

Antioxidant capacity of pigments xoconostle pulpa (*Opuntia joconostle*)

Capacidad antioxidante de pigmentos de pulpa de xoconostle (*Opuntia joconostle*)

Francisco MONTER JUÁREZ^{1*}, Bethsua MENDOZA MENDOZA¹, Ana Guadalupe ESTRADA FERNÁNDEZ¹

¹ *Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo (ITESA), Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Colonia Las Peñitas, C.P. 43900, Apan Hidalgo, México. (0000-0003-0469-7573; 0000-0001-9332-1919 y 0000-0003-2213-4758)*

Sent date: 03/September/2022 Acceptance date: 08/March/2023

Abstract:

The development of functional foods in recent years has a greater demand, due to the health problems that afflict everyone, one of the main factors involved in the development of chronic non transmitted diseases are poor eating habits. In this sense, it is imperative to develop research focused on the study of bioactive compounds present in foods to be used in the design of functional foods or transformation processes that prevent the degradation of these compounds. The objective of this work was to evaluate the antioxidant capacity of xoconostle pulp pigments extracted by three treatments, EXP1: water at room temperature; EXP2: water at 45°C; EXP3: ethanol-water 50%, determining the effect on antioxidant capacity. The results revealed that the pigment extraction method does not have a significant influence on the antioxidant capacity, measured by the ABTS (1045-1048 mgET/100 mL) and DPPH (/18-24 μmol ET/L) methods. Additionally, it was found that the largest component in weight of the fruit is the mesocarp (53.41%), followed by the pericarp (28.99%) and finally the pulp or seeds (17.6%); the pH of the fruit was 3.41±0.005, ° Brix 7.66±0.76 and the acidity 2.64%±0.18.

Keywords: antioxidant activity, extract, pigments, xoconostle.

Resumen:

El desarrollo de alimentos funcionales en los últimos años tiene una mayor demanda, debido a los problemas de salud que aquejan a todo mundo, uno de los principales factores involucrados en el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles son los malos hábitos alimenticios. En este sentido resulta imperante desarrollar investigaciones enfocadas al estudio de compuestos bioactivos presentes en alimentos para ser aprovechados en el diseño de alimentos funcionales o procesos de transformación que eviten la degradación de esos compuestos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la capacidad antioxidante de los pigmentos de la pulpa de xoconostle extraídos mediante tres tratamientos, EXP1: agua a temperatura ambiente; EXP2: agua a 45° C; EXP3: agua – etanol al 50%,

determinando el efecto en la capacidad antioxidante. Los resultados revelaron que el método de extracción de pigmentos no tiene una influencia significativa en la capacidad antioxidante, medida por los métodos ABTS (1045-1048 mgET/100 mL) y DPPH (/18-24 μ mol ET/L). Adicionalmente se encontró que el mayor componente en peso del futo es el mesocarpio (53.41%), seguido del pericarpio (28.99 %) y finalmente la pulpa o semillas (17.6 %); el pH del futo fue de 3.41 ± 0.005 , ° Brix de 7.66 ± 0.76 y la acidez de $2.64\% \pm 0.18$.

Palabras clave: Actividad antioxidante, extracto, pigmentos, xoconostle.

* Corresponding author. E-mail: fmonter@itesa.edu.mx
Tel. 775387527

1. Introducción

Los xoconostles son frutos ácidos de algunas especies de *Opuntia* con altos contenidos de ácido ascórbico que presentan gran potencial económico debido a sus múltiples usos como verdura, condimento, fruta fresca, dulces cristalizados, forraje, tiene una cáscara o mesocarpio de 1.5 cm de espesor, es comestible, ácida y con poca pulpa (Alonso-Guerrero et al., 2019). La fruta tiene pericarpio color rosado, mesocarpio succulento de color amarillo hasta rosado, y un endocarpio de color rojo profundo que contiene pequeñas semillas de color marrón (Cenobio-Galindo, 2015).

Debido a su forma ovoide se puede medir de desde su diámetro longitudinal y ecuatorial, la variación entre especies no presenta diferencia significativa, pero si presentan diferencias significativas según el lugar geográfico de su cultivo, en la depresión de la cicatriz del receptáculo si hay diferencia, pues disminuye conforme aumenta el índice de madurez (Rojas, 2018). Se desarrollan en todo tipo de suelos, con excepción de los suelos húmedos y de alto contenido de minerales; las condiciones óptimas de siembra son a una profundidad de 60 a 70 cm, pH 6.5 a 9.5 con pendiente y buen drenaje (Gutiérrez, 2018).

