Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica
ISSN en línea 3005-2599, Julio - Septiembre 2026,
Volumen 6, Número 3.

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a.v6i3

POTENCIAL ANTITUMORAL DE LA PITAHAYA (HYLOCEREUS SPP Y STENOCEREUS SPP): REVISIÓN DE LA LITERATURA, EVIDENCIA EXPERIMENTAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

ANTITUMOR POTENTIAL OF PITAHAYA (HYLOCEREUS SPP AND STENOCEREUS SPP): LITERATURE REVIEW, EXPERIMENTAL EVIDENCE, AND FUTURE PERSPECTIVES

Juan Maldonado Montalvo
Tecnológico Nacional de México, México

Miguel Angel Casiano Ventura
Tecnológico Nacional de México, México

Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña
Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México

E. COUTURE
Educación y Ciencias Sociales

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica

Estudios y Perspectivas
Revista Científica Multidisciplinaria

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a..v6i3.2130

Potencial Antitumoral de la Pitahaya (*Hylocereus* Spp y *Stenocereus* Spp): Revisión de la Literatura, Evidencia Experimental y Perspectivas Futuras

Juan Maldonado Montalvo
juan.maldonado@itsatlixco.com.mx
https://orcid.org/0000-0002-2322-9620
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, México

Miguel Angel Casiano Ventura
venturam@colpos.mx
https://orcid.org/0000-0003-2742-640X
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, México

Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña
guadalupe.barcena@itsatlixco.edu.mx
https://orcid.org/0009-0000-0244-8421
Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar el potencial antitumoral de la pitahaya mediante la integración de evidencia documental y resultados experimentales sobre sus compuestos bioactivos y actividad celular. Se realizó una revisión narrativa de publicaciones relacionadas con especies de los géneros *Hylocereus*, *Selenicereus* y *Stenocereus*, complementada con la caracterización de extractos de pulpa y cáscara y ensayos en líneas celulares de adenocarcinoma de colon. La cáscara presentó una mayor concentración de compuestos fenólicos que la pulpa. En células HT-29 expuestas durante 48 horas, las IC_{50} reportadas fueron de 64,2 µg/mL para el extracto de cáscara y de 168,4 µg/mL para el de pulpa. El tratamiento con betalaínas purificadas incrementó la proporción de células HCT-116 en apoptosis. La revisión identificó actividad antioxidante, posibles efectos antiinflamatorios y modificaciones de poblaciones bacterianas intestinales en modelos específicos. Los hallazgos justifican continuar investigando la pitahaya, especialmente su cáscara, como fuente de compuestos bioactivos. La descripción incompleta de algunos procedimientos limita la reproducibilidad y la evaluación independiente de los resultados. Esta evidencia preclínica no demuestra eficacia terapéutica en pacientes; se requieren estudios de selectividad, biodisponibilidad, seguridad y eficacia antes de plantear aplicaciones clínicas frente al cáncer de colon

***Palabras clave*:** actividad citotóxica; betalaínas; cáncer de colon; pitahaya; polifenoles

Antitumor Potential of Pitahaya (*Hylocereus* spp and *Stenocereus* spp): Literature Review, Experimental Evidence, and Future Perspectives

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the antitumor potential of pitahaya by integrating documentary evidence and experimental findings on its bioactive compounds and cellular activity. A narrative review of publications concerning species of the genera *Hylocereus*, *Selenicereus*, and *Stenocereus* was conducted, complemented by the characterization of pulp and peel extracts and assays in colon adenocarcinoma cell lines. The peel contained a higher concentration of phenolic compounds than the pulp. In HT-29 cells exposed for 48 hours, the reported IC_{50} values were 64.2 µg/mL for the peel extract and 168.4 µg/mL for the pulp extract. Treatment with purified betalains increased the proportion of apoptotic HCT-116 cells. The review identified antioxidant activity, potential anti-inflammatory effects, and changes in intestinal bacterial populations in specific models. These findings warrant further investigation of pitahaya, particularly its peel, as a source of bioactive compounds. Incomplete reporting of some procedures limits reproducibility and independent evaluation of the results. This preclinical evidence does not demonstrate therapeutic efficacy in patients; studies on selectivity, bioavailability, safety, and efficacy are required before clinical applications for colon cancer can be considered

***Keywords*:** cytotoxic activity; betalains; colon cancer; pitahaya; polyphenols

Recibido: 25- junio-2026 / Aprobado: 30-septiembre-2026

INTRODUCCIÓN

El cáncer de colon se encuentra entre las neoplasias de mayor incidencia y mortalidad a escala mundial. Las estimaciones de GLOBOCAN 2022 registraron más de 1,1 millones de casos nuevos y aproximadamente 538.000 muertes por esta enfermedad, situación que mantiene vigente la búsqueda de estrategias preventivas y alternativas complementarias que puedan estudiarse junto con los tratamientos convencionales (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2024).

La pitahaya es un fruto de cactáceas identificado tradicionalmente con especies de los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus*. Este trabajo también considera frutos de *Stenocereus*, conocidos como pitayas. En la pulpa y la cáscara de *Hylocereus polyrhizus* se han cuantificado polifenoles y estudiado fracciones de betacianinas con actividad antioxidante mediante los ensayos FRAP y DPPH. Estos resultados muestran el interés del fruto como fuente de compuestos bioactivos, aunque proceden de ensayos de laboratorio y no demuestran eficacia terapéutica frente al cáncer (Tenore et al., 2012).

Las investigaciones sobre la pitahaya también han examinado respuestas celulares relacionadas con la proliferación y la apoptosis. Guimarães et al. (2017) observaron una disminución de la proliferación, inducción de apoptosis y cambios en la expresión génica en células MCF-7 tratadas con extractos de pitahaya. Estos hallazgos corresponden a un modelo celular de cáncer de mama y no deben extrapolarse directamente al cáncer de colon, pero aportan antecedentes para estudiar la actividad de los extractos en otros modelos tumorales.

También se investiga la actividad prebiótica de los oligosacáridos de la pulpa de pitahaya. En ensayos *in vitro*, estos componentes mostraron resistencia parcial a la digestión simulada y estimularon el crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias (Wichienchot et al., 2010). Esta evidencia justifica explorar su posible contribución al entorno intestinal, sin que permita afirmar que previenen el cáncer de colon o producen beneficios clínicos en pacientes.

