los métodos propuestos por la AOAC (2000). El contenido de humedad se determinó en una estufa (VWR®, Modelo 1324, Irving, TX, EE. UU.) a 70 °C durante 72 h. El contenido de ceniza se determinó en un horno de mufla (Felisa®, Modelo FE-340, Jalisco, México) a 550 °C durante 5 h. El pH se determinó con el método de potenciometría (Accumet®, Modelo AB15 Plus, Westford, MA, EE. UU.). El contenido total de fenoles se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Kähkönen et al., (1999). La cuantificación de los fenoles totales se realizó determinando la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro de UV-VIS (BioRad®, Model xMark, Ciudad de México, México), usando ácido gálico como estandar. El contenido fenólico total en las muestras se expresó como mg de equivalentes de ácido gálico por g (mg EAG/g). Los azúcares reductores se determinaron mediante una reacción colorimétrica utilizando el método de ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) (Sigma-Aldrich®, pureza 98.0%). En tubos de ensayo de vidrio (3.3 Fisherbrand™) de 10 mL se añadieron 300 µL de la muestra de extracto metanólico diluido 1:10 y 600 µL del reactivo de DNS. Los tubos se colocaron en baño seco (Thermo Scientific™) a 100 °C durante 10 min. Al transcurrir el tiempo, inmediatamente se enfriaron a baño de hielo por 5 min. Se tomaron 250 µL y se verterán en los pocillos de una microplaca (Simport™). La absorbancia se leyó a 540 nm usando el lector de microplacas UV-Vis. Los datos se obtuvieron con el software de computadora Microplate Manager 6.0. Además, se realizó una curva de calibración utilizando glucosa (Sigma-Aldrich®, pureza 99.5%) 10 mM como estándar y los resultados se expresaron como mg de equivalentes de glucosa por g (mg Glu/g). El contenido de clorofilas se terminó usando la metodología y las ecuaciones propuesta por Ritchie (2008).

Los resultados obtenidos se evaluaron en el programa IBM® SPSS® Statistics versión 23. Los datos se analizaron a través de un análisis de ANOVA para determinar el efecto de especie y cada variable determinada y las diferencias significativas se analizaron mediante prueba de medias de comparación múltiple de Duncan.

Resultados y Discusiones

El análisis morfológico de los cladodios de las cuatro especies de *Opuntias* mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). La especie comercial (*O. ficus-indica*) mostró los valores más elevados en el peso, largo, diámetro, área, perímetro y longitud de la base de los cladodios, sin embargo, las especies silvestres *O. macrocentra* y *O. phaeacantha* presentaron los valores más pequeños. En este estudio no se observaron diferencias estadísticas significativas en el pH (4.9 ± 0.05), azúcares solubles (agua) (1.1 ± 0.0 °Bx) y cenizas (13.2 ± 1.6 %) en los cladodios de las cuatro especies analizadas. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad, materia seca. Las especies silvestres presentaron los valores más bajos en el porcentaje de humedad y los valores más altos en materia seca, mientras que la especie comercial (*O. ficus-indica*) presentó los valores más altos en el contenido de humedad ($92.2 \pm 4.2\%$) y los valores más bajos en materia seca ($7.8 \pm 4.2\%$). Además, los cladodios de la especie comercial presentaron los valores más elevados en los azúcares solubles disueltos en etanol (21.1 ± 0.1 °Bx), metanol (4.3 ± 0.2 °Bx) y azúcares reductores (323.4 ± 6.3 mg Glu/g). Sin embargo, los cladodios de *O. macrocentra* presentaron los valores más elevados en el contenido de flavonoides totales (1.08 ± 0.01 mg CAT/g), mientras que la especie *O. phaeacantha* presentaron los valores más elevados en el contenido de fenoles totales (0.68 ± 0.11 mg EAG/g). El análisis del contenido de clorofila mostró diferencias estadísticas significativas entre los cladodios de las cuatro especies de *Opuntias*. Los cladodios de la especie *O. engelmannii* mostró los valores más elevados en el contenido en la clorofila a (7.5 ± 0.5) y total (10.0 ± 0.8) en los extractos etanólicos, sin embargo, los cladodios de *O. ficus-indica* presentaron los valores más elevados en el contenido de clorofila b (4.6 ± 1.1), mientras que la especie *O. phaeacantha* mostró los valores más elevados en el contenido en la clorofila c (2.1 ± 0.6), clorofila d (1.5 ± 0.5) y total (11.9 ± 1.2) en los extractos metanólicos.