Rojas (2018) reporta que, en México, la cosecha se da principalmente en el Estado de México, con un 95% lo que representa 1250 ha, Alonso-Guerrero *et al.*, (2019) hace referencia al boletín de exportaciones durante 2017, mencionando que la producción nacional de tuna y xoconostle fue superior a 470 mil toneladas. Exportando más de 17 mil toneladas de tuna y xoconostle originando una ganancia económica de 8.9 millones de dólares.

Alonso-Guerrero *et al.*, (2019) reporta la 470 mil toneladas del xoconostle cuaresmeño por cada 100 g: calcio 126 mg, proteínas 0.10 g, fibra 2.30 g, hierro 0.30 mg, vitamina B1 0.04 mg, vitamina B3 0,20 mg, agua 87.55g, energía de 22kcal, además de una cantidad importante de fibra y compuestos antioxidantes tales como como ácido ascórbico, mientras que las semillas son fuente de fibra, fenoles, flavonoides, ácidos grasos poliinsaturados y

tocoferoles en especial γ -tocoferol, le proporcionan buena capacidad antioxidante (Montiel-Salero, 2021). Cenobio-Galindo (2015) reporta que la cáscara, pulpa y el endocarpio del *O. joconostle* podrían considerarse como un objetivo atractivo para la industria alimentaria, respecto a su composición nutricional, así como sus propiedades antioxidantes. Rodarte *et al.*, (2015). En México, las estructuras vegetativas y reproductivas de los nopales que pertenecen al género *Opuntia spp.* se han administrado con fines medicinales desde la época precolombina a la fecha, además, el uso Xoconostle junto con el nopal se ha extendido a otros países de igual modo como medicina alternativa en el tratamiento de la diabetes y otras enfermedades. Los xoconostles contienen compuestos antioxidantes, como ácido ascórbico, vitamina E, ácidos grasos poliinsaturados, compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides y betacianinas, los flavonoides pueden unirse a enzimas poliméricas biológicas e inhibir la α -amilasa que degrada al almidón dando como resultado oligosacáridos y disacáridos y la α -glucosidasa los hidroliza para producir monosacáridos que son absorbidos en el intestino delgado, aumentando el nivel de glucosa en sangre, in vitro se demostró el potencial inhibidor de compuestos bioactivos, como fenoles y flavonoides, contra las enzimas que degradan carbohidratos durante la digestión (Medina *et al.*, 2019).

Kuskoski *et al.*, (2005) reportan la actividad antioxidante de mayor a menor de diferentes frutos tropicales empezando por el mango, uva, mora, guayaba, piña, y maracuya. En este caso el xoconostle al ser endémico de la región y presentar actividad antioxidante y su contenido de calcio se aprovechan los beneficios que aportan al consumidor.

Aunado a esto se ha observado en el mundo un aumento considerable en el consumo de frutos que contienen compuestos bioactivos y con actividad antioxidante. De esta manera se evalúa la capacidad antioxidante de los pigmentos de la pulpa de xoconostle extraídos mediante tres métodos para seleccionar el del solvente menos reactivo y tóxico para el consumidor.

2. Metodología

Los frutos de xoconostle fueron recolectados en el ejido de Tlanalapa, Estado de Hidalgo, México, cuyas coordenadas corresponden a Latitud 19°48'41.33"N, Longitud 98°35'28.65"O a una altitud 2460 msnm; fueron transportados al laboratorio de investigación del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo donde fueron seleccionados aquellos que presentaron más coloración rosa, seguido de una limpieza y desinfección con solución de hipoclorito de sodio (5 ppm). Se obtuvo el peso promedio del fruto completo, la cascara y pulpa a partir de una muestra representativa y se calculó el rendimiento de cada subproducto, adicionalmente se midió el pH, ° Brix, acidez e índice de refracción.