La cáscara merece particular atención porque constituye un subproducto del procesamiento del fruto que contiene compuestos de interés para aplicaciones alimentarias y nutracéuticas (Tenore et al., 2012). Su aprovechamiento podría contribuir a reducir los residuos agroindustriales y ampliar el uso

de las fracciones del fruto habitualmente descartadas. Esta posibilidad orienta el interés del presente estudio por comparar la composición y la actividad biológica de extractos de pulpa y cáscara.

El objetivo del estudio fue analizar el potencial antitumoral de la pitahaya frente al cáncer de colon mediante la integración de evidencia documental y resultados experimentales. Se caracterizaron extractos de pulpa y cáscara y se evaluó su actividad citotóxica en células HT-29. La apoptosis se examinó en células HCT-116 tratadas con betalaínas purificadas. También se revisó la evidencia disponible sobre el efecto de los componentes del fruto en la microbiota intestinal. El trabajo se limita al ámbito documental y preclínico, por lo que no pretende establecer eficacia terapéutica ni formular recomendaciones para pacientes con cáncer.

METODOLOGÍA

El estudio integró una revisión narrativa de la literatura y una fase experimental de alcance exploratorio. La revisión examinó publicaciones relacionadas con la composición bioactiva de la pitahaya, su actividad antioxidante y citotóxica, y sus posibles aplicaciones. Las fuentes se seleccionaron por su pertinencia con el objetivo del estudio y se utilizaron para desarrollar el análisis documental y sustentar aspectos conceptuales y metodológicos.

El análisis documental se organizó en cuatro ejes: identificación de compuestos bioactivos mediante cromatografía líquida de alta resolución y espectrometría de masas; actividad antioxidante evaluada mediante ensayos DPPH y FRAP; citotoxicidad y apoptosis estudiadas mediante ensayos de viabilidad celular y citometría de flujo; y evidencia sobre modulación de la microbiota intestinal. Se consideraron investigaciones con líneas celulares de cáncer de colon, entre ellas HT-29, Caco-2, HCT-116 y SW-620, además de estudios complementarios en modelos celulares de otros tejidos.

La fase experimental se desarrolló en el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. Se recolectaron frutos cultivados en la región de Atlixco, Puebla, y se trasladaron al laboratorio de la División de Ingeniería Bioquímica, donde se separaron manualmente la pulpa y la cáscara. La comparación del contenido de compuestos fenólicos comprendió muestras de *Hylocereus undatus*, *Hylocereus costaricensis* y *Stenocereus griseus*.

La cáscara se sometió a liofilización a −50 °C y 0,05 mbar. La extracción de metabolitos secundarios se realizó mediante ultrasonido a 35 kHz durante 30 minutos, empleando etanol al 70 % (v/v) como disolvente. Los extractos de pulpa y cáscara se caracterizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a un detector de arreglo de diodos y espectrometría de masas (HPLC-DAD-ESI-MS). El contenido de compuestos fenólicos se reportó en miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra en base húmeda.

Los resultados de actividad citotóxica presentados corresponden a células de adenocarcinoma de colon humano HT-29 expuestas durante 48 horas a concentraciones de extractos de pulpa y cáscara comprendidas entre 0 y 400 µg/mL. La viabilidad celular se determinó mediante el ensayo colorimétrico MTT y se expresó como porcentaje respecto del control sin tratamiento. El fundamento de este ensayo para evaluar la supervivencia y proliferación celular fue descrito por Mosmann (1983). La apoptosis se examinó en células HCT-116 tratadas durante 48 horas con betalaínas purificadas a una concentración de 100 µg/mL. Se utilizó citometría de flujo con doble tinción de anexina V conjugada con isotiocianato de fluoresceína y yoduro de propidio (anexina V-FITC/IP). Esta técnica combina la detección de fosfatidilserina expuesta en la superficie celular con la evaluación de la integridad de la membrana (Vermes et al., 1995). Las poblaciones celulares se clasificaron como viables, en apoptosis temprana, en apoptosis tardía y necróticas.

El análisis molecular reportado incluyó Western blot para examinar p53, Bax, procaspasa-9 y caspasa-9, citocromo c y COX-2. Sus resultados se interpretaron cualitativamente, ya que la información disponible no detalla los procedimientos de normalización ni la cuantificación individual de las señales. Como actividad complementaria, se elaboraron prototipos de jalea a partir de la cáscara de pitahaya para explorar su incorporación en una matriz alimentaria y observar preliminarmente la conservación del color (Figura 1). Los prototipos no formaron parte de los ensayos de citotoxicidad ni del análisis estadístico principal.

Los análisis se reportaron con tres réplicas independientes y los datos se expresaron como media y desviación estándar. Para la comparación del contenido de compuestos fenólicos entre tejidos y

especies se informó un análisis de varianza de dos factores, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con un nivel de significación de $p < 0,05$. Las IC_{50} de los extractos se compararon de manera descriptiva mediante la relación entre los valores reportados, sin atribuir significación estadística a esa relación.

Para las curvas de concentración-respuesta se reportó el uso del modelo sigmoidal de Hill de cuatro parámetros:

$$V(C) = V_{min} + \frac{V_{max} - V_{min}}{1 + \left(\frac{C}{IC_{50}}\right)^{h}}$$

Donde V(C) representa la viabilidad celular relativa, expresada como porcentaje; Vmín y Vmáx, los límites inferior y superior de la respuesta; C, la concentración del extracto en µg/mL; y h, la pendiente de Hill. El parámetro denominado IC_{50} en la ecuación corresponde a la concentración situada en el punto medio entre ambos límites. Su equivalencia con una viabilidad absoluta del 50 % depende de los valores de Vmín y Vmáx.

El carácter exploratorio de los ensayos y el uso de modelos celulares limitan la extrapolación de los resultados a organismos vivos. Los hallazgos requieren estudios adicionales de selectividad, seguridad y biodisponibilidad antes de considerar aplicaciones clínicas.

Figura 1. Muestras procesadas en el laboratorio de la División de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco: extracto liofilizado de cáscara de pitahaya (izquierda) y jalea elaborada a partir del subproducto (derecha).



