



Scientia Agropecuaria

Website: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo

REVIEW

Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos

Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds

Anggie Verona-Ruiz ; Juan Urcia-Cerna ; Luz María Paucar-Menacho 

Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial y Agrónoma, Av. Universitaria s/n, Urb. Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Peru.

Received August 22, 2019. Accepted August 3, 2020.

Resumen

La Pitahaya, conocida comúnmente como “fruta del dragón”, es un fruto originario de Centroamérica y la selva peruana cuyo fruto puede ser de diferentes colores como amarillo, púrpura, rojo y blanco. Este fruto presenta un alto valor nutricional, destacando el contenido de ácido ascórbico que se encuentra entre 4-25 mg/100g según su especie, teniendo el mayor valor la especie roja. La Pitahaya es un fruto con alta capacidad antioxidante, incluso superior al de otras cactáceas, como la tuna. Presenta compuestos bioactivos como las betalainas; que favorecen a los trastornos relacionados con el stress y posee efectos antiinflamatorio, además presenta betaninas y betacianinas; que son una fuente de colorante natural. Este trabajo de revisión tuvo como objetivo recopilar información sobre los estudios realizados a la Pitahaya relacionados con su cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos, por sus beneficios a la salud, tales como; evitar el envejecimiento prematuro, reducir los niveles de presión arterial y aliviar los problemas estomacales e intestinales, además el consumo de pitahaya es recomendado para contrarrestar enfermedades como la diabetes y cáncer al colon.

Palabras clave: Fibra dietética; antioxidantes; compuestos bioactivos; betacianinas; pectina; fruta del dragón.

Abstract

The Pitahaya, commonly known as "dragon fruit", is a fruit originating in Central America and the Peruvian jungle whose fruit can be of different colors such as yellow, purple, red and white. This fruit has a high nutritional value, highlighting the content of ascorbic acid that is between 4-25 mg / 100g depending on its species, with the highest value being the red species. Pitahaya is a fruit with a high antioxidant capacity, even superior to that of other cacti, such as prickly pear. It presents bioactive compounds such as betalains; that favor stress-related disorders and have anti-inflammatory effects, it also has betanins and betacyanins; they are a source of natural dye. This review work aimed to collect information on the studies carried out on the Pitahaya related to its cultivation, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds, for their health benefits, such as; avoid premature aging, reduce blood pressure levels and alleviate stomach and intestinal problems, and the consumption of pitahaya is recommended to counteract diseases such as diabetes and colon cancer.

Keywords: Dietary fiber; antioxidants; bioactive compounds; betacyanins; pectin; dragon fruit.

1. Introducción

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) comúnmente conocida como “Fruta del Dragón” es una

fruta exótica, cuya reputación se está extendiendo en todo el mundo. Su popularidad se debe a sus características fisicoquímicas,

Cite this article:

Verona-Ruiz, A.; Urcia-Cerna, J.; Paucar-Menacho, L.M. 2020. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 439-453.

* Corresponding author

E-mail: luzpaucar@uns.edu.pe (L.M. Paucar-Menacho).

© 2020 All rights reserved

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2020.03.16](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16)

nutricionales y sus compuestos bioactivos considerándosele como un alimento funcional, siendo ampliamente utilizado por sus excelentes características organolépticas y por su valor comercial agregado.

Se produce en regiones subtropicales y tropicales de América Latina, en estado silvestre se puede encontrar en ciertos países como México, Venezuela, Colombia, Brasil, Costa Rica y Ecuador, especialmente en la provincia de Morona Santiago cantón Palora. Además de los países antes nombrados se puede encontrar especies cultivadas de Pitahaya en Bolivia, Panamá, Curazao, Uruguay, Perú y Vietnam (Santarrosa, 2013).

La pitahaya recibe diversos nombres, según el país donde se produce, entre los cuales se destacan: pitajaya (Colombia), Belle de nuit (Francia), flor de cáliz (Venezuela, Puerto Rico), Dragon fruit, Belle of the night (Países anglohablantes), Distelbrin (Alemania), pitahaya o fruta de dragón (Perú), entre otros (Figuerola y Mollinedo, 2017).

Esta fruta es una rica fuente de colorante natural debido a su alto contenido de betacianinas, que le otorgan un intenso color en la piel y pulpa, los mismos que pueden ir desde tonos rojos a púrpura. A la pitahaya se le atribuyen propiedades nutraceuticas, ya que, se ha evidenciado que además del propósito para colorear, también proporciona beneficios nutricionales adicionales a los consumidores (Tze et al., 2012). Proporciona un sabor dulce y es abundante en nutrientes y compuestos bioactivos (Tran et al., 2015). En su composición nutricional se destaca el contenido de glucosa, betalainas, vitaminas, ácidos orgánicos, fibra soluble dietética, fitoalbúminas y minerales constituyentes. Ibrahim et al. (2017) se centró en las actividades farmacológicas y beneficios nutricionales de la fruta pitahaya.

El área de cultivo de pitahaya se está expandiendo rápidamente en muchos países debido a su potencial económico y beneficio nutricional (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012).

Sin embargo, en los últimos años, la especie ha sido cultivada en todo el mundo, y estudiada por muchos investigadores, aumentando considerablemente las publicaciones con fruta, razón por la cual es necesario recopilar esta información, organizarla y presentarla en un solo documento, con el fin de informar sobre las técnicas de cultivo, plagas (enfermedades de la planta), botánica, composición y bondades nutricionales de este popular fruto.

2. Origen e historia

La Pitahaya (*hylocereus spp.*) es originaria de México y cultivada en algunos países tropicales y subtropicales, como Taiwán, el sur de China, Israel, Tailandia, Australia, Estados Unidos de América y Malasia (Mizrahi y Nerd, 1999). La fruta se cultiva en gran medida en Vietnam, conocido localmente como “Thanh Long” o “el dragón verde”, una descripción asociada con el color verde de la fruta inmadura y la aparición de dragón de las escalas o los soportes de los frutos (Hoa et al., 2006).

Este fruto fue domesticado originalmente por las culturas pre-colombinas, quienes lo recolectaban silvestremente para su alimentación y medicina, pero aún era desconocido para muchos. Fue hasta mediados de la década de 1990 que ésta súper fruta tomó realce (Le Bellec y Vaillant, 2011). Actualmente la pitahaya, es ahora un fruto exótico muy conocido, atractivo por su forma y color, además por sus novedosas propiedades nutricionales que capta la atención del sector alimentario y comercial. Adicionalmente es una planta ornamental de floración nocturna y como cultivo de frutas (Kumar et al., 2018). Su nombre significa “fruta escamosa” y se refiere tanto a la planta de pitahaya como a su fruto (Zee et al., 2004).

La pitahaya es nativa de América Central y del Sur (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012) y se cultivan comercialmente en una amplia gama de países, incluidos México, Nicaragua, Guatemala, Estados Unidos, Taiwán, Vietnam, Filipinas e Israel. Por su parte, Medina (2015) menciona que la pitahaya amarilla es una epífita facultativa que evolucionó en el piedemonte andino amazónico en Perú, Ecuador y Colombia; lo que explica su comportamiento trepador y tallo segmentado con facilidad de emitir raíces secundarias. Manzanero et al. (2014) argumenta que la pitahaya es una especie de cultivo en dispersión en el trópico y subtropico que presenta alto polimorfismo. La especie ha sufrido selección humana por acción de colecta de frutos, situación que promovió la diversidad de frutos en forma, tamaño, color y calidad organoléptica, por lo tanto, hoy en día se conocen más de una especie de pitahaya.