La pulpa se molió en una licuadora industrial Marca Oster durante 3 minutos y se pasó por una malla de tela de gasa “organza” para eliminar las semillas, posteriormente se agitó en una plancha de calentamiento con agitación Thermo Scientific durante dos horas,

transcurrido el tiempo, las mezclas se centrifugaron a 4000 rpm durante 20 minutos en una centrifuga Thermo Fisher Scientific 004480F con lo que se obtuvieron dos fases, el sobrenadante y el residuo. El residuo se desechó y al sobrenadante se le realizaron las determinaciones de capacidad antioxidante. Para la extracción se plantearon tres tratamientos (Tabla 1), protegiendo en todo momento la exposición a la luz y oxígeno.

Tabla 1. Tratamientos para la extracción de pigmentos a partir de la pulpa de xoconostle

Extracto	Medio de extracción	Tiempo de extracción	Observaciones
EPX1	Agua destilada	2 h	Temperatura ambiente
EPX2	Etanol-Agua (50%)	2 h	Temperatura ambiente
EPX3	Agua destilada	2 h	Temperatura 45±2° C

2.1 Capacidad antioxidante por el método ABTS

Se aplicó la metodología propuesta por Monroy-Gutiérrez *et al.*, (2017), una solución de cationes ABTS⁺ 7 mM se hizo reaccionar con persulfato de potasio 2.45 mM por 12 a 16 h en oscuridad y a temperatura ambiente, posteriormente el radical ABTS⁺ se diluye con solución buffer de fosfato de potasio (PBS) hasta conseguir una absorbancia de aproximadamente 0.700 ± 0.020 a 734 nm. Para medir la capacidad antioxidante, se realizó una curva patrón utilizando trolox como antioxidante control, para la muestra se mezclaron 10 µL de extracto con 990 µL de solución radical. La absorbancia se determinó a 734 nm. después de la adición de la muestra, se utiliza para calcular el valor en mg ET/10 mL.

2.2 Capacidad antioxidante por el método DPPH

Se llevó a cabo el método propuesto por Morales *et al.*, (2015) 7.4 mg de DPPH se diluyeron con 100 mL de etanol, protegiendo solución de la luz, utilizando trolox como control, se construyó la curva de calibración y se tomaron lecturas a 520 nm. La actividad antirradical se expresa en µmol equivalente de Trolox por litro de extracto (µmol ET / L).

2.3 Análisis estadístico

Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado, reportando el promedio y la desviación estándar, adicionalmente se realizó un ANOVA mediante un modelo de una sola vía seguido de una comparación de medias por Tukey con valor de confiabilidad del 95 % para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de extracción (P<0.05). Se tomó como variable independiente el método de extracción de pigmentos y como variable de respuesta la capacidad antioxidante de los extractos.

3. Resultados y discusión

El peso promedio del fruto fue de $61.65g \pm 8.38$, se obtuvo 53.41 % de cáscara (mesocarpio), 17.6% de pulpa (endocarpio) y 28.99% de pericarpio (Figura 1). El peso promedio del xoconostle se encuentra en el rango de las variedades evaluadas por González et al., (2014) que oscilan entre los 31.5 g y los 110.7 g en xoconostle amarillo. Alonso-Guerrero (2019) reporta un peso de entre 71.1 y 104 g para fruto de las regiones Irapuato, Abasolo y Romita obteniendo un porcentaje de cáscara que oscila entre 28.32 y 37%, por otro lado, para Trejo (2019), en xoconostle de los municipios de Ixmiquilpan y de Santiago de Anaya, Hidalgo reporta un rendimiento en cáscara de $51.13 \pm 1.74\%$, en la pulpa de $7.48 \pm 0.27\%$, en desechos fue de $27.65 \pm 2.01\%$.

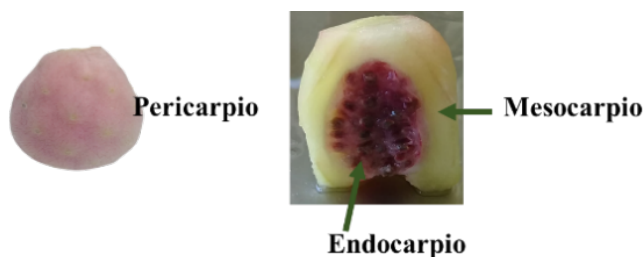


Figura 1. Partes que conforman el fruto del xoconostle: pericarpio, mesocarpio y endocarpio.

