

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias
Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Betalainas del fruto de las cactáceas: una perspectiva terapéutica

Betalains from cactus fruit: a therapeutic perspective

Lucía Evelyn Delcompare Narváez
lucia.delcompare@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6514-4054>
Facultad de Medicina. Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

Guadalupe Soto Rodríguez
guadalupe.sotorod@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3195-8177>
Laboratorio Central de Investigación,
Facultad de Medicina. Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

Sharon Zayuri Zenteno de los Santos
sharon.zenteno@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0009-0002-8616-984>
Facultad de Medicina. Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4866>

Artículo recibido: 21 de julio de 2025
Aceptado para publicación: 20 de noviembre
de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4866>

Betalainas del fruto de las cactáceas: una perspectiva terapéutica

Betalains from cactus fruit: a therapeutic perspective

Lucía Evelyn Delcompare Narváez¹

lucia.delcompare@correo.buap.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6514-4054>

Facultad de Medicina. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

Guadalupe Soto Rodríguez

guadalupe.sotorod@correo.buap.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3195-8177>

Laboratorio Central de Investigación, Facultad de Medicina. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

Sharon Zayuri Zenteno de los Santos

sharon.zenteno@correo.buap.mx

<https://orcid.org/0009-0002-8616-984>

Facultad de Medicina. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

Artículo recibido: 21 de julio de 2025. Aceptado para publicación: 20 de noviembre de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Las cactáceas son plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas. México tiene la mayor diversidad genética, y es de los primeros productores de esta planta, valorada por sus propiedades nutricionales y medicinales. Los frutos, tunas y pitayas se usaron desde la época precolombina con fines medicinales; en la literatura científica actual se reportan sus funciones como antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, antiulcerogénica, antimicrobiano, antiviral, hepatoprotectora, efectos atribuidos a sus compuestos bioactivos, principalmente a sus pigmentos llamados betalainas. El objetivo de esta revisión sistemática fue describir los efectos sobre la salud de las betalainas mediante artículos indexados en revistas científicas arbitradas del área de la salud, alimentos funcionales, ciencia de los alimentos, fitoterapia y biomedicina. Posteriormente se visitaron mercados locales de la zona suroriente de la ciudad de Puebla, México para registrar los frutos disponibles en esta localidad. El estudio se llevó a cabo del año 2020 al 2025; las variedades que se encontraron en esta zona fueron tres variedades de Opuntias: xoconoxtle (*Opuntia xoconostle*), tuna verde (*Opuntia ficus indica*) y tuna púrpura (*Opuntia ficus megacantha*), y dos variedades de pitaya: pitaya roja, también conocida como pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.) y pitaya blanca, conocida como fruto del dragón blanco (*Hylocereus undatus*).

Palabras clave: opuntia, betalainas, compuestos bioactivos, tuna, pitaya


Abstract

Cactus plants grows in arid and semi-arid areas. Mexico has the greatest genetic diversity and is one of the first producers of this plant, valued for its nutritional and medicinal properties. The cactus pear

¹ Autora de correspondencia.

and pitayas have been used for medicinal treatment by natives. Scientific literature reports its antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antiulcerogenic, antimicrobial, antiviral, and hepatoprotective functions. Those effects are attributed to its bioactive compounds, mainly the pigments called betalains. The objective of this systematic review was to describe the health effects of betalains through articles indexed in scientific journals in the areas of health, functional foods, food science, phytotherapy, and biomedicine. Local markets in the southeastern part of Puebla, Mexico, were subsequently visited to record the fruits available in this area. The study was conducted from 2020 to 2025. The varieties found in this area were three *Opuntia* varieties: xoconoxtle (*Opuntia xoconostle*), green prickly pear (*Opuntia ficus indica*), and purple prickly pear (*Opuntia ficus megacantha*), and two pitaya varieties: red pitaya, also known as May pitaya (*Stenocereus griseus* H), and white pitaya, known as white dragon fruit (*Hylocereus undatus*).

Keywords: opuntia, betalains, bioactive compounds, cactus pear, pitaya

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Delcompare Narváez, L. E., Soto Rodríguez, G., & Zenteno de los Santos, S. Z. (2025). Betalaínas del fruto de las cactáceas: una perspectiva terapéutica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (5), 3960 – 3977. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4866>

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas, existen alrededor de 1400 especies en el mundo, de las cuales aproximadamente 700 son mexicanas, por lo que México es el primer productor del mundo de estas plantas, y los principales estados productores son Estado de México, Puebla, Jalisco y Oaxaca (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025). Las cactáceas comestibles de México están clasificadas en dos tipos: tunas (*Opuntia* spp), y pitayas (*Stenocereus* spp e *Hylosereus* spp). Su importancia en la salud radica en la cantidad de compuestos bioactivos de tal modo que este trabajo se enfoca en sus pigmentos llamados betalainas y sus efectos biológicos.

Las betalainas son pigmentos solubles en agua que se encuentran en las tunas, las pitayas, y en otras plantas como remolacha y amaranto, contienen de dos a tres átomos de nitrógeno, derivados del ácido betalámico. son pigmentos hidrosolubles derivados del ácido betalámico, que contienen en su estructura dos o tres átomos de nitrógeno, y se agrupan en dos categorías estructurales principales: las betacianinas son conjugados de amonio del ácido betalámico con ciclo-DOPA (betanina, de color rojo-violeta) Apéndice A y betaxantinas son conjugados del ácido betalámico con aminoácidos o aminas (como la indicaxantina, de color amarillo-naranja) Apéndice B, (El-Mostafa et al., 2014; Gengatharan et al., 2015; Flores et al., 2019). Los factores que le dan estabilidad a las betalainas son la temperatura de 4°C, la adición de ácido cítrico y un pH de 3.0 a 6.0. Por el contrario, la luz, el calor y el oxígeno degradan estos pigmentos; además incrementan su actividad antimicrobiana después de seis días de almacenamiento a 4°C.