Fuente: archivo fotográfico del proyecto Pitahaya-Cáncer del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuestos bioactivos y mecanismos potenciales de acción antitumoral

La evidencia documental revisada relaciona el interés biológico de la pitahaya con su contenido de compuestos fenólicos y betacianinas. Tenore et al. (2012) estudiaron fracciones de pulpa y cáscara de Hylocereus polyrhizus y encontraron actividad antioxidante mediante los ensayos FRAP y DPPH. Estos resultados respaldan su capacidad antioxidante bajo las condiciones evaluadas, pero no demuestran por sí solos actividad antitumoral ni permiten atribuirla a un mecanismo molecular específico.

Las semillas también contienen compuestos fenólicos que pueden contribuir a la actividad antioxidante del fruto. Adnan et al. (2011) identificaron catequina como el flavonoide predominante en semillas de H. polyrhizus y observaron actividad antioxidante en extractos obtenidos con distintos disolventes. La respuesta dependió del procedimiento de extracción y del ensayo empleado, por lo que la composición y la actividad de una fracción no deben extrapolarse automáticamente a las demás.

La evidencia sobre actividad antiproliferativa debe distinguirse de la caracterización antioxidante. Guimarães et al. (2017) observaron que un extracto de pulpa de H. polyrhizus disminuyó la proliferación e indujo apoptosis en células MCF-7, además de modificar la distribución del ciclo celular y la expresión de determinados genes. Estos hallazgos corresponden a un modelo de cáncer de mama y aportan antecedentes para estudiar los extractos en otras líneas tumorales, sin demostrar que produzcan la misma respuesta en cáncer de colon.

Como evidencia complementaria sobre uno de los pigmentos presentes en la pitahaya, Saber et al. (2023) evaluaron betanina y extracto hidroalcohólico de remolacha en células HT-29 y Caco-2. Los tratamientos redujeron la proliferación e indujeron apoptosis, con aumento de la expresión de genes proapoptóticos, entre ellos el que codifica la caspasa-9, y disminución de la expresión del gen BCL2. El estudio respalda esos efectos en los modelos utilizados, pero no constituye una evaluación de extractos de pitahaya. Tampoco permite atribuir el mismo comportamiento a todas las betacianinas.

Los estudios realizados con otras especies vegetales aportan antecedentes sobre la actividad de metabolitos naturales. Couder-García et al. (2019) evaluaron peniocerol aislado de Myrtillocactus geometrizans y encontraron actividad citotóxica en las líneas de cáncer de colon HCT-116, HCT-15 y SW-620. También observaron inducción de apoptosis en HCT-116 y disminución del crecimiento tumoral en un modelo de xenoinjerto en ratones. Estos resultados corresponden al peniocerol y no deben atribuirse a los extractos de pitahaya.

Quesada et al. (2020) caracterizaron un extracto de Bactris guineensis, cuyos principales compuestos fenólicos fueron proantocianidinas. El estudio informó actividad antioxidante, citotoxicidad frente a células de carcinoma colorrectal y hepático, y apoptosis temprana. Estos hallazgos aportan evidencia complementaria sobre la actividad de extractos polifenólicos de otras especies vegetales.

En conjunto, los estudios examinados muestran respuestas antioxidantes, antiproliferativas y proapoptóticas que dependen de la especie, la fracción analizada, el procedimiento de extracción y el modelo biológico. La actividad observada con un compuesto aislado o con otra especie vegetal sirve como antecedente, pero no demuestra que los extractos de pitahaya actúen mediante los mismos mecanismos.

Tabla 1. Compuestos y extractos estudiados, actividad documentada y modelos utilizados.

Compuesto o extracto	**Actividad documentada**	**Modelo o ensayo**	**Referencia**
Fracciones de polifenoles y betacianinas de pulpa y cáscara de *H. polyrhizus*	Actividad antioxidante	Ensayos FRAP y DPPH	Tenore et al. (2012)
Extractos de semillas de *H. polyrhizus*	Actividad antioxidante; identificación de catequina como flavonoide predominante	Ensayos de captación de radicales y oxidación lipídica	Adnan et al. (2011)

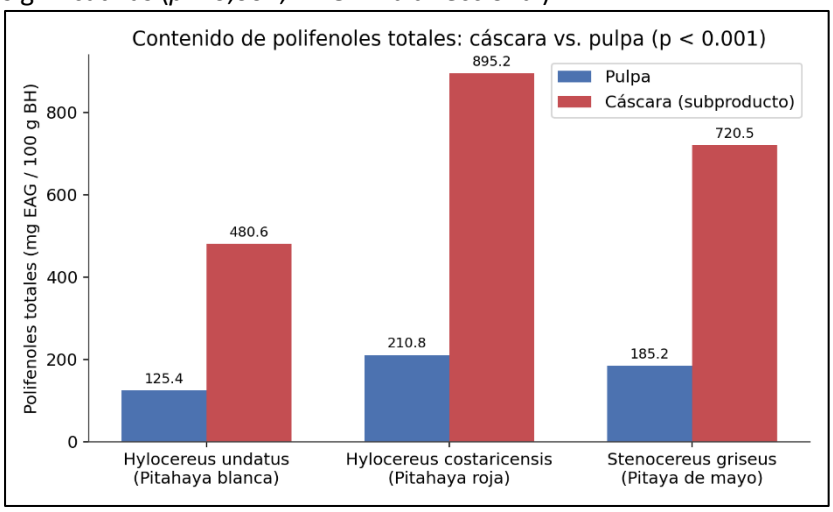
Compuesto o extracto	Actividad documentada	Modelo o ensayo	Referencia
Extracto de pulpa de *H. polyrhizus*	Disminución de la proliferación, inducción de apoptosis y cambios en el ciclo celular	MCF-7	Guimarães et al. (2017)
Betanina y extracto hidroalcohólico de remolacha	Inducción de apoptosis, aumento de expresión de genes proapoptóticos y disminución de Bcl-2	HT-29 y Caco-2	Saber et al. (2023)
Peniocerol de *M. geometrizans*	Citotoxicidad en líneas de colon; apoptosis en HCT-116 y reducción del crecimiento tumoral en ratones	HCT-116, HCT-15, SW-620 y xenoinjerto de HCT-116	Couder-García et al. (2019)
Extracto polifenólico de *B. guineensis*	Actividad antioxidante, citotoxicidad e inducción de apoptosis temprana	Líneas celulares de carcinoma colorrectal y hepático	Quesada et al. (2020)

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión documental.

