

Desarrollo de un alimento cristalizado a base de *Opuntia matudae* y miel como alternativa de incorporación de compuestos bioactivos en un alimento típico

Peralta-Adauto L.P.¹, Campos-Montiel R.G.¹, Ocampo-López J.¹, Hernández-Fuentes A.D.¹, Reyes-Munguía A.², Cenobio-Galindo A.J.¹.

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario s/n Km. 1., Tulancingo C.P. 43600, Hidalgo, Mexico.

² Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Romualdo del campo No. 501, Fracc. Rafael Curiel, C.P. Ciudad Valles, SLP C.P. 79060, Mexico.
anjec_hs@hotmail.com

RESUMEN

En la presente época de pandemia es esencial realizar investigaciones que mejoren aspectos de nuestra alimentación, por tanto, en el presente trabajo se desarrolló un alimento que funcione como alternativa novedosa de incorporación de compuestos antioxidantes, mediante la elaboración de un cristalizado de xoconostle con miel de abeja, para el cual se hicieron diferentes formulaciones de cristalizado modificando la concentración de miel, presentando 5 tratamientos: control, 250M, 500M, 750M y 1000M. A estos se les determinaron pH, sólidos solubles totales (SST), azúcares totales, humedad, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante mediante los métodos ABTS y DPPH. Los resultados indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, encontrando que el comportamiento en SST y azúcares totales es directamente proporcional a la concentración adicionada de miel, mismo comportamiento en fenoles totales, incluso en el tratamiento con menor adición de miel se logró mantener 16.99 ± 0.01 mg EAG/g de fenoles totales, $26.66 \pm 1.60\%$ y $13.04 \pm 0.01\%$ de inhibición de los radicales ABTS y DPPH respectivamente. Los cristalizados de xoconostle y miel de abeja son una alternativa innovadora para el consumo de un alimento típico, elaborado con ingredientes de la región, logrando conservar sus propiedades antioxidantes que serán aprovechadas por el organismo.

Palabras clave: Alimento típico, Miel, Xoconostle

ABSTRACT

In this time of pandemic, it is essential to carry out research that improves aspects of our diet, therefore, in this work, a food was developed that works as a novel alternative for the incorporation of antioxidant compounds, by preparing a crystallized xoconostle with honey, for which different crystallization formulations were made modifying the honey concentration, presenting 5 treatments: control, 250M, 500M, 750M and 1000M, these were determined pH, total soluble solids (SST), total sugars, humidity, total phenolic compounds and antioxidant activity using the ABTS and DPPH methods. The results indicate that there are differences ($p < 0.05$) between the treatments, finding that the behavior in TSS, and total sugars are directly proportional to the added concentration of honey, same behavior as for total phenols, that even in the treatment with less honey addition managed to maintain 16.99 ± 0.01 mg GAE/g of total phenols and $26.66 \pm 1.60\%$ and $13.04 \pm 0.01\%$ of inhibition of ABTS and DPPH radicals respectively. Crystallized foods made of xoconostle and honey are an innovative alternative for the consumption of a typical food, made with endemic ingredients, managing to preserve its antioxidant properties that can be used to maintain health.

Keywords: Typical candy, Honey, Xoconostle

Área: Desarrollo de nuevos productos

INTRODUCCIÓN

La cocina tradicional mexicana goza de un excelente prestigio al nivel internacional, a tal grado que ha sido declarada Patrimonio Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO (Ojeda et al., 2017). Podemos definir a la fruta cristalizada como el producto en el cual el agua dentro de las células del fruto se sustituyó por azúcar (FAO, 2013). Estos productos presentan una vida de anaquel muy prolongada gracias a su actividad de agua, pH y temperatura de preparación (Martorell et al., 2005),

al ser productos con una elevada concentración de azúcar, su consumo es un riesgo latente, pues se sabe que la prevalencia de la obesidad, del síndrome metabólico y la diabetes mellitus tipo 2 sigue aumentando debido a múltiples factores, como un aumento en la ingesta de energía o la disponibilidad de alimentos ricos en grasas (Gulati y Misra, 2014).