En estos frutos se han determinado importantes funciones antioxidantes, antiinflamatorias, antiproliferativas, antimicrobianas, hipolipidémicas, entre otras, lo cual permite clasificar a estos frutos como alimentos funcionales, es decir, alimentos que aparte de sus propiedades nutricionales, contienen otros compuestos bioactivos capaces de modular funciones fisiológicas y generan un efecto benéfico en la salud (Khan & Polturak, 2025 y Fekete et al., 2025).

Debido a que México atraviesa por una crisis sanitaria por sus altas tasas de enfermedades crónicas no infecciosas (INEGI, 2025), es importante la investigación en el campo de alimentos funcionales como alternativas en la prevención y control de dichas enfermedades, y así mismo, enfocar el esfuerzo en el estudio en los alimentos nativos de México, por lo que esta revisión sistemática se enfoca en las funciones benéficas a la salud de los pigmentos provenientes de las tunas y las pitayas, relacionadas a enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, cáncer y enfermedades infecciosas.

Las cactáceas son familias constituidas por alrededor de 1600 especies que pertenecen al orden Caryophyllales (Barreiro M et al., 1991). Las tunas de pulpa blanca y cáscara verde son las de mayor consumo, su producción en el ámbito nacional corresponde a casi el 95% de la producción total, con un volumen superior a las 400,000 toneladas (Sumaya-Martínez et al., 2021). El nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill), representa una de las cactáceas más comunes y abundantes en México, crece y se cultiva en las zonas áridas de Mesoamérica, y se considera originaria de México (Benziane et al., 2017). En la época precolombina y en el Viejo Mundo fue bastante apreciada por el colorante que aporta el insecto cochinilla *Dactylopius coccus* (Ciencia UNAM, 2020), que crece en los cladodios y produce el pigmento carmín, además de ser un símbolo nacional que se representó desde el Códice de Mendoza (Instituto Nacional de Antropología e Historia (1542) Códice Mendoza (fol. 2, 18).

Se tienen registrados alrededor de 23 variedades de tuna *Opuntia* spp, agrupados en tunas blancas, púrpuras, rojas, anaranjadas y amarillas. En México se encuentra la diversidad genética más amplia de cactáceas, y es el mayor productor en el mundo de nopal y tuna. Las principales especies cultivadas en el territorio mexicano son. *O. ficus-indica*, *O. xocoxotle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha* (Reyes-Agüero et al., 2005, Mazri 2021). En cuanto a la pitaya, es una cactácea columnar también originaria

de México (García-Cruz et al., 2012). Se reportan 24 especies del género *Stenocereus* y 3 especies del género *Hylocereus* (García et al., 2022).

En la segunda mitad del siglo XX resurgió el interés por estudiar estas plantas, los avances científicos y tecnológicos permitieron identificar las sustancias químicas responsables de sus efectos benéficos, conocidas hoy como compuestos bioactivos. Estos compuestos forman parte de los metabolitos secundarios, sustancias que las plantas producen para su defensa y adaptación frente a condiciones ambientales adversas, pero que también ejercen efectos positivos en la salud humana. En el caso de las tunas y pitayas, las betalainas destacan por su potencial terapéutico en enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, hepáticas, alérgicas y reumáticas, así como en la diabetes, el cáncer y la fatiga (Biblioteca de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009; Alarcón et al., 2003; Alimia et al., 2021; El Mostafa et al., 2014; Esatbeyoglu et al., 2015).

Durante la Nueva España, el médico Francisco Hernández registró algunos de los usos terapéuticos de estos frutos como “templar el calor de los riñones y de la orina”; tratar “las fiebres biliosas y malignas”, “curan las llagas recientes y antiguas”, “detienen el flujo de vientre, sobre todo si proviene de calor”, e incluso menciona que, “el varón Martín Enríquez, ilustre Virrey de esta Nueva España, mediante su uso frecuente se libró por completo de muchas enfermedades que solía padecer, originadas de la bilis y de calor” (Hernández, F, Libro sexto, Capítulo CVI).

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo del año 2020 al 2025, y se dividió en dos partes; primero se realizó una revisión sistemática de artículos científicos y posteriormente se hicieron visitas aleatorias a mercados locales de la zona suroriente de la ciudad de Puebla, México para encontrar la disponibilidad de los frutos. La revisión sistemática se realizó considerando los efectos en la salud de las betalainas de los frutos de las cactáceas: tunas (*Opuntias* spp) y pitayas (*Hylocereus* y *Stenocereus*). Se utilizaron bases de datos científicas como PubMed, Research Gate y Science Direct para la búsqueda bibliográfica, empleando las siguientes palabras clave: *Opuntia* spp., tuna, *Hylocereus* y *Stenocereus*, pitaya, betalainas, betacianinas, betaxantinas. Como filtros para todas las áreas de búsqueda, se utilizaron las palabras clave: compuestos bioactivos, aplicaciones y beneficios para la salud. Se incluyeron artículos originales y de revisión en inglés y español. En total se seleccionaron 33 artículos originales y de revisión; el criterio de selección fue que estuvieran indexados en revistas científicas arbitradas del área de la salud, alimentos funcionales, ciencias de los alimentos, fitoterapia y biomedicina; se excluyeron artículos que no estuvieran indexados, blogs personales, redes sociales y videos cortos.

En la segunda etapa se realizaron visitas aleatorias a mercados locales de la zona suroriente de la ciudad de Puebla, México, para registrar los meses de cosecha y disponibilidad y las variedades disponibles en esta localidad. Después de obtener una muestra de cada fruto se registró tanto el peso bruto como el peso de la porción comestible.

DESARROLLO

Características nutricionales y químicos de los frutos de las cactáceas

Las tunas (*Opuntia* spp.) y la pitaya (*Stenocereus griseus* H) son frutos carnosos no climatéricos con forma ovalada o elipsoidal, con un peso bruto promedio de 80 a 200 g. Por su parte, el fruto del dragón (*Hylocereus undatus*) presenta un peso bruto reportado de 200 a 600 g. La porción comestible, sin piel y con semillas va de un 60-70% en ambos casos. No obstante, en la práctica el peso puede variar dependiendo de la región, las condiciones de cultivo y el grado de madurez. Respecto al valor energético promedio de tunas y pitayas varía entre 30 y 50 kcal por cada 100 g de parte comestible (Verona et al., 2020, Gómez & Rodríguez, 2022 y Osuna-Enciso et al., 2016).