3. Caracterización Botánica

La pitahaya pertenece a la familia Cactaceae y prevalece en dos géneros separados, “Hylocereus” y “Selenicereus”. Las variedades cultivadas comercialmente más comunes son del género *Hylocereus* que cubre alrededor de 16 especies diferentes (Bauer, 2003). Su taxonomía ha sido revisada y se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1Clasificación taxonómica de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.)

Nombre Científico	<i>Hylocereus</i> spp.
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae - cactácea
Tribu	Hylocereeae
Género	Hylocereus
	<i>H. extensus</i> (Salm-Dyck ex De Candolle)
	<i>H. setaceus</i> (Salm-Dyck ex De Candolle)
	<i>H. tricae</i> (Hunt)
	<i>H. minutiflorus</i> Br. and R.
	<i>H. megalanthus</i> (Schum. ex Vaupel)
	<i>H. stenopterus</i> (Weber) Br. and R.
	<i>H. calcaratus</i> (Weber) Br. and R.
	<i>H. undatus</i> (Haw.) Br. and R.
Especie	<i>H. escuintlensis</i> (Kimn.)
	<i>H. ocamponis</i> (Salm-Dyck) Br. and R.
	<i>H. guatemalensis</i> (Eich.) Br. and R.
	<i>H. purpusii</i>
	<i>H. costaricensis</i> (Weber) Br. and R.
	<i>H. trigonus</i> (Haw.) Safford
	<i>H. triangularis</i> (L.) Br. and R.
	<i>H. monacanthus</i>

Fuente: Esquivel y Araya. (2012); Bauer (2003).

La planta cactácea de la Pitahaya es perenne, epífita, trepadora con forma triangular, carnosa y de tallos verdes articulados. Sus tallos se componen de tres alas onduladas con márgenes festoneados córneos. Los segmentos del tallo pueden crecer hasta 6 m de largo. Cada canal de las alas festoneadas tiene de una a tres espinas cortas de 1,5 cm de espesor y algunas variedades son más espinosas que otras. Las raíces aéreas crecen desde la parte inferior de los tallos, proporcionando anclaje para que las plantas trepen paredes, rocas o árboles. La floración es nocturna, las flores tienen verde exterior y segmentos blancos interiores miden aproximadamente 30 cm de largo y 23 cm de ancho, su estigma es lobulado y de color verde. Tienen forma de campana y muy fragante; abren durante la madrugada noche y marchitez al amanecer (Zee et al., 2004) (Le Bellec y Vaillant, 2011). En su hábitat natural, las flores son polinizadas por murciélagos frutales o polillas de halcón (Valiente-Banuet et al., 2007).

La pitahaya se puede propagar a través de semillas o estructuras vegetativas. Las semillas son importantes para obtener información genética debido a su variabilidad; exhiben características deseables que pueden usarse para la selección del genotipo, como las asociadas con el rendimiento, la apariencia externa, el color de la pulpa y la adaptación a diferentes condiciones climáticas (Andrade et al., 2008; Silva et al., 2011). La forma característica de su fruto es elipsoidal (referencial a una baya), con un diámetro que se encuentra entre 10-12 cm, según su especie (Corzo-Rios et al., 2016).

Es considerada fruto exótico debido a la apariencia de su cáscara y sabor característico agri dulce de la pulpa. En la superficie de su cáscara se observan formaciones sobresalientes llamadas bractéolos que son como orejas o brácteas, de consistencias cerosa y carnosa que resaltan a la vista del consumidor (Ariffin et al., 2009). Su pulpa es jugosa y carnosa, compuesta por pequeñas semillas brillantes que se distribuyen uniformemente en grandes cantidades en toda la fruta y tienen un diámetro de aproximadamente 3 mm, un color negro oscuro y una forma obovada (Andrade et al., 2007).

Las especies más populares de pitahaya son:

H. undatus (Haw.) Britton & Rose tiene flores largas de hasta 29 cm, de color verde o amarillo verdoso y el interior segmentos de perianto blanco puro. Su fruto es de piel rojo-rosa y pulpa blanca (Santarrosa, 2013), cubierto por bractéolos rojos y verdes en las puntas. La longitud y circunferencia promedio del fruto son de 11,3 a 14,2 y 25,5 a 29,1 cm, respectivamente (Warusavitharana et al., 2017).

La especie *Hylocereus megalanthus* (Figura 1) tiene flores blancas muy largas de 32 – 38 cm de largo (Le Bellec y Vaillant, 2011), medida superior al de otras especies. Su fruto se caracteriza por tener una corteza color amarillo con espinas y pulpa blanca jugosa (Delgado, 2015).

Figura 1. Pitahaya amarilla (*hylocereus megalanthus*).

Hylocereus monacanthus posee flores de 25 a 30 cm de largo, con segmentos perianto rojizos externos, especialmente en las puntas y amarillentos lóbulos de estigma. Su fruto posee cascara roja con bractéolos sobresalientes verdes y pulpa roja brillante, con pequeñas semillas negras. Su fruto escarlata mide de 10 – 12 cm de diámetro (Le Bellec y Vaillant, 2011).

4. Plagas y enfermedades

El rendimiento del fruto de pitahaya se ve disminuido debido a microorganismos como hongos, virus y bacterias, así como a una

cierta infestación de insectos durante el período posterior a la cosecha. Lo mencionado puede generar una pérdida económica hasta del 44% (Valencia-Botín et al., 2013) y para evitar estas pérdidas económicas, por lo general, se realiza un control de enfermedades y plagas mediante aplicación de fungicidas sintéticos como tiabendazol o imazalil (Vilaplana et al., 2017).

Actualmente se reconocen 17 géneros y 25 especies de fitopatógenos que infectan a la pitahaya. La mayor parte de estas origina enfermedades fúngicas en flores, tallo y frutas. Además, existen 2 enfermedades bacterianas, que afectan a este fruto, una nematoda y una viral. El chancro (*Neoscytalidium dimidiatum*), la enfermedad viral (virus de cactus X), la antracnosis (especies de *Colletotrichum*), y pudrición de frutos y tallos (*B. cactivora*), son las enfermedades más comúnmente reportadas (Balendres y Bengoa, 2019).

Una de las enfermedades que causa mayores pérdidas a este fruto es la podredumbre negra específicamente en la pitahaya amarilla que es causada por *Alternaria alternata*. Este género incluye plantas saprófitas y patógenas que afectan a plantas ornamentales, y causan el deterioro posterior y previo a la cosecha de los frutos (Njombolwana et al., 2013). Además, las cepas patógenas de *A. alternata* causan enfermedades en diversos frutos además de la pitahaya como, podredumbre negra en los tomates, el punto negro en los cereales, podredumbre negra y gris de los cítricos y la podredumbre negra en las zanahorias, los girasoles, los pimientos, los melones (Logrieco, et al., 2009). En el caso de la pitahaya, este hongo infecta lesiones de la fruta madura en el periodo posterior a la cosecha, presentando lesiones deprimidas empapadas en agua con manchas polvorientas que van de color oliva a negras y que coexisten con una podredumbre blanda (Wojciechowska et al., 2014). En un estudio realizado para minimizar las pérdidas por podredumbre negra en pitahaya amarilla causada por *A. alternata*, se demostró que la inmersión del fruto en agua a 50 °C por 2 minutos resultó un tratamiento efectivo para reducirla, además este tratamiento no causó un efecto negativo en la calidad físico-química y sensorial del fruto (Vilaplana et al., 2017).