El pH de los frutos fue de 3.41 ± 0.0057 , grados Brix de 7.66 ± 0.76 , índice de refracción de 1.34 ± 0.002 y acidez de $2.64 \% \pm 0.18$ (Tabla 2) Se puede observar que el pH, grados Brix, e índice de refracción no cambia de forma significativa entre la cáscara y la pulpa, por el contrario, los valores de acidez son mayores en la cáscara (5.44 %) que en la pulpa (2.64 %). Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Rojas (2018) que reporta un pH de 3.81 – 4.34, y Guzmán (2010) en el xoconostle cuaresmeño de las regiones del Estado de México, Puebla y Guanajuato que reporta un pH de 3.0 ± 0.3 en la cascara y el jugo de la pulpa, por otro lado, los grados brix de 11.0 a 13.5, dependiendo la región, además de una acidez que va de 0.13 a 0.14.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de cáscara y pulpa de xoconostle.

	pH	Grados Brix	Índice de refracción	Acidez
Cáscara	3.71 ± 0.0057	6.30 ± 0.57	1.34 ± 0.002	5.44 ± 0.25
Pulpa	3.41 ± 0.0057	7.66 ± 0.76	1.34 ± 0.002	2.64 ± 0.18

Los resultados de la capacidad antioxidante realizada a los extractos obtenidos de la pulpa (Tabla 3), revelan que el método de extracción no tiene influencia estadísticamente significativa en la actividad antioxidante determinada por los métodos DPPH y ABTS, lo cual difiere con lo reportado por Gutiérrez et al. (2017) que menciona que el epicarpio de

frutos de *O. matudae* presentó mayor capacidad antioxidante determinada con los métodos ABTS y fenoles totales.

Sánchez (2006) recomienda la extracción con soluciones acuoetanólicas desde un 20 hasta un 50% para alcanzar una completa extracción. En este caso al no presentar diferencias significativas se selecciona el tratamiento con agua sin solventes debido a que el producto en el que se utilizará el extracto está destinado a un alimento. Soto-García (2016), reporta mayor eficiencia de extracción a una concentración de 80% de etanol, no obstante, estos extractos son para uso medicinal, La capacidad antioxidante de un fruto varía considerablemente dependiendo de la especie, variedad, zona geográfica e incluso en índice de madurez, ya que es debida a los compuestos fenólicos que captan a los radicales libres (Cenobio-Galindo 2015), el xoconostle, puede actuar como tal adicionándolo a diferentes platillos o productos, previo tratamiento para proteger estos compuestos de la luz y las altas temperaturas, generando un valor agregado a los mismos. Por otro lado, Alonso Guerrero, (2019) y Pimienta-Barrios, (2008) mencionan que el xoconostle presenta alta actividad antioxidante específicamente en la cascara y pulpa, por lo que se puede asociar con la prevención de enfermedades crónicas, cardiovasculares y respiratorias crónicas. Los resultados de capacidad antioxidante se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Capacidad antioxidante del extracto de pulpa con los tres tratamientos

Extracto	Actividad antioxidante	
	ABTS (mgEAG/100mL)	DPPH(μ mol ET / L).
EPX1	1045.833 \pm 8.81 ^a	22.96 \pm 0.024 ^a
EPX2	1048.611 \pm 8.55 ^a	24.32 \pm 0.009 ^a
EPX3	1048.611 \pm 7.51 ^a	18.09 \pm 0.0032 ^a

EPX: Extracto de pulpa tratamiento 1, EPX2: Extracto de pulpa tratamiento 2, EPX3: Extracto de pulpa tratamiento 3. Los valores con el símbolo \pm representan la desviación estándar. ^{abc}, iguales en la misma columna no hay diferencias estadísticamente significativas (P>0.05)

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten establecer que no hay diferencia significativa en la actividad antioxidante de los pigmentos extraídos de la pulpa de xoconostle utilizando tres métodos de extracción distintos, así se puede garantizar la utilidad de cualquiera de los tres, sin embargo, se recomienda el tratamiento con agua a temperatura ambiente, para que no existan restricciones para la aplicación en alimentos y que puedan proporcionar los beneficios de la actividad antioxidante al consumidor que en los últimos años está optando por el consumo de alimentos funcionales. Por otra parte, es importante mencionar que las perspectivas de este trabajo es estudiar alternativas de microencapsulación que permitan

umentar la estabilidad no solo de los pigmentos y de la capacidad antioxidante y acción frente a la capacidad de que puedan inhibir la acción de enzimas que metabolizan hidratos de carbono provocando el no aumento del índice glicémico y frente a las condiciones adversas durante el procesamiento, almacenamiento de los alimentos.