Cuantificación de compuestos fenólicos por especie

Con el propósito de complementar la evidencia documental, se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales, expresado en miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra en base húmeda (mg EAG/100 g), en la pulpa y la cáscara de tres cactáceas: *Hylocereus undatus* —pitahaya blanca—, *Hylocereus costaricensis* —pitahaya roja— y *Stenocereus griseus* —pitaya de mayo—. El análisis de varianza de dos factores reportó diferencias estadísticamente significativas entre los tejidos examinados ($p < 0{,}001$). Las concentraciones de compuestos fenólicos fueron superiores en las cáscaras de las tres especies (Figura 2).

Figura 2. Contenido de compuestos fenólicos totales en la cáscara y la pulpa de tres cactáceas, expresado en mg EAG/100 g de base húmeda. Las diferencias entre los tejidos fueron estadísticamente significativas ($p < 0{,}001$; ANOVA bidireccional).



Fuente*: elaboración* propia a partir de los datos experimentales del proyecto Pitahaya-Cáncer del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

La cáscara de *H. costaricensis* presentó la mayor concentración de compuestos fenólicos, con 895,2 mg EAG/100 g, valor equivalente a 4,25 veces el registrado en la pulpa de la misma especie, de 210,8 mg EAG/100 g. Este patrón también se observó en *H. undatus*, cuya cáscara presentó 480,6 mg EAG/100 g frente a 125,4 mg EAG/100 g en la pulpa, y en *S. griseus*, con valores de 720,5 y 185,2 mg EAG/100 g, respectivamente. En las especies analizadas, las concentraciones determinadas en las cáscaras fueron entre 3,83 y 4,25 veces las obtenidas en las pulpas.

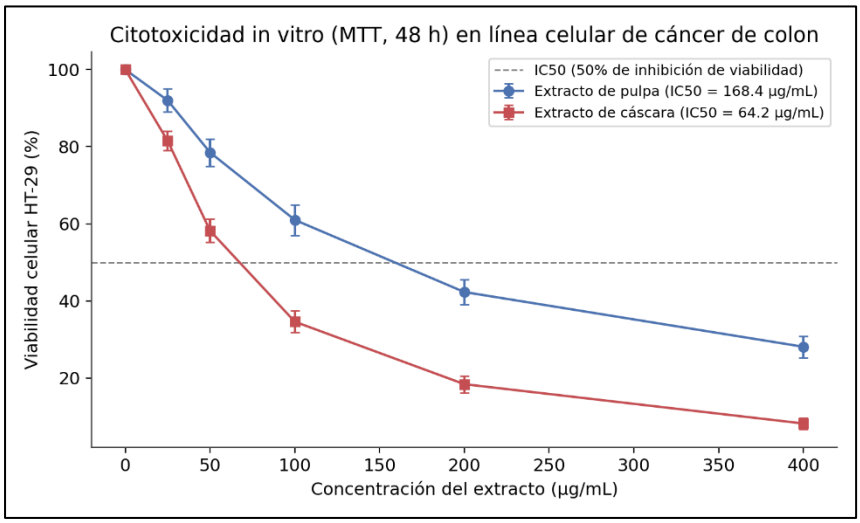
La caracterización cromatográfica permitió identificar quercetina-3-*O*-glucósido, kaempferol, ácido gálico y rutina entre los compuestos predominantes de los extractos. La mayor concentración de compuestos fenólicos encontrada en la cáscara respalda el interés por estudiar su aprovechamiento como subproducto. Su posible aplicación alimentaria o nutracéutica requiere evaluar la inocuidad, estabilidad, biodisponibilidad y conservación de los compuestos durante el procesamiento.

Citotoxicidad in vitro

Para evaluar la actividad citotóxica, las células de adenocarcinoma de colon humano HT-29 fueron expuestas durante 48 horas a concentraciones crecientes de los extractos de pulpa y cáscara, comprendidas entre 0 y 400 µg/mL. La viabilidad celular se determinó mediante el ensayo colorimétrico MTT.

Los resultados mostraron una disminución dependiente de la concentración con ambos extractos, aunque esta respuesta fue más pronunciada en las células tratadas con el extracto de cáscara (Figura 3).

Figura 3. Curvas de concentración-respuesta de la viabilidad de células HT-29 después de 48 horas de exposición a los extractos de pulpa y cáscara de pitahaya. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar de tres réplicas independientes.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos experimentales del proyecto Pitahaya-Cáncer del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Los valores de IC_{50} reportados fueron de 64,2 µg/mL para el extracto de cáscara y de 168,4 µg/mL para el de pulpa. La relación entre ambos valores fue de aproximadamente 2,62, lo que indica que el extracto de cáscara requirió una menor concentración para alcanzar la respuesta inhibitoria reportada. Esta comparación es descriptiva y no establece por sí sola significación estadística (Tabla 2).

La mayor actividad observada en el extracto de cáscara coincide con su concentración superior de compuestos fenólicos. Sin embargo, esta coincidencia no permite establecer que dichos compuestos sean responsables de la respuesta celular ni demostrar una acción sinérgica. La identificación de los metabolitos involucrados requiere evaluar fracciones o compuestos aislados y compararlos con el extracto completo.

Tabla 2. Resumen de la citotoxicidad *in vitro* de los extractos de pulpa y cáscara de pitahaya en células HT-29 después de 48 horas de exposición.

Extracto	**IC_{50} (µg/mL)**	**Relación de IC_{50} respecto de la pulpa**
Pulpa	168,4	1,00

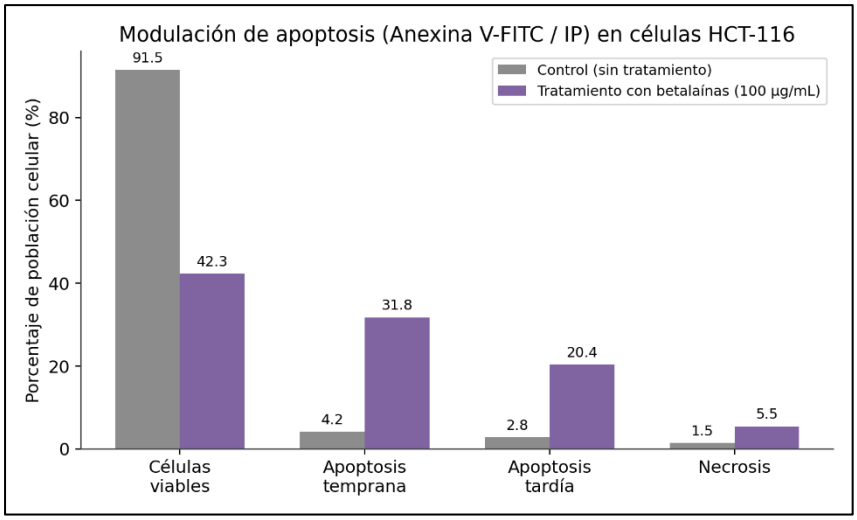
Extracto	IC_{50} (µg/mL)	Relación de IC_{50} respecto de la pulpa
Cáscara	64,2	2,62