El xoconostle, fruto originario del centro de México ha sido consumido desde épocas prehispánicas en fresco o procesado en algunos productos como mermeladas y jugos (Guzmán-Maldonado et al., 2010), además desde la época precolombina hasta la actualidad ha sido utilizado en la medicina tradicional (Medina-Pérez et al., 2019). Se ha determinado que este fruto es una fuente importante de compuestos bioactivos, destacando compuestos fenólicos como rutina y quercetina (Cenobio-Galindo et al., 2019).

La miel es considerada un alimento funcional gracias a sus propiedades (efecto antioxidante, antimicrobiano, antifúngico, prebiótico, anticancerígeno, etc.), con lo cual su consumo es relevantemente importante para la salud humana (Quintero-Lira et al., 2016). Sus efectos benéficos son otorgados principalmente por la fuente botánica de la cual proviene, pues las abejas recolectan néctar de plantas que contienen compuestos bioactivos que luego se transfieren a la miel (Pimentel-González et al., 2015). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas y parámetros de evaluación funcional de cristalizados elaborados con xoconostle y diferentes concentraciones de miel de abeja, como alternativa al consumo de dulces típicos, sin los efectos adversos ocasionados por el azúcar refinado. Los resultados indican que el comportamiento en SST y azúcares totales es directamente proporcional a la concentración adicionada de miel, al igual que fenoles totales y en la inhibición de los radicales libres ABTS y DPPH. Por lo que este dulce típico resulta ser una alternativa favorable a la salud humana, gracias a que presenta se realiza con materia prima endémica, con comprobados beneficios a la salud, potencializando sus propiedades antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El xoconostle (*Opuntia matudae*) se obtuvo del municipio de Tulancingo de Bravo, en el estado de Hidalgo, México. La miel de abeja (oscura multifloral) proveniente del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Se utilizó eritritol (Jungbunzlauer, Francia), un polialcohol (azúcar alcohol) como agente cristalizante.

Para la elaboración de xoconostle cristalizado se usó un método tradicional, siguiendo las fichas técnicas del procesado de frutas (FAO, 2013), con algunas modificaciones. Se prepararon 5 jarabes para la inmersión de la fruta (control, 250M, 500M, 750M y 1000M) y se llevaron a ebullición durante dos horas, posteriormente se drenó el jarabe resultante y se secó a 25 °C, guardándose en un lugar fresco y seco hasta el momento de su análisis.

Los análisis fisicoquímicos fueron SST, pH, y humedad, determinados mediante los métodos descritos por la AOAC (1990). Los azúcares totales se determinaron utilizando el método de antrona y los resultados son expresados en porcentaje. La extracción de compuestos bioactivos se realizó siguiendo la metodología de Cenobio-Galindo et al. (2019), con algunas modificaciones. El contenido total de compuestos fenólicos totales se evaluó por el método Folin-Ciocalteu de acuerdo a lo reportado por Cenobio-Galindo et al. (1999), con algunas modificaciones, los resultados se expresaron como mg EAG/100 g.

La capacidad antioxidante mediante la inhibición de los radicales libres ABTS y DPPH se realizaron de acuerdo con lo reportado por Cenobio-Galindo et al., (2019) respectivamente, con algunas modificaciones, los resultados se expresaron en porcentaje de inhibición de radical.

Se realizó un análisis estadístico completamente al azar con una comparación de medias de Tukey cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis fisicoquímicos