Como se mencionó, se visitaron mercados locales de la zona suroriente de la ciudad de Puebla durante los meses de cosecha y disponibilidad de los frutos que empieza desde marzo y se extiende hasta octubre; se encontraron tres variedades de Opuntia: tuna verde (*O. ficus-indica*), Apéndice C; tuna púrpura (*O. megacantha*) Apéndice D, y xoconoxtle (*O. xoconostle*) Apéndice E, así como dos variedades de pitayas: la pitaya roja, conocida localmente como pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H) Apéndice F, y la pitaya blanca o también conocida como fruto de dragón (*Hylocereus undatus*) Apéndice G. La tuna púrpura y el xoconoxtle se encontraron de manera limitada; la más abundante y demandada fue la tuna verde. Las variedades naranjas y amarillas no se localizaron. Aunque los periodos de cosecha pueden variar según la localidad, altitud y condiciones climáticas, la tuna alcanza su producción máxima entre los meses de junio y septiembre, mientras que la pitaya se cosecha tras la floración primaveral, que se extiende de manera aproximada a lo largo de primavera y verano de México (Osuna-Enciso et al., 2016).

Los principales componentes nutricionales de estos frutos incluyen ácido ascórbico en la pulpa, tocoferoles y β -carotenos en la fracción lipídica de las semillas (Monroy et al. 2017; Terán et al., 2015). Su contenido de fibra dietética está compuesto principalmente por mucílagos y pectinas, los cuales contribuyen a la viscosidad y capacidad de retención de agua en el intestino. Asimismo, contienen ocho de los nueve aminoácidos esenciales (con excepción del triptófano) (Zenteno et al., 2015; Terán et al., 2015; Huang et al., 2021). En cuanto a su perfil mineral, destacan los niveles de potasio, calcio y magnesio, junto con trazas de vitaminas del complejo B como tiamina, piridoxina, niacina, riboflavina y ácido pantoténico (Feugang et al., 2006).

Entre los compuestos bioactivos presentes en pulpa y cáscara de tunas y pitayas destacan los compuestos fenólicos (incluyendo quercetina, kaempferol e isorhamnetina), así como carotenoides y clorofila; de manera importante destacan los pigmentos que van desde el color rojo, naranja hasta el amarillo y se agrupan dentro de los compuestos denominados betalainas (Tesoriere et al., 2004; Fernández-López et al., 2010; Figueroa-Cares et al., 2010; Alimia et al., 2020; Feugang et al., 2006).

Las betalainas son pigmentos de particular interés para la industria alimentaria porque pueden sustituir algunos colorantes artificiales sin comprometer las propiedades sensoriales del alimento ni la seguridad del consumidor, (Ramírez-Ramos et al., 2015). En el campo de la salud se les considera compuestos bioactivos por sus beneficios a la salud humana, entre ellas, sus funciones antiinflamatoria, antioxidante, antimicrobiana y citotóxica, si bien estos compuestos están presentes en los frutos de las cactáceas, también se encuentran en otros alimentos como betabel, flor de Jamaica y amaranto.

Función de las betalainas en la salud cardiovascular

Las betalainas han sido estudiadas por su potencial cardioprotector debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Estos compuestos actúan principalmente mediante la reducción del estrés oxidativo, un factor clave en la aterogénesis y la disfunción endotelial. Al disminuir la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), se protege a las células endoteliales de los daños inducidos por especies reactivas de oxígeno (ROS) (Martínez & García-Cayuela, 2024; Zaman et al., 2025).

El consumo de productos derivados de *Opuntia ficus-indica* ha mostrado efectos positivos sobre el perfil lipídico y en la reducción de biomarcadores de inflamación en humanos. Se ha probado que la ingesta diaria de 500 g de pulpa de tuna durante 15 a 30 días disminuyó significativamente los niveles plasmáticos de LDL y de prostaglandinas F2 α (proinflamatorias), lo que sugiere un efecto protector frente a la peroxidación lipídica (Tesoriere et al., 2004). De manera reciente se estableció que las betalainas de estos frutos pueden mejorar la función endotelial y la salud vascular mediante

mecanismos relacionados con el aumento de la biodisponibilidad de óxido nítrico y la reducción del estrés oxidativo e inflamación, corroborando así su papel vasoprotector (Cheok et al., 2020).

En conjunto, estos hallazgos respaldan el potencial de las betalaínas como compuestos bioactivos con efectos cardioprotectores, capaces de modular procesos clave en la aterogénesis y la disfunción endotelial. No obstante, se requieren más ensayos clínicos controlados que confirmen estos efectos en distintos modelos y poblaciones para establecer dosis, duración y biodisponibilidad óptimas para su aplicación preventiva o terapéutica.

Función antiproliferativa y citotóxica de las betalaínas

Entre las funciones anticancerígenas de estos frutos está su actividad antioxidante; por ejemplo, las betalaínas eliminan el anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$) (Tesoriere, et al., 2014); inhiben la nitración de tirosina mediada por peroxinitrato de la hélice de DNA (Sakihama, et al., 2012; Tesorier, et al., 2014); mejoran la función de enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa (Chavez-Santoscoy, et al., 2009). De tal modo que, las betalaínas pueden crear un entorno celular favorable para contrarrestar el estrés oxidativo y el desarrollo y proliferación de células malignas (Esatbeyoglu, et al., 2015).

Existe evidencia del efecto anticancerígeno de la *O. ficus-indica* en modelos biológicos, por ejemplo, el extracto de tuna en diferentes concentraciones tuvo efectos inhibitorios y proapoptóticos sobre la proliferación de células tumorales de ovario, cérvix y vejiga, dependiendo de la concentración, además no presentó efectos secundarios, lo que sugiere su uso como suplemento dietético en personas sanas o pacientes con cáncer (Zou et al., 2005).

El extracto de *O. ficus indica* suministrado en dosis de 50mg/kg de peso entre 15 a 30 días de tratamiento mostró efecto citotóxico en un modelo murino de cáncer hepático y menos aberraciones cromosómicas, este efecto se le atribuye a su potencial antioxidante (Brahmi et al., 2011).