Fuente: elaboración propia a partir de los datos experimentales del proyecto Pitahaya-Cáncer del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Modulación de la apoptosis

Para evaluar la respuesta apoptótica, se analizó la exposición de fosfatidilserina mediante citometría de flujo con doble tinción de anexina V-FITC y yoduro de propidio. Las células HCT-116 fueron tratadas durante 48 horas con betalaínas purificadas a una concentración de 100 µg/mL y comparadas con el grupo control (Figura 4). Este ensayo complementó la evaluación de viabilidad realizada en HT-29, aunque los resultados corresponden a una línea celular y un tratamiento diferentes.

Figura 4. Distribución de las poblaciones de células HCT-116 determinada mediante citometría de flujo. Comparación entre el grupo control y el tratamiento con betalaínas purificadas a una concentración de 100 µg/mL durante 48 horas.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos experimentales del proyecto Pitahaya-Cáncer del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

En el grupo tratado, la proporción de células viables fue del 42,3 %, frente al 91,5 % del control. La apoptosis temprana pasó del 4,2 % al 31,8 % y la tardía, del 2,8 % al 20,4 %. La población clasificada como necrótica aumentó del 1,5 % al 5,5 %. En conjunto, las poblaciones en apoptosis representaron el 52,2 % de las células tratadas y el 7,0 % de las células del control. Esta distribución es compatible con una respuesta predominantemente apoptótica bajo las condiciones del ensayo.

El análisis mediante Western blot reportó un aumento de las señales correspondientes a p53 y Bax respecto del control, acompañado por el procesamiento de procaspasa-9 a su forma activa y la

presencia de citocromo c en el citosol. También se observó una reducción de la señal de COX-2. Estos cambios son compatibles con la participación de la vía apoptótica intrínseca o mitocondrial, aunque no establecen por sí solos una relación causal entre cada proteína y la respuesta observada. Los resultados describen el comportamiento del modelo celular empleado y no permiten atribuir eficacia terapéutica en organismos vivos ni en pacientes.

Capacidad antioxidante y protección orgánica

La literatura revisada documenta actividad antioxidante en fracciones de pulpa y cáscara de *Hylocereus polyrhizus* que contienen polifenoles y betacianinas. Tenore et al. (2012) encontraron capacidad reductora y de captación de radicales mediante los ensayos FRAP y DPPH. También se ha observado actividad antioxidante en extractos de semillas de esta especie, cuya respuesta varió según el disolvente y el ensayo utilizado (Adnan et al., 2011). Estos resultados deben interpretarse dentro de las condiciones experimentales de cada estudio y no equivalen, por sí solos, a una protección comprobada en organismos vivos.

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron concentraciones de compuestos fenólicos superiores en las cáscaras de las tres especies analizadas respecto de sus respectivas pulpas. Esta diferencia respalda el interés por estudiar la cáscara como fuente de antioxidantes naturales y como materia prima potencial para productos de valor agregado. Aun así, el contenido de compuestos fenólicos no constituye por sí mismo una demostración de actividad antioxidante ni de eficacia antitumoral, pues deben evaluarse su actividad biológica, estabilidad, biodisponibilidad, metabolismo y concentración efectiva en los tejidos.

En un modelo experimental de nefrotoxicidad inducida por cisplatino, Ramírez-Rodríguez et al. (2022) evaluaron un concentrado de jugo de pitaya de *Stenocereus huastecorum* en ratas Wistar macho. La administración del concentrado atenuó la alteración de la función renal y el daño estructural, redujo el estrés oxidativo y la apoptosis en el tejido renal, y se relacionó con cambios en la vía del óxido nítrico. Esta evidencia aporta un antecedente para investigar la protección frente a efectos adversos de tratamientos oncológicos, pero corresponde a una especie y una preparación específicas.

No demuestra que otras pitayas o pitahayas produzcan el mismo efecto ni que puedan emplearse como terapia nefroprotectora en pacientes.

Actividad antiinflamatoria y regulación metabólica

La actividad antiinflamatoria de la pitahaya se ha examinado mediante ensayos con extractos de distintas fracciones del fruto. Eldeen et al. (2020) evaluaron extractos de pulpa y cáscara de Hylocereus undatus, así como escualeno identificado en la pulpa, frente a enzimas relacionadas con procesos inflamatorios. La cáscara mostró actividad inhibitoria frente a la 5-lipoxigenasa, mientras que el escualeno presentó actividad frente a las enzimas evaluadas, incluida la COX-2. Estos resultados sugieren mecanismos potenciales de acción, aunque corresponden a ensayos in vitro y no demuestran eficacia antiinflamatoria en pacientes.

La relación entre inflamación y carcinogénesis colorrectal también cuenta con evidencia experimental. Popivanova et al. (2008) observaron que el bloqueo del factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α) redujo el número y el tamaño de los tumores en un modelo murino de cáncer de colon asociado con colitis. Este antecedente respalda el interés por estudiar mediadores inflamatorios en la progresión tumoral, pero no demuestra que los extractos de pitahaya produzcan el mismo efecto. Su posible actividad preventiva o coadyuvante debe evaluarse directamente en modelos oncológicos adecuados.

En el ámbito metabólico, Song et al. (2016) evaluaron jugo de H. undatus en ratones alimentados con una dieta rica en grasas. La administración del jugo atenuó la resistencia a la insulina y la esteatosis hepática, y redujo las concentraciones séricas de colesterol total, triglicéridos y colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad. Sin embargo, no disminuyó la ganancia de peso corporal. Estos resultados muestran que los efectos metabólicos pueden variar entre indicadores y no permiten atribuir la respuesta a un componente aislado del jugo. Tampoco demuestran que su consumo prevenga trastornos metabólicos o reduzca el riesgo de cáncer colorrectal en humanos.