5. Referencias

- Alonso, G. D., Hernández, R. J., Ruiz, N. J., Rucob, G. A., & Mireles, A. A. (2019). Propiedades antioxidantes de xoconostle del estado de Guanajuato. Antioxidant properties of xoconostle of three localities of the state of Guanajuato. Directorio Campus Irapuato Salamanca.
- Aparicio, F. X., Loza, C. S., Torres, B. M. G., Velázquez, P. N. J. & Arreola, N. H. J. (2017). Características fisicoquímicas de frutos de variedades silvestres de Opuntia de dos regiones semiáridas de Jalisco, México. *Polibotánica*. 43:219-244.
- Canuto, C. P. (2014). Evaluación de las características físico-químicas de dos especies de Xoconostle (*Opuntia oligacantha* y *joconostle*) para evidenciar sus cualidades nutritivas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cenobio, G. A. J., Pimentel, G. D. J., Vargas, T. A., Vera, N. G. & Campos, M. R. G. (2015). Efecto de la adición de xoconostle microencapsulado en la actividad antioxidante de películas comestibles de almidón de chayotextle. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 1(1): 1-2
- González, R.I., Ortega, F. M. J., Mendoza, G.S. & Martínez, P. A. R. (2014). Caracterización física y química del fruto de xoconostle en la región suroeste del estado de Guanajuato.
- Gutiérrez, R. M. (2018). Calidad de suelos y frutos de xoconostle (*Opuntia* spp) cultivados y silvestres en el Estado de Hidalgo Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco.
- Hernández, F. A. D., Bañuelos, A. F., Gallegos, Vázquez, C., Montiel, R. G. C. & Pinedo, E. J. M. (2015). Actividad antioxidante de genotipos de xoconostle (*Opuntia joconostle*) del estado de zacatecas, México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 16(1): 81-85.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini, F. J. & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Sci Technol*. 25: 726-732.
- Medina, P. G., Zaldívar, O.A. K., Cenobio, G. A. D. J., Afanador, B. L. N., Vieyra, A. R., Estefes, D. J. A. & Campos, M. R. G. (2019). Antidiabetic activity of cactus acid fruit extracts: simulated intestinal conditions of the inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase. *Applied Sciences*. 9(19): 4066.
- Monroy, G. T., Martínez, D.M., Barrientos, P. A., Gallegos, V. C., Cruz, A. O. & Vargas-Madríz, H. (2017). Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos de xocotuna, tuna y xoconostle (*Opuntia* spp.). *Chil J Agric & Anim Sci*. 33(3): 263-272.

- Morales, P., Barros, L., Ramírez, M. E., Santos, B. C., & Ferreira, I. C. (2015). Xoconostle fruit (*Opuntia matudae* Scheinvar cv. Rosa) by-products as potential functional ingredients. *Food Chem.* 185: 289-297.
- Reynoso, M. A., Núñez, A. C. I., Salazar, J. R., & Ayala, M. M. D. R. (2016). Efecto del jugo de Xoconostle (*Opuntia joconostle*) sobre el control de la glucemia postprandial en rata. *Memorias del XVIII Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e Innovación.* México.
- Rodarte, M. L. R., Hernández, F. A. D., Gómez, A. C. A., & Castro, R. J. (2015). Comportamiento de microorganismos patógenos en salsa de xoconostle (*Opuntia oligacantha* FC Först). *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 1(2):1-2.
- Rojas, M. G., Juárez, D. R., Correa, G. V., & Orozco, J. L. O. (2018). Características Morfométricas y Físicoquímicas de Frutos de Xoconostle Cultivados y Silvestres en Hidalgo. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.* (35): 18-42.
- Sánchez, G. N. (2016). Extracción y caracterización de los principales pigmentos del opuntia joconostle xoconostle. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, México.
- Trejo, T.E., Trejo, T. N., Zúñiga, M. J., Ocampo, H. A., & Ramírez, G. M. D. C. (2020). Propiedades físicas y químicas del fruto de xoconostle (*Opuntia joconostle*) C.V. blanco y rosa. *Revista de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable.* 5:19-26.