Asimismo, otra enfermedad postcosecha que sufre la pitahaya es la Antracnosis causada por *Colletotrichum* spp. esta enfermedad afecta a muchas frutas tropicales y subtropicales. El 50% de las pérdidas en verduras y frutas frescas en la postcosecha son ocasionadas por la antracnosis

(Siddiqui y Ali, 2014). Una vez que la fruta se infecta por esta enfermedad, esta disminuye significativamente su valor comercial y calidad que afecta el margen de ganancias y la generación de ingresos de los exportadores y productores. Comúnmente para contrarrestar esta enfermedad se usa fungicidas sintéticos como el propiconazol o el procloraz, pero el impacto negativo de los fungicidas en la salud humana y el medio ambiente ha orientado a los investigadores a buscar nuevos enfoques para controlar esta enfermedad (Boonyapipat, 2013). Por eso en una investigación realizada en frutos de pitahaya, se planteó una alternativa para reemplazar los fungicidas por recubrimientos comestibles de extractos crudos de rizoma de cúrcuma, dukung anak (hierba medicinal) y jengibre para controlar la antracnosis. Se utilizaron pitahayas de la variedad *Hylocereus costaricensis*, los resultados mostraron que estos extractos poseían una actividad antifúngica significativa contra antracnosis ya que inhibe la germinación conidial y crecimiento micelial además causan hinchazón, distorsión y contracción de las hifas fúngicas (Bordoh et al., 2020). Los extractos crudos de jengibre a 10,0 g L⁻¹ evidenciaron el mejor efecto in vitro al suprimir el crecimiento la germinación conidial (87.50%) y micelial (88.48%) que resulto equiparable al fungicida comercial (Mancozeb) a 2.0 g L⁻¹ (80.45%). El empleo de "dukung anak" a 5.0 g L⁻¹ o 10.0 g L⁻¹ controló significativamente la antracnosis y esto no fue distinto en las frutas tratadas con cúrcuma a 10.0 g L⁻¹. En conclusión, el extracto crudo de cúrcuma o dukung anak se puede usar como biofungicida para controlar la antracnosis en frutos de pitahaya a concentraciones de 10.0 g L⁻¹ (Bordoh et al., 2020).

En los últimos años, se observó una enfermedad bacteriana grave en los frutos y tallo de pitahaya (*H. monacanthus* Britt. & Rose e *Hylocereus undatus*) causada por *Aureobasidium pullulans* en China, que ocasiona pérdidas económicas importantes en la producción comercial del fruto. Esta enfermedad se expandió rápidamente después de la llegada del tifón Ramason en la ciudad de Guangdong en el país asiático. La enfermedad se expandió de manera rápida afectando el 55% de plantas afectadas. Los síntomas en la fruta son piel suave con decoloración bronceada y más tarde la superficie de la piel agrietada. Además, aparecieron manchas irregulares, de color rojo ladrillo en los tallos infectados, ligeramente elevadas que se unieron en áreas más grandes y se cubrieron con la superficie del tallo y finalmente se despegaron (Wu et al., 2017).

En la última década, se detectó en muestras de pitahaya síntomas similares a virus (Cactus X) que consistían en manchas cloróticas irregulares, algunas con mosaicos verde amarillo pálido, márgenes rojo-marrón, necrosis y espinas deformadas. El virus de cactus X se ha detectado en la fruta del dragón en los EE. UU., Taiwán, Corea, Japón, China y se distribuye ampliamente en Malasia (Gaziz et al., 2018; Kim et al., 2016; Peng et al., 2016; Masanto et al., 2018). Este virus afecta principalmente a las variedades *H. megalanthus*, *H. monacanthus* y *H. undatus*. Se recomienda almacenar los frutos de pitahaya a temperaturas menores de 14 °C, para prolongar su corta vida útil, ya que este fruto cuando es almacenado a temperaturas superiores a 20 °C presenta pérdida de azúcar, pérdida de acidez y un ablandamiento rápido (Obenland et al., 2016).

El principal método para evitar el deterioro de la pitahaya a fin de lograr conservar su valor nutricional es el almacenamiento en frío, sin embargo, este método causa alteraciones fisiológicas que se conoce como daños por frío (DF), esto conlleva un impacto negativo en la calidad de este fruto (Quiroz-González et al., 2017). Los signos comunes de DF abarcan cambios como áreas acuosas, hundimientos en la cáscara, cambios de color externo e interno, maduración heterogénea, desarrollo de condiciones que favorecen la incidencia acelerada de hongos y sabores extraños. Este desorden se estudia en especial en productos con valor económico, como mango cítricos y aguacate (Ramaswamy, 2015).

En una investigación para determinar las variables correlacionadas con el DF realizada en pitahayas con madurez comercial de la variedad *Hylocereus undatus*, cosechados en Santa Clara Huiziltepec, Puebla (México), se les aplicó un tratamiento que consistió en almacenar las pitahayas 30 días a $2 \text{ ó } 7 \pm 1 \text{ °C}$ HR de $90 \pm 6 \%$, y después se mantuvieron hasta 7 días a $22 \pm 4 \text{ °C}$ y HR $60 \pm 8 \%$. La evaluación visual de DF se realizó por medio de una escala hedónica de cinco puntos después del almacenamiento refrigerado y la transferencia de los frutos a $22 \pm 4 \text{ °C}$. Los resultados indican que las variables que resultaron consistente y positivamente correlacionadas con DF fueron, acidez titulable, actividad de superóxido dismutasa, translucidez y contenido de etanol. Por eso, en temperatura más baja y periodo de almacenamiento más largo, se observó un cambio proporcionalmente mayor en estas variables (Quiroz-González et al., 2017).

5. Técnicas de cultivo

El interés sobre los frutales de pitahaya tiene un gran crecimiento durante el último periodo,

y por esto existe la necesidad de programas de mejoramiento eficientes para posibilitar la extensión de las áreas de cultivo. El interés se ve reflejado en el registro de nuevos cultivares en la última década (Lobo et al., 2016).

En el sur de Taiwán, se considera a la pitahaya como un cultivo de día largo, la variedad de carne blanca tiene un estadio reproductivo desde el verano hasta el otoño, su primera floración se da a principios de mayo y la última a fines de septiembre (Chiu et al., 2015).