Microbiota intestinal y salud del colon

Los oligosacáridos de la pitahaya han sido estudiados como sustratos para la fermentación intestinal. Pansai et al. (2020) evaluaron una preparación de oligosacáridos obtenidos de *Hylocereus undatus* en

un sistema de colon simulado y en ratas Wistar. En el sistema de fermentación observaron aumentos de bifidobacterias y lactobacilos, junto con una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta, especialmente butirato. En las ratas también encontraron modificaciones de las poblaciones bacterianas fecales. Estos resultados respaldan el interés por las propiedades prebióticas de la preparación estudiada.

Los resultados experimentales del presente trabajo mostraron una concentración de compuestos fenólicos superior en las cáscaras respecto de las pulpas. Esta diferencia justifica estudiar su aprovechamiento, aunque no demuestra por sí misma actividad prebiótica. Para determinar esa propiedad sería necesario evaluar la utilización de sus componentes por la microbiota y los metabolitos producidos durante la fermentación.

Los cambios bacterianos deben interpretarse dentro de las condiciones de cada investigación. Un aumento de determinados grupos no equivale automáticamente a una mejora clínica ni permite afirmar que se restableció la eubiosis. Además, los resultados obtenidos con oligosacáridos aislados no pueden atribuirse directamente al consumo del fruto entero o de su cáscara. La posible relación con la salud del colon requiere evaluar funciones microbianas y respuestas del organismo, además de la composición bacteriana.

El butirato constituye una vía de interés para estudiar la relación entre fermentación intestinal y proliferación celular. Donohoe et al. (2012) mostraron que su comportamiento depende del metabolismo de las células. En colonocitos no cancerosos puede utilizarse como fuente energética, mientras que en células tumorales con predominio de glucólisis aeróbica puede acumularse y actuar como inhibidor de histona desacetilasas, modificando la expresión génica e inhibiendo la proliferación. Este mecanismo aporta una explicación experimental de los efectos del butirato, pero no demuestra que los derivados de pitahaya alcancen las concentraciones necesarias para producir una respuesta antitumoral.

La intervención sobre el entorno intestinal durante el tratamiento oncológico también se ha estudiado mediante probióticos. Castro-Eguiluz et al. (2025) evaluaron una bebida láctea fermentada con

Lactobacillus casei Shirota en pacientes con cáncer cervicouterino sometidas a quimiorradioterapia. En ese ensayo piloto no encontraron diferencias entre los grupos en la frecuencia de diarrea ni en el desarrollo de proctopatía; observaron una tendencia hacia menores niveles de citocinas inflamatorias. Estos resultados no permiten atribuir una reducción comprobada de la diarrea a la intervención y tampoco pueden extrapolarse a la pitahaya, pues corresponden a otro producto, otra enfermedad y una población diferente.

La evidencia examinada justifica continuar investigando los oligosacáridos de pitahaya y sus productos de fermentación. Los estudios posteriores deberían integrar la cuantificación de ácidos grasos de cadena corta con la evaluación de marcadores inflamatorios, integridad intestinal y resultados tumorales. La modificación de poblaciones bacterianas constituye un hallazgo de interés, pero no una demostración de prevención o tratamiento del cáncer de colon.

Aplicaciones tecnológicas y aprovechamiento agroindustrial

La concentración de compuestos fenólicos encontrada en la cáscara respalda el interés por estudiar su aprovechamiento como materia prima para ingredientes alimentarios y extractos. Su aplicación tecnológica también depende de otras características del tejido. De Mello et al. (2014) observaron que la cáscara de Hylocereus undatus contiene fibra insoluble y presenta un comportamiento reológico compatible con su utilización como agente de textura. Estos resultados aportan antecedentes para aprovechar el subproducto en formulaciones alimentarias, sin atribuirles propiedades terapéuticas.

Otra posibilidad corresponde a la recuperación de pigmentos naturales. De Mello et al. (2015) evaluaron las betalaínas de la cáscara de H. undatus y encontraron que su estabilidad dependía del pH y del tiempo de exposición al calor. Bajo las condiciones del estudio, los pigmentos conservaron estabilidad en un intervalo de pH de 3,2 a 7,0 y resistieron el calentamiento a 100 °C durante un máximo de diez minutos entre pH 3,7 y 5,5. Estos hallazgos justifican investigar su aplicación como colorantes, aunque la estabilidad debe comprobarse en cada formulación y durante su almacenamiento.

Como parte del aprovechamiento del subproducto, en el presente proyecto se elaboraron prototipos de jalea de cáscara de pitahaya. Esta actividad permitió explorar la incorporación de la fracción normalmente descartada en una matriz alimentaria y observar de manera preliminar la conservación del color. Los prototipos no fueron utilizados en los ensayos de citotoxicidad y su elaboración no permite atribuirles propiedades preventivas o terapéuticas contra el cáncer.

El desarrollo comercial de jaleas u otros productos derivados requiere estudios específicos de formulación, estabilidad, inocuidad, composición nutricional y aceptación sensorial. También debe evaluarse si el procesamiento conserva los compuestos bioactivos y las propiedades tecnológicas de interés. La liofilización utilizada en este proyecto constituye una alternativa de procesamiento cuya viabilidad deberá examinarse mediante la evaluación del rendimiento, los costos y la conservación del producto.

El aprovechamiento de la cáscara puede ampliar el uso del fruto y reducir la fracción descartada durante su procesamiento. Esta posibilidad agroindustrial debe distinguirse de una aplicación clínica: la presencia de compuestos bioactivos y la aceptación de un producto alimentario no demuestran eficacia frente al estreñimiento ni prevención del cáncer de colon.

Perspectivas futuras y limitaciones

Los resultados documentales y experimentales muestran que la cáscara de pitahaya constituye una fracción de interés para investigaciones posteriores. En las tres especies analizadas, sus concentraciones de compuestos fenólicos fueron entre 3,83 y 4,25 veces las obtenidas en la pulpa. En el ensayo con células HT-29, el extracto de cáscara presentó una IC_{50} reportada inferior a la del extracto de pulpa. Estos hallazgos respaldan su posible aprovechamiento como fuente de compuestos bioactivos, que podría contribuir a reducir los residuos generados durante el procesamiento del fruto. Antes de plantear aplicaciones alimentarias o nutracéuticas, deberán evaluarse su inocuidad, composición, estabilidad y variabilidad entre cultivos y especies.