En la Tabla I se observan los resultados obtenidos para pH, SST y humedad donde se tienen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), siendo el control el de menor valor de pH mientras que en los tratamientos elaborados con miel se observa un comportamiento directamente proporcional a la adición. El xoconostle es bien conocido como un fruto ácido (Guzmán-Maldonado et al., 2010) y los valores de pH de la miel son muy variantes, esto dependerá del origen floral de ésta, oscilando entre 3.25 y 4.7 aproximadamente (Acquarone et al., 2007). La miel es un producto que contiene un elevado porcentaje de SST (>80%) por lo cual es considerada un producto altamente estable durante el almacenamiento (Nyau et al., 2013), al concentrarse el jarabe y realizar el intercambio de concentración en la fruta, la convierte en un producto con una vida de anaquel prolongada, ya que de manera natural este fruto presenta una concentración de 4.52 a 4.92 °Brix, el contenido de SST en frutos de cactáceas se encuentra determinado por el tiempo de cosecha (Monroy-Gutiérrez et al., 2017). Para humedad se observan un fenómeno interesante, pues a mayor concentración de miel mayor humedad. El tratamiento que menor humedad presentó fue 250M con $14.01 \pm 0.65\%$ gracias a que la miel es higroscópica. Este fenómeno se asocia con un efecto no deseado en los tratamientos con mayor concentración de miel, debido a que existen reportes que indican que, debido a la higroscopicidad de la miel, la superficie del alimento podría absorber suficiente agua para reducir la concentración de azúcares en un grado compatible con la vida de ciertas levaduras, lo que originaría cierta fermentación (Martin, 1958).

En los azúcares totales se observó una disminución en todos los tratamientos con miel logrando reducir hasta $34.23 \pm 1.25\%$ con 250M. En general, las frutas confitadas consisten en 65-80% de azúcar con valores de actividad del agua (A_w) de 0.6 - 0.8, para controlar el crecimiento microbiano (Chen, 1989). Se han demostrado efectos beneficiosos de la miel en el tracto gastrointestinal, hígado, páncreas y además en el control glucémico, donde hay evidencia que revela que la miel reducía la glucosa en sangre o era más tolerable que los azúcares o edulcorantes más comunes (Erejuwa, et al., 2012). De igual manera existen reportes que indican que el xoconostle ha sido considerado como un alimento benéfico como auxiliar en el tratamiento de ciertas enfermedades crónicas, específicamente

Medina-Pérez et al. (2019) probaron el efecto de extractos de diferentes partes del fruto, encontrando que el xoconostle podría usarse como estrategia terapéutica en dietas controladas de pacientes diabéticos debido a su bajo costo y origen natural.

Compuestos bioactivos y actividad antioxidante

Tabla I. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los cristalizados de <i>Opuntia</i>			
Tratamiento	pH	SST	Humedad
Control	3.54 ± 0.02^d	75.66 ± 0.57^b	15.84 ± 1.36^b
1000M	4.52 ± 0.27^a	77.01 ± 0.12^a	20.88 ± 2.30^a
750M	4.47 ± 0.06^a	75.33 ± 0.57^b	19.04 ± 2.30^b
500M	4.11 ± 0.02^b	64.66 ± 0.43^c	16.96 ± 0.42^c
250M	3.89 ± 0.02^c	42.21 ± 0.11^d	14.01 ± 0.65^d
Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar. Las diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. SST son expresados en °Brix. Humedad es expresado en %.			

La figura 2 muestra el resultado obtenido para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales, encontrando diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$). Existen diversos reportes que señalan que el xoconostle es una fuente importante de compuestos fenólicos (Cenobio-Galindo et al., 2019). También la miel es un alimento rico en fenoles, que son estables al procesamiento térmico reportado por Pimentel-González et al., (2016) de la misma manera, los resultados encontrados en el presente estudio nos indican que después del tratamiento térmico estos compuestos siguen presentes en todos los tratamientos elaborados. Los resultados para la inhibición del radical ABTS (figura 3a) y DPPH (figura 3b) indican diferencias entre los tratamientos