Otro estudio mostró que las betalaínas, polifenoles y flavonoides provenientes del jugo de tunas mostraron efecto sobre líneas celulares de cáncer de mama, próstata, colon e hígado, cabe resaltar que los resultados variaron dependiendo del fruto (Chavez-Santoscoy et al., 2009). Por otro lado, el efecto apoptótico y supresión de oncogenes del extracto de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) se probó en dos líneas celulares de cáncer de mama al generar una disminución en la proliferación después de 24 y 48 horas de tratamiento (Bauer, et al., 2017).

Por su parte, Salam et al., (2022), utilizaron extracto de pulpa y piel de pitaya *Hylocereus undatus* en líneas tumorales de mama (MCF-7) y colon (Caco-2), en el estudio observaron actividad citotóxica contra los dos tipos de células después de 48 horas de tratamiento. Además, la *Opuntia ficus indica* y sus metabolitos limitan la proliferación y migración sobre cáncer colorectal/colon, melanoma y de mama mediante mecanismos como apoptosis, arresto del ciclo celular (G0/G1 O G2/M), modulación de BCL2 y efecto sobre citocromo C (Heikal et al., 2021, Wang et al., 2023, Talal 2023). Otro de los mecanismos propuestos para los efectos anticancerígenos es una sobreexpresión de Caspasa-9, Hdac11 y proteínas Bai1 (Antunes-Ricardo et al., 2021), un aumento en la expresión de p53, ciclina D1, Bax, Bad y caspasa 3, posiblemente mediante la vía PI3K-Akt, no obstante, se requieren más ensayos clínicos para conocer por completo las vías de señalización implicadas (Mwaheb et al., 2024, Orozco-Barocio et al., 2024).

Función antiinflamatoria de las betalainas

La inflamación es una respuesta fisiológica ante un daño de origen diverso, pero también es esencial para la defensa contra patógenos y para la recuperación de los tejidos dañados o lesionados. En pacientes con dolor crónico de rodilla se presentó una mejora al consumir un alimento funcional con

un 25% de betalaínas, lo que se debe a una disminución en el nivel de oxidación de los ácidos grasos insaturados de la membrana de los neutrófilos y a una disminución en la actividad de la mieloperoxidasa (Allegra et al., 2005, González Fanjul et al., 2018). La tuna también mostró efecto antiinflamatorio y analgésico en el tratamiento de gastritis en un modelo murino inducido por alcohol (Park et al., 2001; Gengatharan et al. 2015, Hernández, Libro sexto, Capítulo CVI. Tomo III, Biblioteca de la Medicina Tradicional Mexicana, s.f).

En un cultivo de células olfatorias de modelo murino con un tratamiento de betalaínas se reportó una renovación de células olfativas, disminución de ROS y de marcadores de inflamación, lo que sugiere que puede servir como un tratamiento para la anosmia, síntoma temprano de la enfermedad de Alzheimer (Kandimalla et al., 2017; Shunan et al., 2021); mientras que en ratas con daño neuronal inducido, se reportó una reducción en los niveles de citocinas proinflamatorias (TNF- α IL-6, IL-1 β , iNOS, COX-2), lo que sugiere que la betalaína tiene un potencial efecto neuroprotector (Livrea et al., 2006).

Dentro de los mecanismos antiinflamatorios de las betalaínas se encuentra la inhibición de la ICAM-1, disminución de la ciclooxigenasa y lipooxigenasa, del efecto prooxidante del interferón gamma. El efecto sobre la lipooxigenasa se debe a que se comportan como agentes reductores del átomo de hierro de su sitio activo, lo que interrumpe el ciclo catalítico, aunque también pueden impedir el acceso del sustrato al sitio activo (Moreno-Ley et al., 2021); también generan una disminución en los niveles de ARN mensajero de la enzima NADPH oxidasa tipo 2, responsable de la generación de ROS (Fernando et al., 2023).

Otro efecto antiinflamatorio de las betalaínas es la regulación que ejercen sobre el factor nuclear kappa de las células B (NF- κ B) y el estímulo sobre mediadores antiinflamatorios en órganos como vías aéreas, corazón, intestino, hígado y riñones (Nirmal et al., 2024). En otro estudio de Nirmal et al., (2023) se sugiere que la suplementación con betalaínas puede disminuir tanto la inflamación, como el estrés oxidativo y el cansancio en atletas de élite durante el ejercicio y en el desempeño en competencias.

Actividad antimicrobiana, antiparasitaria y antiviral de las betalaínas

La evidencia sobre la función antimicrobiana de las betalaínas se ha evaluado en su mayoría en estudios in vitro y modelos animales, demostrando que las betalaínas presentes en especies del género *Opuntia* exhiben una leve actividad antimicrobiana al alterar la estructura, función y permeabilidad de la membrana celular, y causar así la muerte de los microorganismos patógenos. Dicho efecto se observó frente a cepas controladas de bacterias grampositivas (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*) a una concentración de 7.8 mg/mL, y frente a bacterias gramnegativas (*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, entre otras) a 62.5 mg/mL. Además, se registró actividad antifúngica contra levaduras (*Candida albicans* y *Rhizoctonia solani*) a 250 mg/mL y contra mohos (*Fusarium oxysporum*, *Cladosporium herbarum*, *Botrytis cinerea* y *Aspergillus flavus*) a 500 mg/mL (Yong et al., 2018).

También se encontró una importante actividad antimicrobiana con extracto de la *Opuntia* en las bacterias *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*, esta actividad antimicrobiana también se ha estudiado en *Vibrio cholerae*. El extracto de *Opuntia* provoca la ruptura de la membrana, lo que condujo a un aumento de la permeabilidad de la membrana, y en consecuencia una marcada disminución en pH y ATP disminuyendo de esta manera la proliferación bacteriana (Yong Y., et al., 2018).