Otra línea de investigación corresponde a la optimización de los procesos de extracción y conservación. Herbach et al. (2006) observaron diferencias en la estabilidad térmica de betanina,

filocactina e hilocerenina aisladas de Hylocereus polyrhizus. También encontraron que la conservación del color no siempre reflejaba la conservación del pigmento original, debido a la formación de productos de degradación coloreados. Por ello, la evaluación de los extractos deberá combinar mediciones de color con análisis químicos que permitan comprobar la integridad de los compuestos. La selección de tecnologías de procesamiento deberá considerar el rendimiento, el costo, la reproducibilidad y la estabilidad del producto obtenido.

La bioaccesibilidad y la biodisponibilidad representan aspectos que deben evaluarse para trasladar los resultados in vitro a posibles aplicaciones clínicas. Choo et al. (2019) estudiaron betacianinas de jugo y bebida fermentada de pitahaya roja mediante digestión simulada y observaron pérdidas mayores durante la fase intestinal que durante la gástrica. Estos resultados muestran que la cantidad presente en un producto antes de su consumo no equivale necesariamente a la cantidad disponible después de la digestión. El estudio no midió absorción ni distribución en seres humanos, por lo que esos procesos requieren evaluaciones adicionales. La encapsulación constituye una alternativa que podría investigarse para mejorar la conservación y liberación de los compuestos, sin asumir que garantiza una mayor eficacia clínica.

Los resultados de citotoxicidad y apoptosis se obtuvieron bajo condiciones controladas, con tratamientos y líneas celulares diferentes: extractos de pulpa y cáscara en HT-29 y betalaínas purificadas en HCT-116. Por esta razón, ambos ensayos aportan información complementaria, pero no permiten establecer que la reducción de viabilidad observada en HT-29 se deba al mecanismo apoptótico identificado en HCT-116. El carácter exploratorio del estudio también limita la extrapolación a organismos vivos y la determinación de dosis seguras, distribución tisular e interacciones con medicamentos. Será necesario comparar la respuesta de las células tumorales con la de células no tumorales para evaluar la selectividad de los tratamientos.

La revisión reunió estudios con diferencias en las especies analizadas, los métodos de extracción, las concentraciones empleadas y los modelos biológicos. Esta heterogeneidad limita la comparación directa de los hallazgos.

La comparación entre las IC_{50} reportadas en el presente trabajo es descriptiva y no establece significación estadística entre los extractos. A su vez, la evidencia sobre microbiota examinada no permite determinar que los cambios en determinadas poblaciones bacterianas produzcan una reducción del riesgo de cáncer colorrectal en humanos.

Las investigaciones futuras deberán incluir modelos animales con grupos de comparación adecuados, evaluación toxicológica, medición de metabolitos y análisis histopatológico. También será necesario estudiar extractos estandarizados para identificar qué compuestos participan en la actividad observada y determinar si actúan de manera individual o conjunta. Los estudios sobre microbiota deberían integrar la cuantificación de ácidos grasos de cadena corta y marcadores inflamatorios con el análisis taxonómico y la evaluación de resultados tumorales.

La eventual evaluación de pitahaya encapsulada o de productos derivados en pacientes con cáncer colorrectal deberá desarrollarse mediante un protocolo clínico aprobado por un comité de ética, con consentimiento informado, registro del ensayo y seguimiento de seguridad. Hasta disponer de esa evidencia, la pitahaya puede considerarse un alimento con compuestos bioactivos y un candidato para investigación nutracéutica, pero no un tratamiento contra el cáncer ni un sustituto de la atención oncológica convencional.

CONCLUSIONES

La evidencia documental y experimental analizada respalda el interés por estudiar la pitahaya (Hylocereus spp.) y las pitayas de Stenocereus como fuentes de compuestos bioactivos. En los ensayos realizados, los extractos de pulpa y cáscara redujeron la viabilidad de células HT-29, mientras que las betalaínas purificadas incrementaron la proporción de células HCT-116 en apoptosis. Estos resultados corresponden a tratamientos y modelos celulares diferentes, por lo que constituyen hallazgos complementarios. La revisión identificó actividad antioxidante, posibles efectos antiinflamatorios y modificaciones de poblaciones bacterianas intestinales bajo condiciones experimentales específicas. Esta evidencia no demuestra eficacia terapéutica en pacientes con cáncer de colon.

La cáscara presentó concentraciones de compuestos fenólicos superiores a las de la pulpa en las tres especies analizadas. En el ensayo con células HT-29, su extracto alcanzó una IC_{50} reportada menor que la del extracto de pulpa. Esta comparación descriptiva justifica continuar estudiando la cáscara como subproducto para futuras formulaciones alimentarias o nutracéuticas. Su utilización requerirá evaluar composición, inocuidad, estabilidad, biodisponibilidad y estandarización, además de la selectividad de la actividad citotóxica frente a células no tumorales.

La posible aplicación de los compuestos de la pitahaya en oncología nutricional requiere validación en modelos animales y, posteriormente, en ensayos clínicos controlados. También deberá determinarse su interacción con los tratamientos convencionales y establecerse una dosificación segura. La encapsulación constituye una alternativa de investigación para la conservación y liberación de los compuestos, cuya utilidad deberá comprobarse experimentalmente. Hasta contar con esa evidencia, la pitahaya puede considerarse un alimento con compuestos bioactivos y un candidato para investigación, pero no un tratamiento contra el cáncer ni un sustituto de la atención oncológica.

Declaración de contribuciones de autoría

Juan Maldonado Montalvo: conceptualización, dirección del proyecto, revisión bibliográfica, análisis de datos, redacción del manuscrito y aprobación de la versión final.

Miguel Ángel Casiano Ventura: revisión bibliográfica sobre las características de la pitahaya, análisis de la investigación, aportes al plan de nutrición y revisión del manuscrito.

Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña: diseño de la metodología experimental y apoyo en la obtención y el procesamiento de la pulpa y la cáscara de pitahaya.