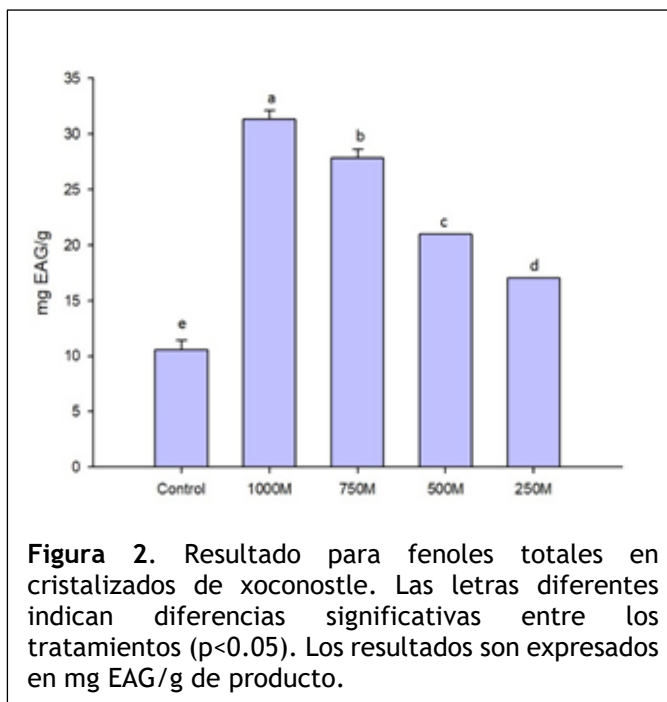


Figura 2. Resultado para fenoles totales en cristalizados de xoconostle. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los resultados son expresados en mg EAG/g de producto.

($p < 0.05$), mostrando que la concentración de miel es directamente proporcional a la inhibición del radical, logrando un $81.2 \pm 3.53\%$ con el tratamiento 1000M en ABTS y siendo el control el de menor inhibición ($7.11 \pm 0.64\%$) para DPPH. Pimentel-González et al. (2016) encontraron que la actividad antioxidante se mantiene e incluso puede verse potenciada hasta temperaturas de $80\text{ }^\circ\text{C}$, mostrando elevadas correlaciones entre los compuestos fenólicos de sus muestras y la actividad antioxidante, comportamiento que explica la estabilidad de la actividad antioxidante de los cristalizados elaborados con miel.

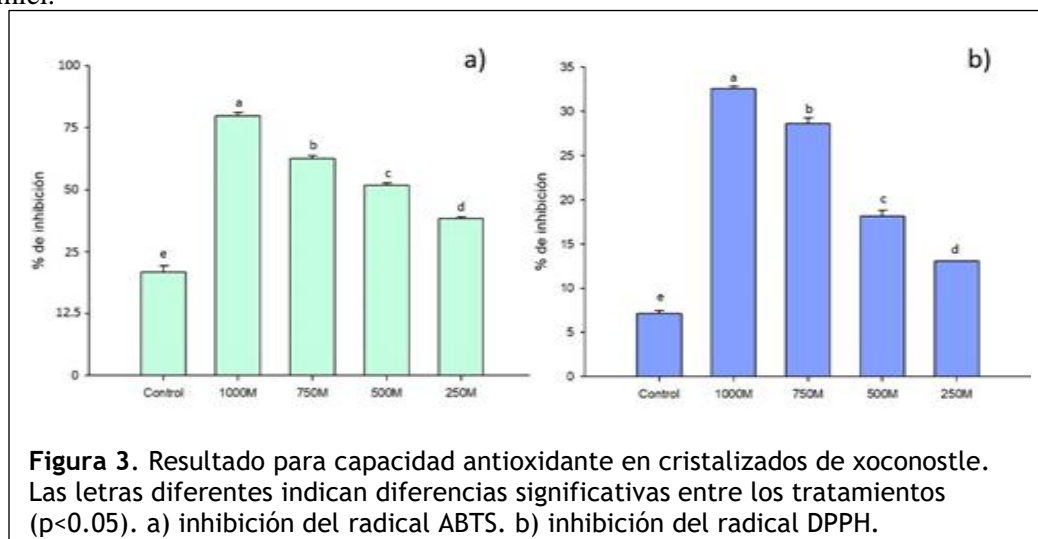


Figura 3. Resultado para capacidad antioxidante en cristalizados de xoconostle. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). a) inhibición del radical ABTS. b) inhibición del radical DPPH.