Una fundamental propiedad de la planta de pitahaya es su metabolismo del ácido crasuláceo (CAM), que promueve la expansión de las áreas bajo cultivo debido que otorga una tolerancia a la sequía extrema; por eso estas plantas tienen una eficiencia del empleo de agua entre cuatro a seis veces mayor que otros cultivos frutales bajo condiciones similares. Por lo tanto, esta especie de cactus es un valioso producto para los agricultores que cuentan con tierras secas, degradación de la tierra y escasez de agua (Li et al., 2018). El cultivo de pitahaya puede propagarse de forma sexual o asexual. Por lo general, los productores utilizan la propagación asexual, por medio del corte, debido al manejo rápido y simple para la formación de plántulas (Le et al., 2006). La reproducción sexual (semifera) es un método menos usado, porque el inicio de la producción es posterior, la planta debe pasar por la etapa de juventud hasta poder alcanzar la madurez adecuada para empezar su periodo reproductivo que lleva de cuatro a seis años (Gunasena et al., 2007). Por lo tanto, la propagación a través de semibosque puede tornarse económicamente inviable (Silva, 2014). Pero este método cuenta con una ventaja, debido a que posibilita la investigación de los factores que alteran la biología de germinación (Suárez-Román et al., 2011).

La luz y temperatura son factores que tienen influencia en la germinación de las especies de pitahaya (Oliveira et al., 2015). Estos pueden manejarse para aumentar el porcentaje de velocidad, sincronización y germinación para acrecentar el número de plántulas vigorosas. Por lo tanto, es fundamental valorar temperaturas constantes y alternas además de la necesidad de brillo para encontrar las mejores condiciones para la germinación de semillas (Lone et al., 2014 a,b). Ruths et al. (2019) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la influencia, en la germinación de semillas, de la luz y temperatura en tres especies de pitahaya (*Hylocereus monacanthus*, *Hylocereus undatus* y *Hylocereus setaceus*). Para determinar el efecto de la temperatura sobre la calidad fisiológica de las semillas, se sometieron a germinación en siete temperaturas

(15, 20, 25, 30 y 35 °C, y temperaturas alternas: 15 - 25 °C y 20 - 30 °C, con un fotoperiodo de 12 horas). Para las tres especies el máximo rendimiento fisiológico de las semillas se obtuvo en las temperaturas de 25°C y 20-30 °C, la temperatura más desfavorable fue de 35°C y la especie *H. setaceus* presentó un mayor porcentaje de vigor y germinación en todas las temperaturas evaluadas (Ruths et al., 2019).

La técnica de cultivo a base de sustratos comenzó en el año 1930, sin embargo, este interés ha crecido durante el último periodo (Pissinati et al., 2018). Esta técnica posibilita una mejora en la utilización de nutrientes, mejor calidad de las plántulas y mayor índice de pegamento (Fratoni et al., 2019). En una de las escasas investigaciones sobre esta técnica, se evaluó el efecto de una formulación de fertilizante NPK (N-P2 O5 -K2 O: 8-20-20), que fue agregado en distintas dosis (0; 200; 250; 300; 350 y 400 g por maceta) a un sustrato que contiene compost orgánico y arena en relación (2:3; v:v), en el estado nutricional de la planta y crecimiento de los cladodios en pitahaya amarilla. Los parámetros evaluados fueron la altura, el diámetro, la velocidad de enraizamiento, el peso seco (DW), el contenido de nutrientes en los cladodios y el peso fresco (FW). Se determinó que la adición de la formulación NPK no afectó el diámetro, el índice de pegamento de los cladodios y la altura en pitahaya amarilla; y el uso del compost orgánico y la arena en proporción (2:3; v:v) fue autosuficiente para el incremento del peso seco y peso fresco de las plantas de pitahaya amarilla (Fratoni et al., 2019).

Una tendencia para el cultivo de pitahaya es el empleo de casas de red, sin embargo, esta depende del clima y las variedades (Yen-Chieh y Chang, 2019). En Israel (recibe 50 mol/m² por día de luz integral en el verano), se utiliza pantallas de sombra (sombreado entre 30 al 60%) en las casas de red para minimizar las quemaduras solares y maximizar la calidad de la fruta y su rendimiento durante el periodo reproductivo (Mupambi et al., 2018). Esta técnica también es capaz de realizar el bloqueo de plagas como los insectos, los escarabajos y las moscas; por lo tanto, tiene un considerable potencial para la producción de pitahaya (Yen-Chieh y Chang et al., 2019).

Debido a que la pitahaya se cultiva en extensas regiones tropicales y subtropicales (Fan et al., 2018; Xu et al., 2018), estos climas húmedos y cálidos son un entorno favorable para el crecimiento vigoroso y continuo de malezas, por esto, el control de malezas es un componente fundamental en el manejo de pitahaya (Jhala et al., 2013; Liu et al.,

2019). En el manejo de malezas el método más efectivo es el control químico. Un herbicida es el indaziflam, utilizado para el control de malezas anuales de hoja ancha y de hierba, que logra inhibir la biosíntesis de celulosa después de la germinación de las especies de malezas (Trigo et al., 2014; Gonzalez-Delgado et al., 2017). El indaziflam puede controlar pastos anuales como el pasto azul anual, el pasto de ganso y el cangrejo de los pastos (Alonso et al., 2011; Liu et al., 2019); y tiene tasas más bajas (10 a 15 veces) de uso que la mayoría de herbicidas (Reed et al., 2013).

6. Composición

La pitahaya está compuesta de pulpa y cascara, su pulpa es consistente y espumosa, presenta coloración blanca (variedad amarilla) y blanca rojiza (variedad roja), con pequeñas y suaves pepas comestibles, cubiertas de escamas rojas y amarillas según la especie (Santarrosa, 2013).

La pulpa de la Pitahaya (*Hylocereus*) representa entre el 60-80 % de su peso total, el cual varía en promedio de 200-570 g, según su especie (Corzo-Rios et al., 2016). Sin embargo, es considerado que la Pitahaya sufre cambios físicos durante su maduración. En una evaluación a *H. Megalanthus* (Pitahaya amarilla) se obtuvo, que el porcentaje de cascara disminuyó de 55.93 a 33.40%; mientras que el de pulpa aumento de 44.04 a 66.60 % entre el estado de madurez de 0 a 6, respectivamente (Sotomayor et al., 2019).

La Pitahaya es un fruto de bajo valor calórico, ya que cuenta con pequeñas cantidades de hidratos de carbono (9,20 g por cada 100 g de pulpa comestible) (Rodríguez et al., 2005). En su composición destaca el contenido de vitamina C, vitamina que interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, además, favorece en la resistencia a las infecciones, absorción del hierro de los alimentos y tiene acción antioxidante. En la Tabla 2, se observa la composición nutricional de dos especies de pitahaya, donde la variedad roja (*Hylocereus undatus*) resalta en su composición de vitamina C desde el punto de vista funcional con relación a la variedad de color amarilla (*Hylocereus megalanthus*). Además, el sabor de este fruto depende de la madurez durante su cosecha, factor importante para que la concentración de azúcares sea mayor y de esta manera aumente los sólidos solubles totales (SST) expresados en grados °Brix. Los SST que predominan en la Pitahaya son la glucosa y fructosa (Ochoa-Velasco et al., 2012). Azúcares que por su concentración identifican a cada una de las variedades de Pitahaya.

Para *H. undatus* y *H. monacanthus* se reportó SST de 12 y 15 °Brix respectivamente, presentando valores de glucosa (353 - 451 g/100 g), fructosa (238 - 158 g/100 g) y oligosacáridos (86 - 90 g/100 g) (Wichienchot et al., 2010). Además, en la Tabla 3 se presentan la comparación de tres variedades de pitahaya, donde *Hylocereus megalanthus* resalta como la variedad más dulce de estas especies con SST de 20,74 °Brix (Sotomayor et al., 2019).