Por otra parte, se ha observado que las betalaínas tienen efectos antiparasitarios en ratones infectados con paludismo, dicha acción se debe a que las betacianinas son capaces de quelar (atrapar) los iones de calcio, hierro y magnesio y de esta manera bloquean el transporte intracelular del parásito (Hilou, et al., 2006; Gengatharan, et al., 2015), esta misma actividad quelante puede estar presente contra diversos virus (Hayek, et al. 2012).

En otro estudio, Chang et al., (2019) probaron que el virus del dengue tipo 2 (DENV-2) fue inhibido por la fracción de betacianina de la pitaya roja, así, demostraron un efecto virucida directo contra el DENV-2, por lo que explicaron que las betacianinas pueden ser capaces de inactivar las partículas extracelulares de DENV-2 antes de que inicie la infección viral.

Por otro lado, Lim, C. M., et al., (2024) probaron la actividad antiviral de la pitaya roja (*Hylocereus polyrhizus*) en células epiteliales pulmonares A549 infectadas con el virus de la Influenza A (IAV). Encontraron que las concentraciones de 12.5, 25.0 y 50.0 µg/mL de la fracción de betacianinas previnieron la formación del efecto citopático viral y redujeron la carga viral en las células infectadas con IAV hasta por 72 horas. Asimismo, observaron disminución en los niveles de expresión de la nucleoproteína, tanto a nivel de proteína como de ARNm, tras el tratamiento con 25.0 y 50.0 µg/mL de la fracción de betacianinas después de 24 horas, lo que proporciona evidencia de la actividad antiviral de las betacianinas provenientes de la pitaya roja contra el IAV.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Los frutos de las cactáceas son efectivos en el tratamiento de enfermedades inflamatorias e infecciosas por su capacidad antioxidante, aunque esta característica se encuentra en otros compuestos bioactivos, las betalaínas tienen mayor biodisponibilidad en humanos, ya que se detectan en plasma tan solo tres horas después de su consumo (Tesoriere et al., 2004).

El efecto antiinflamatorio y analgésico que las betalaínas ejercen sobre la mucosa gástrica, puede ayudar a pacientes con consumo de medicamentos analgésicos como los no esteroideos (AINES). Mientras que para los pacientes con hiperglucemia o diabetes mellitus tipo II, se sugiere como un hipoglucemiante, y en cuanto a las enfermedades neurodegenerativas se abre un campo amplio para la investigación.

Respecto a su efecto apoptótico, antiproliferativo y citotóxico sobre células malignas, a pesar de algunos resultados positivos, hay otras variables que se deben considerar en futuros estudios como la expresión de oncogenes, la agresividad de las células tumorales y la capacidad de los frutos para modificar el desarrollo de las mutaciones. Además, es importante considerar el tipo de dieta, estilo de vida y la predisposición genética. Mientras que el efecto antimicrobiano y antiviral de la betalaínas, también depende de la concentración tanto de los microorganismos como de las betalaínas.

Conocer las propiedades nutricionales y de aportes a la salud de alimentos con base en evidencia científica aumenta el atractivo de su consumo, lo que resulta relevante en un país con tantos problemas nutricionales. México tiene una gran variedad de frutos de bajo costo en temporada de cosecha, como las tunas y las pitayas, con propiedades bioactivas, es entonces, una paradoja que las personas consuman alimentos procesados, comida rápida, golosinas, refrescos y bebidas industrializadas que tanto daño han causado en la salud pública. De igual forma, el consumir productos de temporada también resulta beneficioso para los productores locales, los distribuidores y los comerciantes, así, el fomentar el consumo de productos nacionales representa una ventaja para diferentes sectores, y sobre todo, para la salud de la población.

El potencial terapéutico de las cactáceas se debe a sus compuestos bioactivos, entre los que se destacan las betalaínas, sin embargo, los mucílagos y demás compuestos antioxidantes no se deben desdeñar, por lo que estos frutos prometen el desarrollo de alimentos funcionales en varios rubros: como bebidas funcionales, nutracéuticos, fibras, colorantes, aceites de sus semilla y su consumo directo como alimento.

Hace falta más investigación para conocer el efecto que pueden tener sobre vías de señalización celular, mecanismos epigenéticos y expresión de genes, sin embargo, lo que se conoce hasta el

momento sugiere que las tunas y pitayas son excelentes alimentos funcionales, cuyo consumo debe fomentarse en la población.

México produce una gran diversidad de alimentos funcionales nativos de Mesoamérica, sin embargo, existe poca investigación científica nacional sobre estos alimentos; la información obtenida sobre la actividad funcional de las betalaínas de los frutos de las cactáceas provinieron en su mayoría de publicaciones internacionales, por lo que es necesario aumentar la investigación nacional en la ciencia de los alimentos y la nutrición para profundizar el conocimiento y aplicación en la salud de los compuestos bioactivos de los alimentos originarios de México. Por otra parte, los datos epidemiológicos del país no son alentadores, entre las principales causas de muerte se encuentran enfermedades del corazón, diabetes, tumores malignos y enfermedades del hígado (INEGI, 2025); cuya principal causa es la mala alimentación. México, a pesar de su riqueza agrícola y culinaria, es el primer productor y consumidor de alimentos ultraprocesados en América Latina y el cuarto a nivel mundial. (Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, México, 2024). Una de las acciones que se pueden implementar para contrarrestar la situación de salud pública en México es revalorizando los alimentos nativos; investigar sus componentes terapéuticos y promover sus beneficios y su consumo en la alimentación cotidiana de la población, esto puede ser parte de una alimentación saludable y de la dietoterapia complementaria para el manejo de diversas enfermedades sin tener efectos secundarios. Pues cabe destacar que, por la presencia de los elementos nutricionales, el bajo contenido energético, la alta proporción de agua y los elementos bioactivos convierten a las tunas y pitayas en frutos de buena calidad nutricional y potencial uso como un alimento funcional.

Sirva la información de este trabajo para fomentar el consumo de alimentos nativos de México, incentivar la investigación científica de los mismos, en particular de estos frutos, por cuestiones de nutrición y salud poblacional, así como contribuir a la economía nacional y biodiversidad, alentando la producción de las cactáceas y sus frutos, y de manera muy importante motivar a los investigadores y científicos para retomar la riqueza de nuestros recursos naturales en el desarrollo de nuevas líneas de investigación.