Conclusión

Los cladodios de las especies silvestres de este estudio tienen importantes propiedades nutrimentales y podrían ser una fuente potencial de ingredientes funcionales para la elaboración de alimentos y en la obtención de nutraceuticos que beneficien la salud del consumidor.

Literatura Citada

- AOAC. International. Official Methods of Analysis, 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA, 2000.
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., De Bellis, L., & Blando, F. (2015). Betalains, Phenols and Antioxidant Capacity in Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] Fruits from Apulia (South Italy) Genotypes. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 4(2), 269-280. <https://doi.org/10.3390/antiox4020269>
- Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., & Faggio, C. (2018). *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural Product Research*, 32(17), 2037-2049. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>

- Galati, E. M.; Monforte, M. T.; Miceli, N.; Mondello, M. R.; Taviano, M. F.; Galluzzo, M.; Tripodo, M. M. 2007. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. mucilages show cytoprotective effect on gastric mucosa in rat. *Phytother. Res.*, 21, 344–346.
- Hamdi, M. Nutritional and medicinal uses of prickly pear cladodes and fruits. In *Handbook of Fruits and Fruit Processing*; Hui, Y. H., Bate, J., Cano, M. P., Gusek, T. W., Sidhu, J. S., Sinha, N. K., Eds.; Blackwell Publishing: Oxford, U.K., 2006.
- Hunter, D., Borelli, T., Beltrame, D. M. O., Oliveira, C. N. S., Coradin, L., Wasike, V. W., Wasilwa, L., Mwai, J., Manjella, A., Samarasinghe, G. W. L., Madhujith, T., Nadeeshani, H. V. H., Tan, A., Ay, S. T., Güzelsoy, N., Lauridsen, N., Gee, E., & Tartanac, F. (2019). The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. *Planta*, 250(3), 709-729. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03169-4>
- Iloldi-Rangel, P., Ciarleglio, M., Sheinvar, L., Linaje, M., Sánchez-Cordero, V., & Sarkar, S. (2012). *Opuntia* in México: Identifying Priority Areas for Conserving Biodiversity in a Multi-Use Landscape. *PLOS ONE*, 7(5), e36650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036650>
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954-3962. <https://doi.org/10.1021/jf990146l>
- Mena, P., Tassotti, M., Andreu, L., Nuncio-Jáuregui, N., Legua, P., Del Rio, D., & Hernández, F. (2018). Phytochemical characterization of different prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) cultivars and botanical parts: UHPLC-ESI-MSn metabolomics profiles and their chemometric analysis. *Food Research International*, 108, 301-308. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.062>
- Núñez-Gastélum, J. A., González-Fernández, R., Hernández-Herrera, A., Campas-Baypoli, O., Rodríguez Ramírez, R., Lobo, N., & Galván, J. (2018). Morphological characteristics, chemical composition and antioxidant activity of seeds by four wild *Opuntia* species from North of Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 20, 2333.
- Ritchie, R.J. (2008). Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c, and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents. *Photosynthetica* 46 (1): 115-126.
- Santos-Díaz, M. del S., Barba de la Rosa, A.-P., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., & Nègre-Salvayre, A. (2017). *Opuntia* spp.: Characterization and Benefits in Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 8634249. <https://doi.org/10.1155/2017/8634249>
- Valero-Galván, J., González-Fernández, R., Sigala-Hernández, A., Núñez-Gastélum, J. A., Ruiz-May, E., Rodrigo-García, J., Larqué-Saavedra, A., & Martínez-Ruiz, N. del R. (2020). Sensory attributes, physicochemical and antioxidant characteristics, and protein profile of wild prickly pear fruits (*O. macrocentra* Engelm., *O. phaeacantha* Engelm., and *O. engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm.) and commercial prickly pear fruits (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). *Food Research International*, 109909. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109909>