El contenido de SST en la Pitahaya es variable (12-14 °Brix) y baja acidez (0,2 - 0,35 mg de ácido málico por 100 g de peso fresco) (Mercado-Silva, 2018). El sabor presente en la pulpa tiene relación con el valor del pH que va de 4,3 a 4,7 y con acidez titulable entre 2,4 a 3,0 en variedades agrídulces y de 0,62 a 0,5 (% de ácido málico) en variedades dulces (Mercado-Silva, 2018).

Una investigación que uso tres variedades reportó que la pitahaya de pulpa roja presentó la acidez más baja, con relación a la pulpa rosa y blanca con valores de 0,3; 0,6 y 0,7%, respectivamente; siendo el ácido málico el principal ácido orgánico con concentraciones que van desde 6,08 a 8,20 g/L en los genotipos de pitahaya de Costa Rica (Esquivel et al., 2007).

En la especie *Hylocereus undatus*, se ha encontrado contenidos de: 14,84 gramos de

proteína cruda, 21,50 gramos de fibra cruda y 39,94 gramos de minerales esenciales.

En el campo de la gastronomía los tallos de la Pitahaya son utilizados por su característica consistencia suave y su contenido nutricional. En un estudio de su composición se observó contenido de proteína cruda de 11,8-24,49 g y de fibra cruda de 7,86-14,79 g con contenido de cenizas entre 10,80 a 14,90 g y extracto etéreo 0,64 a 1,46 g, obtenidos mediante un análisis proximal y expresado en base seca (g/100 g de materia seca). Además, la variedad de pitahaya *Hylocereus undatus* tiene importantes contenidos de Zn (34,02 mg kg⁻¹) y K (4,82 mg kg⁻¹) (Montesinos et al., 2015).

En la especie *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla), se ha encontrado que el aceite de su semilla presenta alto contenido de ácidos linoleicos grasos poliinsaturados. Los cinco principales ácidos grasos encontrados fueron: ácido palmítico (11,52%), ácido esteárico (4,29%), ácido oleico (11,09%), ácido vaccénico (3,08%), y ácido linoleico (69,98%) (Altuna et al., 2018).

Por su composición de ácidos grasos, las semillas de pitahaya amarillo pueden ser considerados como alimentos sanos y pueden ser utilizados en la industria de alimentos para diferentes propósitos. El consumo regular de pitahaya amarilla puede mejorar la salud humana (Altuna et al., 2018).

Tabla 2

Composición nutricional de 100 g de pulpa de dos especies de pitahaya

Componente	<i>Hylocereus undatus</i> (pulpa blanca y piel rosa)			<i>Hylocereus megalanthus</i> (pulpa blanca y piel amarilla)		
	Mercado-Silva (2018)	ICBF (2018)	Morales de León et al. (2015)	Mercado-Silva (2018)	ICBF (2018)	Morales de León et al. (2015)
Agua (%)	89	87,3	82,3	85	85,5	85,9
Proteína (g)	0,5	0,5	1,4	0,4	0,4	1,1
Grasa (g)	0,1	0,1	*	0,1	0,1	*
Carbohidrato (g)	NE	11,6	13,55	NE	13,6	9,8
Fibra Dietética(g)	0,3	3,3	NE	0,5	3,3	NE
Vitamina C (mg)	25,0	25,0	25,8	4	20,0	7,34
Calcio (mg)	6,0	26,0	5,0	10,0	26,0	8,26
Hierro (mg)	0,4	0,2	0,75	0,3	0,3	*
Fosforo (mg)	19,0	26,0	15,0	16,0	26,0	*
Tiamina (mg)	0,01	0,01	*	0	0,03	*
Riboflavina (mg)	0,03	0,03	*	0	0,04	*
Niacina (mg)	0,2	0,2	0,37	0,2	0,2	*
Ceniza (g)	0,5	0,5	0,50	0,4	0,4	0,60

* valor no encontrado; N: Valor no evaluado.

Tabla 3

Características fisicoquímicas de tres especies de *Hylocereus* spp.

	<i>Hylocereus undatus</i> (piel rosa y pulpa blanca)	<i>Hylocereus megalanthus</i> (piel amarilla y pulpa blanca)	<i>Hylocereus monacanthus</i> (piel y pulpa rosa)
Referencia	Warusavitharana et al. (2017), Ocho-Velasco et al. (2012)	Sotomayor et al. (2019)	Magalhães et al. (2019)
Peso (g)	406,7 – 556,8	260 – 395	277,17 – 335,17
Sólidos solubles totales (°Brix)	16 – 18	20,74	15,3 – 17,88
pH	5,72 ± 0,6	4,86	3,63 - 4,48

7. Componentes bioactivos

7.1. Betalainas

Los colores son importantes indicadores de calidad, determinan la aceptación de los alimentos por parte del consumidor. En los últimos años, el mercado de colorantes sintéticos ha presentado una disminución debido a su naturaleza tóxica (Chandrasekara et al., 2012). Por lo tanto, en la actualidad la fuerte demanda de los consumidores por un producto más natural y beneficioso para la salud ha ido en aumento, con la tendencia al reemplazo del colorante sintético, aun si el colorante natural tenga mayor costo.

Las betalainas se pueden usar como aditivos alimentarios para enriquecerlos o evitar su decoloración. El uso de betalainas como colorante de alimentos está aprobado por la Unión Europea y las betalainas están etiquetadas como E-162 (aditivo alimentario) (Thirugnanasambandham et al., 2014d).

Este compuesto bioactivo tiene efecto positivo contra los trastornos relacionados con el estrés en los seres humanos, lo cual se debe a su potencial para inhibir la oxidación y la peroxidación lipídica (Kanner et al., 2001).

Thirugnanasambandham et al. (2015) encontraron que las condiciones óptimas para el proceso de extracción por microondas asistida eran la temperatura de 35 °C, la masa de la muestra de 20 g de polvo de Pitahaya y el tiempo de tratamiento de 8 minutos. En estas condiciones, se extrajeron 9 mg/L de contenido de betalaina en la Pitahaya.

7.2. Betacianinas

Las betacianinas poseen actividades de eliminación de radicales libres y antioxidantes, lo que sugiere sus posibles efectos beneficiosos sobre las enfermedades metabólicas (Song et al., 2015).

La Pitahaya roja (*Hylocereus monacanthus*) es una rica fuente natural de betacianinas, lo cual fue demostrado en un estudio sobre la anti-obesidad y los efectos anti-hiperglucémicos de la betacianina en 6 ratones obesos que llevaban una alimentación alta en grasas (HFD). Los resultados indicaron que las betacianinas de la Pitahaya disminuyeron significativamente la ganancia de peso y mejoraron el perfil lipídico, la resistencia a la insulina y la hepatosteatoxis en el tratamiento de 14 semanas (Song et al., 2015).

También se reportó el efecto antidiabético de pitahaya roja, la cual en fresco atenúa significativamente la resistencia a la insulina en ratas y 600 g de consumo de fruta de pitahaya roja tiene un gran potencial en el

control del nivel de glucosa en sangre en diabéticos tipo II (Song et al., 2015).