REFERENCIAS

- Alarcón F, Valdés A, Xolalpa S, Banderas T, Jiménez M, Hernández E, et al. (2003). Hypoglycemic Activity of Two Polysaccharides Isolated from *Opuntia ficus-indica* and *O. streptacantha*. *Proc. West. Pharmacol. Soc.* 139-142. https://www.researchgate.net/publication/8938361_Hypoglycemic_Activity_of_Two_Polysaccharides_Isolated_from_Opuntia_ficus-indica_and_O_streptacantha
- Alimia, H., Hfajedh, N., Bouni, Z., Hfaiedh, M., Sakly, M., & Zourgui, L. (2010). Antioxidant and antiulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* root extract in rats. *Phytomedicine*, 17(14), 1120–1126. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.05.001>
- Allegra, M., Allegra, P., Futmüller, M. G., Jantschko, W., Zederbauer, M., Tesorier, L., Livrea, M., & Obinge, C. (2005). Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid. *Bioorganic Chemistry*, 33(4), 837–844. <https://core.ac.uk/download/pdf/53219754.pdf>
- Antunes-Ricardo, M., Guardado-Félix, D., Rocha-Piña, M.R. et al. *Opuntia ficus-indica* Extract and Isorhamnetin-3-O-Glucosyl-Rhamnoside Diminish Tumor Growth of Colon Cancer Cells Xenografted in Immune-Suppressed Mice through the Activation of Apoptosis Intrinsic Pathway. *Plant Foods Hum Nutr* 76, 434–441 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00934-3>
- Barreiro M, Fanghnel H, Montañez C. (1991). La tuna: base del desarrollo de culturas mesoamericanas. *Revista Claridades Agropecuarias*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14115904014>
- Bauer, D., Castro, D., de Oliveira, F., Nogueira, E., Silva, M., & Teodoro, A. (2017). Pitaya extracts induce growth inhibition and proapoptotic effects on human cell lines of breast cancer via downregulation of estrogen receptor gene expression. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. <https://doi.org/10.1155/2017/7865073>
- Benziane, A., Boutekrabt, A., Touati, M., Bakria, T., Touati, A., & Bezini, E. (2017). Phenotypic diversity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. in the Algerian steppe. *South African Journal of Botany*, 109, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.12.024>
- Biblioteca de la Medicina Tradicional Mexicana. (2009). UNAM. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/>
- Chang, Y. J., et al. (2019). Betacyanin fractions from red pitahaya exhibit antiviral activity against dengue virus serotype-2 (DENV-2). *Access Microbiology*. <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/acmi/10.1099/acmi.0.000108>
- Chavez-Santoscoy, R, Gutierrez-Urbe, J, Serna-Saldívar, S. O (2009). Phenolic Composition, Antioxidant Capacity and In Vitro Cancer Cell Cytotoxicity of Nine Prickly Pear (*Opuntia* spp.) Juices. *Plant Foods for Human Nutrition*. 64, p. 146–152. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-009-0117-0>
- Cheok, A., Xu, Y., & Zhang, Z. (2022). Betalain-rich dragon fruit (pitaya) consumption improves vascular function in adult men and women: A double-blind, randomized controlled crossover trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 115(5), 1150–1158. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab410>
- Ciencia UNAM (2020). Sangre de nopal. El rojo mexicano de la grana cochinilla. <https://ciencia.unam.mx/leer/1031/sangre-de-nopal-el-rojo-mexicano-de-la-grana-cochinilla>

El-Mostafa K, El Kharrassi Y, Badreddine A, Andreoletti P, Vamecq J, El Kebbjaj M, et al.. (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition. Health and Disease. Molecules. <https://www.mdpi.com/1420-3049/19/9/14879/htm>

Esatbeyoglu, T., Wagner, A. E., Schini-Kerth, V. B., & Rimbach, G. (2015). Betanin: A food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59(1), 36–47. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201400484>

Fekete, M., Lehoczki, A., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Varga, J. T., Bálint, M., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Rząsa-Duran, E., & Varga, P. (2025). Functional Foods in Modern Nutrition Science: Mechanisms, Evidence, and Public Health Implications. *Nutrients*, 17(13), 2153. <https://doi.org/10.3390/nu17132153>

Fernández-López, J, Almela, L, Obón, J. (2010) Determination of Antioxidant Constituents in Cactus Pear Fruits. *Plant Foods Hum Nutr.* 65:253–259. https://www.researchgate.net/publication/46111496_Determination_of_Antioxidant_Constituents_in_Cactus_Pear_Fruits

Fernando, G. S. N., Sergeeva, N. N., Vagkidis, N., Chechik, V., Marshall, L. J., & Boesch, C. (2023). Differential effects of betacyanin and betaxanthin pigments on oxidative stress and inflammatory response in murine macrophages. *Molecular Nutrition & Food Research*, 67(15), Article 2200583. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202200583>

Feugang, J., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F., Conrad, C., & Zou, Ch. (2006). Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11, 2574–2589. <https://doi.org/10.2741/1992>

Figuroa-Cares, M, Martínez-Damián, T, Rodríguez-Pérez, E, Colinas-León, M, Valle-Guadarrama, S, Ramírez-Ramírez, S. (2010). Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivos de tuna (*Opuntia* spp.) de México <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n7/v44n7a3.pdf>

Flores M, Rentería AL, Sánchez R, Chávez A. (2019). Estructura y estabilidad de las betalaínas. *Inverciencia*; 44(6): 318-325.