Financiamiento

El proyecto se desarrolló en el marco de las actividades de investigación y desarrollo del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco. Los autores declaran que no recibieron financiamiento externo específico para su realización.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses relacionados con la investigación ni con la publicación del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adnan, L., Osman, A., & Abdul Hamid, A. (2011). Antioxidant activity of different extracts of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed. *International Journal of Food Properties, 14*(6), 1171–1181. https://doi.org/10.1080/10942911003592787

Castro-Eguiluz, D., Luvián-Morales, J., Delgadillo González, M., Castro Hernández, C., Espejel Núñez, A., Rueda Escalona, A., Aguila Mancera, C., Serna Thomé, M. G., & Cetina-Pérez, L. del C. (2025). Effect of a fermented dairy beverage on radiation-related gastrointestinal toxicity and inflammation in locally advanced cervical cancer patients, a randomized placebo-controlled pilot study. *European Journal of Gynaecological Oncology, 46*(6), 55–68. https://doi.org/10.22514/ejgo.2025.080

Choo, K. Y., Ong, Y. Y., Lim, R. L. H., Tan, C. P., & Ho, C. W. (2019). Study on bioaccessibility of betacyanins from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Food Science and Biotechnology, 28*(4), 1163–1169. https://doi.org/10.1007/s10068-018-00550-z

Couder-García, B. C., Jacobo-Herrera, N. J., Zentella-Dehesa, A., Rocha-Zavaleta, L., Tavarez-Santamaría, Z., & Martínez-Vázquez, M. (2019). The phytosterol peniocerol inhibits cell proliferation and tumor growth in a colon cancer xenograft model. *Frontiers in Oncology, 9*, Article 1341. https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01341

De Mello, F. R., Bernardo, C., Dias, C. O., Gonzaga, L., Amante, E. R., Fett, R., & Candido, L. M. B. (2015). Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Ciência Rural, 45*(2), 323–328. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140548

De Mello, F. R., Bernardo, C., Dias, C. O., Züge, L. C. B., Silveira, J. L. M., Amante, E. R., & Candido, L. M. B. (2014). Evaluation of the chemical characteristics and rheological behavior of pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Fruits, 69*(5), 381–390. https://doi.org/10.1051/fruits/2014028

Donohoe, D. R., Collins, L. B., Wali, A., Bigler, R., Sun, W., & Bultman, S. J. (2012). The Warburg effect dictates the mechanism of butyrate-mediated histone acetylation and cell proliferation. *Molecular Cell, 48*(4), 612–626. https://doi.org/10.1016/j.molcel.2012.08.033

Eldeen, I. M. S., Foong, S. Y., Ismail, N., & Wong, K. C. (2020). Regulation of pro-inflammatory enzymes by the dragon fruits from *Hylocereus undatus* (Haworth) and squalene—its major volatile constituents. *Pharmacognosy Magazine, 16*(Suppl. 1), S81–S86. https://doi.org/10.4103/pm.pm_271_19

Guimarães, D. de A. B., De Castro, D. dos S. B., de Oliveira, F. L., Nogueira, E. M., da Silva, M. A. M., & Teodoro, A. J. (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, 2017*, Article 7865073. https://doi.org/10.1155/2017/7865073

Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Stability and color changes of thermally treated betanin, phyllocactin, and hylocerenin solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(2), 390–398. https://doi.org/10.1021/jf051854b

International Agency for Research on Cancer. (2024). *Global Cancer Observatory: Cancer today*. https://gco.iarc.who.int/today/

Mosmann, T. (1983). Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunological Methods, 65*(1–2), 55–63. https://doi.org/10.1016/0022-1759(83)90303-4

Pansai, N., Chakree, K., Yupanqui, C. T., Raungrut, P., Yanyiam, N., & Wichienchot, S. (2020). Gut microbiota modulation and immune boosting properties of prebiotic dragon fruit

oligosaccharides. *International Journal of Food Science & Technology, 55*(1), 55–64. https://doi.org/10.1111/ijfs.14230

Popivanova, B. K., Kitamura, K., Wu, Y., Kondo, T., Kagaya, T., Kaneko, S., Oshima, M., Fujii, C., & Mukaida, N. (2008). Blocking TNF-α in mice reduces colorectal carcinogenesis associated with chronic colitis. *The Journal of Clinical Investigation, 118*(2), 560–570. https://doi.org/10.1172/JCI32453

Quesada, M. S., Azofeifa, G., Campone, L., Pagano, I., Pérez, A. M., Cortés, C., Rastrelli, L., & Quesada, S. (2020). *Bactris guineensis* (Arecaceae) extract: Polyphenol characterization, antioxidant capacity and cytotoxicity against cancer cell lines. *Journal of Berry Research, 10*(3), 329–344. https://doi.org/10.3233/JBR190449

Ramírez-Rodríguez, Y., Ramírez, V., Robledo-Márquez, K., García-Rojas, N., Rojas-Morales, P., Arango, N., Pedraza-Chaverri, J., Medina-Campos, O. N., Pérez-Rojas, J. M., Flores-Ramírez, R., Winkler, R., Riego-Ruiz, L., & Trujillo, J. (2022). *Stenocereus huastecorum*-fruit juice concentrate protects against cisplatin-induced nephrotoxicity by nitric oxide pathway activity and antioxidant and antiapoptotic effects. *Food Research International, 160*, Article 111337. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111337

Saber, A., Abedimanesh, N., Somi, M.-H., Yari Khosroushahi, A., & Moradi, S. (2023). Anticancer properties of red beetroot hydro-alcoholic extract and its main constituent; betanin on colorectal cancer cell lines. *BMC Complementary Medicine and Therapies, 23*, Article 246. https://doi.org/10.1186/s12906-023-04077-7

Song, H., Zheng, Z., Wu, J., Lai, J., Chu, Q., & Zheng, X. (2016). White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. *PLOS ONE, 11*(2), Article e0149670. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149670

Tenore, G. C., Novellino, E., & Basile, A. (2012). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. *Journal of Functional Foods, 4*(1), 129–136. https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.003

Vermes, I., Haanen, C., Steffens-Nakken, H., & Reutelingsperger, C. (1995). A novel assay for apoptosis: Flow cytometric detection of phosphatidylserine expression on early apoptotic cells using fluorescein labelled Annexin V. *Journal of Immunological Methods, 184*(1), 39–51. https://doi.org/10.1016/0022-1759(95)00072-I

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry, 120*(3), 850–857. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.026