En la industria alimentaria, las betacianinas de pitahaya roja pueden utilizarse como colorante natural ya que presentan una estabilidad térmica similar o mejor en comparación con el rojo de remolacha, dependiendo del tratamiento de temperatura. En la leche se realizó un análisis sensorial comparando leche que contenía betacianinas de Pitahaya roja con leche que contenía el rojo de remolacha, resultando que el primer tratamiento tuvo una mejor aceptación de color. Además, el uso de este aditivo en la leche retrasó el inicio microbiano (Gengatharan et al., 2015).

8. El papel de la cáscara de la pitahaya

La cáscara de pitahaya ha demostrado propiedades nutraceuticas importantes, para conocer sus propiedades se han realizado estudios del polvo de esta cáscara.

En una investigación se concluyó que el polvo de cáscara de la fruta de Pitahaya roja tiene potencial para reducir el colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad (LDL-c) en la sangre de los ratones Balbc macho con hiperlipidemia y aumentar los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL-c) (Hernawati et al., 2018). Los polvos de cascara de Pitahaya roja se pueden consumir como un suplemento en los alimentos que se espera que mantengan un cuerpo sano y prevengan la hiperlipidemia. En este estudio las muestras fueron 24 ratones macho que se dividieron en seis grupos, es decir, controles positivos y negativos, dosis de 50; 100; 150 y 200 mg / kgBW / días de piel de fruta de dragón rojo en polvo. Antes de recibir tratamiento, a los ratones se les administró alimento con alto contenido de grasa durante 20 días hasta que experimentaron condiciones de hiperlipidemia. El polvo de cáscara de Pitahaya roja se administró por vía oral con una sonda usada durante 30 días (Hernawati et al., 2018).

9. Polímeros

9.1. Polisacáridos solubles en agua

Otro grupo importante de los compuestos químicos bioactivos son los polisacáridos solubles en agua, los cuales están involucrados en los efectos beneficiosos para la salud. La microbiota intestinal puede ser mejorada por polisacáridos debido al comportamiento directa e indirecta con microbios (Yoo et al., 2012).

Mediante una investigación los polisacáridos solubles en agua de la pitahaya se identificaron mediante la técnica de extracción con agua caliente (Souza et al., 2015), además se utilizó la liofilización para los

gránulos de polisacáridos para finalmente purificarlos. A partir de la pitahaya se purificó un polisacárido aniónico DSPP. La columna vertebral era construida por $\rightarrow 4\text{-}\beta\text{-D-Glc}pA\text{-}1\rightarrow$, $\rightarrow 6\text{-}\beta\text{-D-Galp}\text{-}1\rightarrow$ y $\rightarrow 4\text{-}\alpha\text{-L-Rhap}\text{-}1\rightarrow$. Solo una rama se reveló como $\alpha\text{-L-Araf}\text{-}1\rightarrow 5\text{-}\alpha\text{-L-Araf}\text{-}1\rightarrow$. El peso molecular era 2.2×10^3 kDa. Este polisacárido es uno de los componentes principales de la pitahaya (*Hylocereus*), al cual se le deben contribuir beneficios para la salud de esta fruta (Xu et al., 2016).

9.2. Oligosacáridos, aliado contra el cáncer de colon

La pitahaya es cada vez más popular debido a sus beneficios nutricionales. En informes recientes se ha reportado como una posible fuente de prebiótico natural, ya que contiene oligosacáridos.

Los prebióticos son considerados componentes importantes en los alimentos funcionales y se ha informado que tienen efectos positivos en la modulación de bacterias intestinales beneficiosas, lo que refuerza el sistema inmunológico (Rolim, 2015; Kazemi et al., 2019) al tiempo que reduce el riesgo de síndrome metabólico o enfermedades neurodegenerativas.

Los prebióticos son carbohidratos no digeribles, oligosacáridos y fibras dietéticas, que sirven como fuentes de alimento para las bacterias en el sistema intestinal. Promueven el crecimiento y la actividad de las bacterias benéficas (probióticos) al tiempo que regulan el crecimiento de bacterias dañinas (Gibson et al., 2010; Zhang et al., 2018).

Los oligosacáridos encontrados en la Pitahaya son oligosacáridos no digeribles ya que resistieron la hidrólisis por la α -amilasa humana con sacarosa, α -amilasa humana en la boca y el jugo gástrico humano artificial en el estómago, dando la máxima hidrólisis del 4,81; 6,7 y 0,6 %, respectivamente. La fermentación fecal de los oligosacáridos mostró aumento en las poblaciones de bifidobacterias, lactobacilos y la disminución de las poblaciones de Bacteroides y Clostridium. Además, la fermentación fecal de los oligosacáridos tuvo un efecto prebiótico positivo con índice prebiótico (PI) de 0,41, mientras que el ácido acético, ácido láctico, ácido propiónico y butírico se producen a concentraciones de 860; 265; 15,95 y 29,63 mM, respectivamente. La mezcla de estos ácidos grasos de cadena corta tiene la propensión para inhibir células Caco-2 que tiene potencial para la reducción del riesgo en el cáncer de colon (Dasaesamoh et al., 2016).

El oligosacárido de la Pitahaya tiene una propiedad prebiótica que mejora la salud intestinal al estimular selectivamente la microbiota colónica. La alteración de la composición de la microbiota puede afectar la motilidad intestinal. Un estudio reciente evaluó los efectos de los oligosacáridos de este fruto en las funciones del motor intestinal en el colon de ratones ICR machos en comparación con el fructooligosacárido (FOS) prebiótico y las bifidobacterias probióticas. Los ratones fueron suplementados con oligosacáridos de Pitahaya por 1 y 2 semanas.

La investigación concluyó que los oligosacáridos de este fruto aumentan las contracciones del músculo blando colónico sin cambio morfológico y actúan como un laxante formador de masa y estimulante para aumentar la producción fecal y la motilidad intestinal. Así, los oligosacáridos de la Pitahaya como suplemento en la dieta pueden promover la salud intestinal y corregir trastornos de la motilidad gastrointestinal, como estreñimiento y diarrea (Khuituan et al., 2019).

10. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de fuentes como frutas y plantas, son esenciales para prevenir el daño oxidativo en el cuerpo humano. La Pitahaya es un fruto con alta capacidad antioxidante (160,84 mg de Trolox/100 mL de jugo) (Pitahaya de pulpa roja), incluso superior a la de otras cactáceas rojas como la tuna (Ochoa-Velasco et al., 2012).

Varios estudios han demostrado que la Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.)) tiene compuestos bioactivos que son beneficiosos para la salud, por ejemplo, polifenoles, flavonoides y vitamina C, que están relacionados con su actividad antioxidante en los trastornos metabólicos relacionados con la obesidad (Luo et al., 2014; Song et al., 2016). Después de una prolongada exposición a oxidantes o a la disminución de la capacidad antioxidante del sistema, surge el fenómeno llamado estrés oxidativo. Este fenómeno también es generado por un desequilibrio entre prooxidantes y antioxidantes en el organismo, el cual está implicado en el desarrollo de enfermedades crónicas tales como cáncer, artritis reumatoidea, arteriosclerosis, algunas formas de diabetes, anemia, entre otras (Tapia et al., 2004).