García-Cruz L, Salinas-Moreno Y, Valle-Guadarrama (2012) Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*H. *Rev. Fitotec. Mex.* 1-5. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35ns>

García-Cruz, L., Sánchez-Sánchez, M. A., Rojas-Mayorquín, A. E., Godínez-Rubí, M., Reyes-Mata, M. P., & Ortuño-Sahagún, D. (2022). Cultivation, quality attributes, postharvest behavior, and anticancer potential of pitaya (*Hylocereus* spp.): A review. *Scientia Horticulturae*, 295, 111336. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111336>

Gengatharan A, Dykes G, Choo W. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *Food Science and Technology*. 645–649. https://www.researchgate.net/publication/279525183_Betalains_Natural_Plant_Pigments_with_Potential_Application_in_Functional_Foods

Gómez, M. I., & Rodríguez, R. (2022). A Comparison of the Biometric Characteristics, Physicochemical Composition, Mineral Elements, Nutrients, and Bioactive Compounds of *Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*. *Foods*, 11(1), 114. <https://doi.org/10.3390/foods11010114>

González Fanjul, A, Cabrera Llano, J, Barreto Fiu, E, Modesta Fanjul, N, Rodríguez Hernández, M, Jaime Valdés, L. (2018). Mieloperoxidasa como marcador de daño vascular. *Acta Médica del Centro*. 12 (2). <https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2018/mec182b.pdf>

Hayek, S, Ibrahim, S. (2012). Antimicrobial activity of xoconostle pears (*Opuntia matudae*) against *Escherichia coli*O157:H7 in laboratory medium. *International Journal of Microbiology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22934117/>

Heikal, A., Abd El-Sadek, M. E., Salama, A., & Taha, H. S. (2021). Comparative study between in vivo- and in vitro-derived extracts of cactus (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) against prostate and mammary cancer cell lines. *Heliyon*, 7(9), e08016. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08016>

Hernández, F. Historia de la Nueva España. (s.f). Tomo II. Libro sexto, Capítulo CVI. Tomo III. Libro duodécimo, Capítulos V y VI. <http://www.franciscohernandez.unam.mx/home.html>

Hilou A, Nacoulma O.G, Guiguemde T. (2006). In vivo antimalarial activities of extracts from *Amaranthus spinosus* L. and *Boerhaavia erecta* L. in mice, *Journal of Ethnopharmacology*. 103 (2): 236-240. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.08.006>.

Huang, Y., Brennan, M. A., Kasapis, S., Richardson, S. J., & Brennan, C. S. (2021). Maturation Process, Nutritional Profile, Bioactivities and Utilisation in Food Products of Red Pitaya Fruits: A Review. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(11), 2862. <https://doi.org/10.3390/foods10112862>

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (1542). Códice Mendoza (Fols. 2, 18) <https://codicemendoza.inah.gob.mx/html/acerca.php?lang=spanish>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025). Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR) de enero a junio de 2024 (preliminar). Boletín 22 de enero de 2025. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/edr/EDR2024_en-jun.pdf

Kandimalla, R, Reddy, P., Hemachandra. (2017). Therapeutics of Neurotransmitters in Alzheimer's Disease'. *Journal of Alzheimer's Disease*. 1049 – 1069. <https://content.iospress.com/articles/journal-of-alzheimers-disease/jad161118>

Khan, M. I., & Polturak, G. (2025). Biotechnological production and emerging applications of betalains: A review. *Biotechnology Advances*, 81, Article 108576. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2025.108576>

Lim, C. M., Lal, S. K., Mat Isa, N., Omar, A. R., & Choo, W. S. (2024). Betacyanins from red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) exhibit antiviral response against influenza A virus. *Heliyon*, 10(12), e33049. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33049>

Livrea, M y Tesoriere L. (2006). Health Benefits and Bioactive Components of the Fruits. *J. PACD*: 73-90. <https://jpacd.org/jpacd/article/view/280/243>

Martínez, R. M., & García-Cayuela, T. (2024). Betalains: A narrative review on pharmacological mechanisms supporting the nutraceutical potential towards health benefits. *Foods*, 13(23), 3909. <https://doi.org/10.3390/foods13233909>

Mazri, M.A. (2021). Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Species and Cultivars. In: Ramadan, M.F., Ayoub, T.E.M., Rohn, S. (eds) *Opuntia* spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_4

Monroy-Gutiérrez, T, Martínez-Damián, A, Barrientos-Priego, F, Gallegos-Vázquez, Cruz-Álvarez, O, Vargas-Madríz, Haidel. (2017) Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos de xocotuna, tuna y xoconostle (*Opuntia* spp.). *Chilean J. Agric:*263-272. <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v33n3/0719-3890-chjaasc-00704.pdf>

Moreno-Ley, C. M., Osorio-Revilla, G., Hernández-Martínez, D. M., Ramos-Monroy, O. A., & Gallardo-Velázquez, T. (2021). Anti-inflammatory activity of betalains: A comprehensive review. *Human Nutrition & Metabolism*, 25, 200126. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2021.200126>

Nirmal, N. P., Medhe, S., Dahal, M., Koirala, P., Nirmal, S., Al-Asmari, F., & Xu, B. (2024). Betalains protect various body organs through antioxidant and anti-inflammatory pathways. *Food Science and Human Wellness*, 13(3), 1109-1117. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250093>

Nirmal, S., Olatunde, O. O., Medhe, S., Vitti, S., Khemtong, C., & Nirmal, N. P. (2023). Betalains Alleviate Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, and Fatigue and Improve Sports Performance: an Update on Recent Advancement. *Current nutrition reports*, 12(4), 778–787. <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00500-0>

Orozco-Barocio, A., Sánchez-Sánchez, S., Rojas-Mayorquín, A. E., Godínez-Rubí, J. A., Reyes-Mata, P., & Ortuño-Sahagún, D. (2024). Phytochemicals from Cactaceae family for cancer prevention and therapy. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1421136. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1421136>

Osuna-Enciso, T., Valdez-Torres, J. B., Sañudo-Barajas, J. A., Muy-Rangel, M. D., Hernández-Verdugo, S., Villarreal-Romero, M., & Osuna-Rodríguez, J. M. (2016). Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 50(1), 61–78. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000100061&script=sci_arttext

Park, E., Kahng, J., Lee, S., & Shin, K. (2001). Anti-inflammatory principles from cactus. *Fitoterapia*, 72(3), 288–290. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00287-2](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00287-2)

Ramírez-Ramos, M., García-Mateos, M., Corrales-García, J., Ybarra-Moncada, C., & Castillo-González, M. (2015). Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 349–357. <https://doi.org/10.35196/rfm.2015.4.349>