CONCLUSIÓN

La elaboración de un alimento cristalizado a base de *Opuntia matudae* y miel de abeja, resultó ser alternativa alimentaria interesante e importante para la salud debido a sus ingredientes funcionales endémicos del estado de Hidalgo. Al obtener productos con un pH menos ácido, logrando la reducción de azúcares totales hasta en un $34.23 \pm 1.25\%$ y la incorporación de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante después de haber sometido a los productos a temperaturas elevadas en un tiempo prolongado durante su elaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- Acquarone, C., Buera, P., & Elizalde, B. (2007). Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food chemistry*, 101(2), 695-703.
- A. O. A. C. (1990). Official methods of analysis. *Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists*, 152-164.
- Cenobio-Galindo, A.J., Pimentel-González, D. J., Del Razo-Rodríguez, O. E., Medina-Pérez, G., Carrillo-Inungaray, M. L., Reyes-Munguía, A., & Campos-Montiel, R. G. (2019). Antioxidant and antibacterial activities of a starch film with bioextracts microencapsulated from cactus fruits (*Opuntia oligacantha*). *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1553-1561.
- Chen, A. O. (1989). Quality improvement of candied fruits.
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Ab Wahab, M. S. (2012). Honey-a novel antidiabetic agent. *International Journal of Biological Sciences*, 8(6), 913.
- FAO, I. (2013). Fichas técnicas. *Procesado de Frutas*. pp. 36-39.
- Gulati, S., & Misra, A. (2014). Sugar intake, obesity, and diabetes in India. *Nutrients*, 6(12), 5955-5974.
- 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-Mexico region. *Journal of Food Science*, 75(6), C485-C492.
- Martin, E. C. (1958). Some aspects of hygroscopic properties and fermentation of honey. *Bee world*, 39(7), 165-178.
- Martorell, P., Fernández-Espinar, M. T., & Querol, A. (2005). Molecular monitoring of spoilage yeasts during the production of candied fruit nougats to determine food contamination sources. *International journal of food microbiology*, 101(3), 293-302.
- Medina-Pérez, G., Zaldívar-Ortega, A. K., Cenobio-Galindo, A. D. J., Afanador-Barajas, L. N., Vieyra-Alberto, R., Estefes-Duarte, J. A., & Campos-Montiel, 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-gutiérrez, T., Martínez-damián, M. T., Barrientos-priego, A. F., Gallegos-vázquez, C., & Colinas-león, T. B. (2017). Evaluation of some physical and chemical characteristics of fruits of xocotuna, tuna and xoconostle in postharvest. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 8, 189-197.

- Nyau, V., Mwanza, E. P., & Moonga, H. B. (2013). Physico-chemical qualities of honey harvested from different beehive types in Zambia. *African Journal of Food, Agriculture, nutrition and development*, 13(2).
- Ojeda, A. L., Camacho, C. P., Hernández, C. G., & López, R. H. (2017). Caracterización de las principales tendencias de la gastronomía mexicana en el marco de nuevos escenarios sociales. *Teoría y Praxis*, (21), 91-113.
- Pimentel-González, D. J., Basilio-Cortes, U. A., Hernández-Fuentes, A. D., Figueira, A. C., Quintero-Lira, A., & Campos-Montiel, R. G. (2015). Effect of thermal processing on antibacterial activity of multifloral honeys. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12279.
- Pimentel-González, D. J., Jiménez-Alvarado, R., Hernández-Fuentes, A. D., Figueira, A. C., Suarez-Vargas, A., & Campos-Montiel, R. G. (2016). Potentiation of bioactive compounds and antioxidant activity in artisanal honeys using specific heat treatments. *Journal of Food Biochemistry*, 40(1), 47-52.
- Quintero-Lira, A., Santos, A. Á., Aguirre-Álvarez, G., Reyes-Munguía, A., Almaraz-Buendía, I., & Campos-Montiel, R. G. (2017). Effects of liquefying crystallized honey by ultrasound on crystal size, 5-hydroxymethylfurfural, colour, phenolic compounds and antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 243(4), 619-626.