La pitahaya posee propiedades medicinales y nutricionales altamente beneficiosas para el organismo como fósforo, calcio, vitamina C y fibra, fortalece los huesos y dientes por lo que se sugiere su consumo en niños y jóvenes. Su alto contenido de vitamina C

refuerza el sistema inmunológico, su capacidad antioxidante evita el envejecimiento prematuro y promueve la generación de colágeno, teniendo así una amplia gama de aplicaciones como aliviar problemas estomacales e intestinales, ayudar en la reducción de los niveles de presión arterial e incluso ha sido recomendada para la diabetes y para contrarrestar enfermedades como el cáncer (Zorrilla et al., 2004).

Los trabajos actuales explicaron la actividad fitoquímica, antioxidante de la pitahaya (*Hylocereus undatus*), el estudio de su bioactividad frente a las bacterias patógenas y el estudio del efecto de la toxicidad en ratones. Los resultados mostraron que este fruto es una buena fuente de capacidad antioxidante observada por el método químico DPPH (Determinación cuantitativa del ensayo de actividad de captación de radicales libres). La Pitahaya es rico en compuestos fenólicos, antioxidantes, ácidos grasos insaturados, terpenos, muchos de los oligoelementos y otros.

Del mismo modo, el extracto muestra un agente eficaz contra las bacterias gramnegativas y grampositivas. El estudio quirúrgico e histológico muestra que el extracto de esta fruta tiene un efecto tóxico muy pequeño. El resultado final pareció que el extracto tenía buenos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, con un papel aceptable en la curación de heridas, que puede aplicarse para muchas aplicaciones antibacterianas, antiinflamatorio y podría ser útil en la preparación de fármacos farmacológicos (Montadher et al., 2018).

Asimismo, en la última década se estudió la actividad antioxidante del jugo fermentado de pitahaya. Muhialdin et al. (2020) determinó para jugo de pitahaya no fermentada (N-FPJ) y jugo de pitahaya fermentada (FPJ) utilizando el ensayo de la actividad de eliminación de radicales (DPPH). El valor para FPJ era 13.720 mg / ml y 15,052 mg / ml para NFPJ.

11. Contenido de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son una clase grande de metabolitos secundarios de plantas que consisten en una gran cantidad de compuestos que van desde los compuestos de estructura simple como los ácidos fenólicos hasta los polifenoles más complejos como los flavonoides. Los compuestos fenólicos son ampliamente conocidos por sus efectos beneficiosos, tales como la prevención de cánceres relacionados con las hormonas, potente actividad antioxidante y propiedades antibacterianas (Sidhu et al., 2007).

La pitahaya tiene un alto contenido de compuestos fenólicos (45,31 mg de ácido gálico/100 ml de jugo) (Ochoa-Velasco et al., 2012).

En una investigación donde se produjo polvo de pitahaya roja fresca, se encontraron altos contenidos de compuestos bioactivos, incluyendo ácido fenólico, flavonoides y antocianinas. Los resultados mostraron un contenido fenólico total de $386,09 \pm 1,52$ mg en 100 g de pitahaya (*Hylocereus monacanthus* seco). Esta cantidad excede las cantidades de frutas como plátano, piña, papaya y tomate, lo que indica que el polvo de pitahaya roja es una buena fuente de polifenoles que pueden integrarse en la dieta humana (Tonny et al., 2017).

11.1. Metabolitos primarios y secundarios

La pitahaya es un fruto muy versátil y funcional, Muhialdin et al. (2020) sometió el zumo de pitahaya a lacto-fermentación durante 48 horas a 37 ° C usando *Lactobacillus plantarum* FBS05. Se realizó 1 análisis H-RMN (Espectroscopia de resonancia magnética nuclear) con multivariante y se logró identificar la presencia de 21 y 12 metabolitos en el zumo de pitahaya fermentada y no fermentada. Los principales compuestos que contribuyeron a la diferencia eran ácido acético, ácido succínico, ácido láctico, lisina, alanina, glucosa, iso-butilato y betaína (Muhialdin et al., 2020).

Además, en otro estudio, basado en el análisis fitoquímico del extracto hidroalcohólico del fruto *Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose “pitahaya roja”, se logró identificar cualitativamente la presencia de los compuestos fenólicos, azúcares, saponinas, flavonoides, alcaloides, quinonas y compuestos grasos (Berrospi y Sanchez, 2018). Por otro lado, en la marcha fitoquímica de los tallos y semillas de la pitahaya amarilla se encontró metabolitos como alcaloides, cumarinas, compuestos grasos, catequinas, saponina, azúcares reductores, entre otros (Parra, 2010).

12. Pectina

La pectina ha adquirido cada vez más importancia, ya que se emplea ampliamente en numerosas aplicaciones industriales debido a su capacidad de gelificación. La literatura existente y los estudios han demostrado que la cáscara de la fruta del dragón es una fuente ideal de pectina (Chua et al., 2018). El consumo regular de pectina otorga un efecto benéfico a la salud ya que disminuye los niveles séricos de lípidos y glucosa, ayudando a prevenir enfermedades como diabetes y dislipidemias. Estas propiedades

hacen a la pectina idónea para enriquecer en fibra soluble a alimentos de alto consumo (Ortiz y Anzola, 2018).

Según estudios, la Pectina en la fruta del dragón tiene condiciones óptimas de extracción (temperatura: 73 °C; tiempo: 67 min; pH 2,03). Se extrajo pectina de diferentes secciones de piel de fruta de dragón (*Hylocereus monacanthus*) usando ácido cítrico al 1%. Se logró extraer el mayor rendimiento de pectina (26,38% en peso seco), de la capa interior fresca de la cascara. Además, la pectina extraída tenía un alto contenido de metóxilo y demostró el mayor grado de esterificación (63,74%) cuando se compara con la pectina de otras secciones de la cascara de fruta de dragón (Muhammad et al., 2014).

En trabajos posteriores, la cromatografía líquida de alta resolución reveló que la pectina de la fruta de dragón está constituida predominantemente por ácido galacturónico (39,11%), seguido por concentraciones moderadas de manosa, ramnosa, galactosa, glucosa y cantidades menores de xilosa y arabinosa (Muhammad et al., 2014). Mientras que en un estudio (Rahmati et al., 2015) se demostró que aplicando la extracción asistida por microondas se puede dar

lugar a una pectina de cáscara de Pitahaya de alta calidad con un rendimiento máximo del 18,53 %. La pectina extraída exhibió una alta cantidad de propiedades, incluyendo el 67,5% de ácido galacturónico contenido (GA) y 49,84% de grado de esterificación (DE), que fueron comparables a la pectina cítrica (53,62% DE).

Además, otra investigación demostró que el rendimiento de la pectina de las cáscaras de Pitahaya fue de 11-13% que era equivalente a pulpa de manzana (Tang et al., 2011).

13. Apreciación crítica

El presente trabajo aborda información acerca de los beneficios que aporta la pitahaya o comúnmente llamado fruta del dragón, donde se ha podido evidenciar en diferentes investigaciones las propiedades funcionales de este fruto afrodisiaco. Estos estudios están dirigidos hacia la investigación de nuevos tratamientos, usando la pitahaya como aliado para reducir enfermedades degenerativas, como la diabetes, cáncer al colon, enfermedades del corazón. Además, ayuda a aliviar el sistema digestivo, a controlar el nivel de colesterol y la presión arterial.