Reyes-Agüero, J, Aguirre-Rivera, J, Hernández, H. (2005). Systematyc notes and a Detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE) *Agrociencia*,. 39(4): 395-408. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239404.pdf>

Sakihama, Y, Maeda, M, Hashimoto, M, Tahara, S, y Hashidoko, Y. (2012). Beetroot betalain inhibits peroxynitrite - mediated tyrosine nitration and DNA strand cleavage. *Free Radical Research*. 46(1): 93–99. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/10715762.2011.641157>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2025) Cactáceas, símbolo de resiliencia y riqueza mexicana. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cactaceas-simbolo-de-resiliencia-y-riqueza-mexicana>

Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (2024). México, cuarto lugar en el consumo de alimentos ultraprocesados. Gobierno de México. <https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/mexico-cuarto-lugar-mundial-en-el-consumo-de-alimentos-ultra-procesados>

Shunan, D., Yu, M., Guan, H., & Zhou, Y. (2021). Neuroprotective effect of betalain against $AlCl_3$ -induced Alzheimer's disease in Sprague Dawley rats via putative modulation of oxidative stress and nuclear

factor kappa B (NF- κ B) signaling pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 137, 111369. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111369>

Sumaya-Martínez, M. T., Suárez Diéguez, T., Cruz Cansino, N. d. S., Alanís García, E., & Sampedro, J. G. (2010). Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 27, 435-441. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.93913>

Terán, Y, Navas, D, Petit, D, Garrido, E, D'Aubeterre. (2015). Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cosechados en Lara Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología*. [16(1):69-74. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2019/07/318_6534_A_Chavez_v44n6.pdf

Tesoriere, L., Butera, D., Pintaudi, A., Allegra, M., & Livrea, M. (2004). Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: A comparative study with vitamin C. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(2), 391–395. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.2.391>

Tesoriere, L., Allegra, M., Fazzari, M., & Livrea, M. A. (2004). Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit reduces oxidative stress in healthy humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(12), 742–748. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.07.003>


Verona-Ruiz, A, Urcia-Cerna, J, Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características físicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300439

Yong Y, Dykes G, Lee S, Choo W. (2018). Effect of refrigerated storage on betacyanin composition, antibacterial activity of red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and cytotoxicity evaluation of betacyanin rich extract on normal human cell lines. *Food Science and Technology*. 91: 491-497. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818301166>

Zaman, R., Khan, M. A., & Khan, M. I. (2025). Assessment of *Opuntia ficus-indica* supplementation on oxidative stress and antioxidant capacity in healthy adults. *Scientific Reports*, 15, 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87680-7>

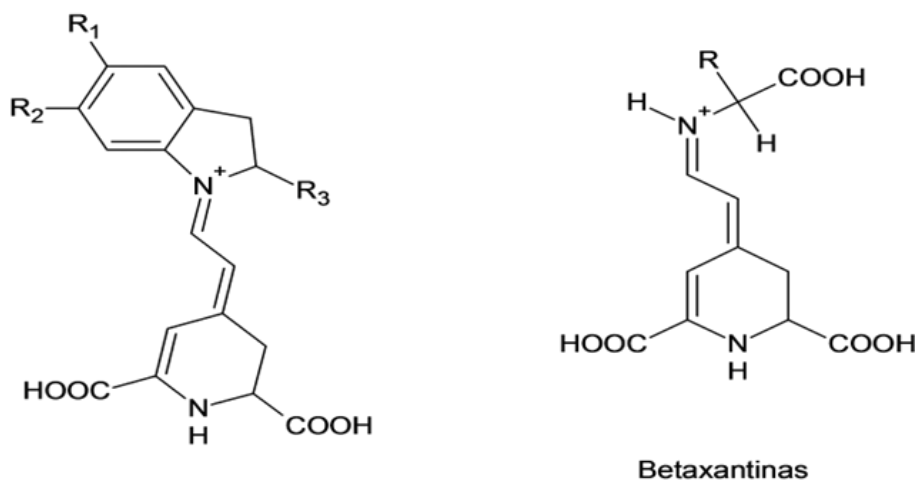
Zenteno-Ramírez, G, Juárez-Flores, I, Aguirre-Rivera, J, Ortiz-Pérez, M, Deogracias, C, Zamora-Pedraza, J, Rendón-Huerta, A. (2014). Evaluación de azúcares y fibra soluble en el jugo de variantes de tunas (*Opuntia* spp.) *Agrociencias*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n2/v49n2a3.pdf>.

Zou, D., Brewer, M., García, F., Feugang, J., Wang, J., Zang, R., Liu, H., & Zou, C. (2005). Cactus pear: A natural product in cancer chemoprevention. *Nutrition Journal*, 4, 25. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-4-25>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .

ANEXOS

Figura 1



Estructura química de la betacianina. Estructura de la betaxantina

Fuente: El-Mostafa et al., 2014; Gengatharan et al. ,2015; Flores et al., 2019

Figura 2

Tuna verde (Opuntia ficus indica).



Fuente: elaboración propia.

Figura 3

Tuna púrpura (O. megacantha)



Fuente: elaboración propia.

Figura 4

ApéndiceXoconoxtle (Opuntia xoconostle)



Fuente: elaboración propia.

Figura 5

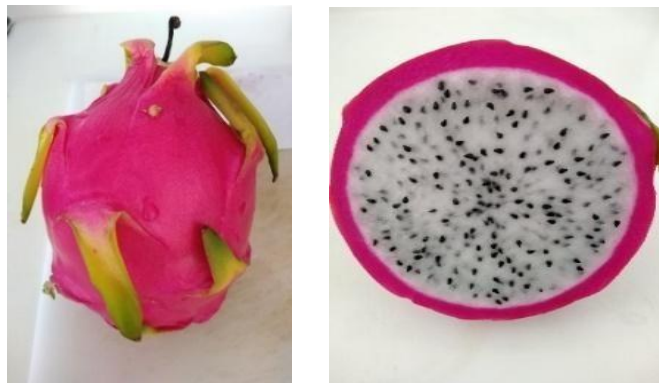
Pitaya roja (Stenocereus griseus)



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

Pitaya blanca (Hylocereus undatus)



Fuente: elaboración propia.