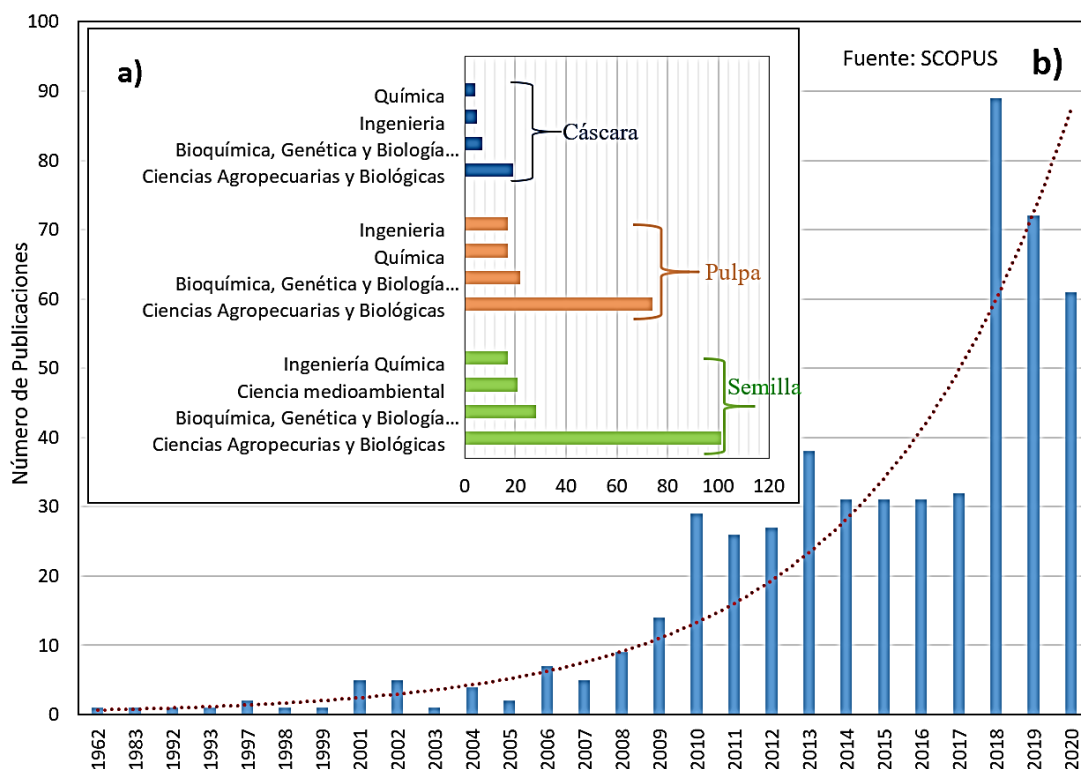


Figura 2. Número de publicaciones de artículos científicos sobre Pitahaya. (a) Información obtenida de la base de datos Scopus (criterios de búsqueda: ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: " Dragon fruit " y ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: "each group of application"). (b) Información obtenida de la base de datos Scopus (criterios de búsqueda: ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: " Dragon fruit " y tipo de DOCUMENT TYPE: "ALL").

Un fruto con tantos beneficios como la pitahaya ha sido explorado e investigado en todos sus componentes y áreas (Figura 2a), por lo que requiere de un mayor interés científico sobre sus propiedades funcionales, abarcando no solo la pulpa, sino todos sus componentes como la cáscara y las semillas. Asimismo, la tendencia de las investigaciones acerca de pitahaya ha ido en aumento en estos últimos años (Figura 2b) y es que al pasar de los años los investigadores de los diversos campos de estudio se están interesando por el estudio de las bondades de esta fruta.

La pulpa de pitahaya tiene propiedades nutraceuticas importantes, es muy versátil, su extracto se puede usar en la elaboración de bebidas fermentadas (donde la fermentación aumenta los compuestos fenólicos, pero disminuye la actividad antioxidante y la carga microbiana) y la harina de pitahaya para nuevos productos de panificación. Sin embargo, en las distintas áreas se presentan inconvenientes que requieren de futuras investigaciones.

Asimismo, las semillas presentan alto contenido de ácidos grasos insaturados, fuente potencial de aceite para uso alimentario, cosmético o farmacéutico, y se ha encontrado alto contenido de proteína. Mientras que su cáscara presenta alto contenido de pectina, que aumenta la capacidad de gelificación y con ello la importancia en la industria alimentaria. Este tipo de investigaciones pueden ayudar a complementar los estudios ya existentes y dar a conocer otros nuevos beneficios de la pitahaya, de esta manera se podrá conocer y aprovechar al máximo esta fruta.

14. Conclusiones

En este artículo se ha definido a la pitahaya como un fruto de bajo valor calórico, donde destaca su contenido de vitamina C en la variedad roja. Además, gracias a la presencia de betalainas, es considerado un colorante alimentario natural prometedor; ya que su poder colorante es comparable a los colorantes sintéticos. Otros de sus beneficios es su poder antioxidante, que favorece a la generación de colágeno, lo cual retarda el envejecimiento.

Estudios experimentales han demostrado que el consumo de pitahaya ayuda en la reducción de niveles de presión arterial, y por su contenido en pectina; al alivio de problemas estomacales. Asimismo, investigaciones han demostrado el uso de la pitahaya para contrarrestar la obesidad, y enfermedades como la diabetes y cáncer al colon.

Las propiedades que posee la pitahaya, un fruto de apariencia novedosa para la población, son de alto valor benéfico y nutricional, lo cual con adecuada información fomentará el consumo.

Finalmente, a pesar de que se ha demostrado que la cáscara de pitahaya tiene propiedades nutraceuticas importantes, existen pocos estudios y todavía no se le investigado como debe ser. Se deben profundizar más estudios en la cáscara, así como investigar posibles usos alternativos, como el desarrollo de películas o bio-envases a partir de este residuo.

ORCID

A. Verona-Ruiz  <https://orcid.org/0000-0002-2247-8713>

J. Urcia-Cerna  <https://orcid.org/0000-0003-1952-3410>

L. Paucar-Menacho  <https://orcid.org/0000-0001-5349-6167>

Referencias bibliográficas

- Alonso, D.; Koskinen, W.; Oliveira, R.; et al. 2011. Sorption-desorption of indaziflam in selected agricultural soils. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 59: 13096-13101.
- Altuna, J.L.; Silva, M.; Álvarez, M.; et al. 2018. Yellow pitaya (*Hylocereus megalanthus*) fatty acids composition from ecuadorian amazonia. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 11: 218-221.
- Andrade, R.; Martins, A.; Silva, M. 2007. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da Pitaya Vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). *Revista Brasileira de Fruticultura* 29: 183-186.
- Andrade, R.; Oliveira, I.; Silva, M.; et al. 2008. Germinação de pitaya em diferentes substratos. *Revista Caatinga* 21: 71-75.
- Ariffin, A.; Bakar, J.; Tan, C.; et al. 2009. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. *Food chemistry* 114: 561-564.
- Balendres, M.; Bengoa, J. 2019. Diseases of dragon fruit (*Hylocereus* species): Etiology and current management options. *Crop Protection* 126: 104920.
- Bauer, R. 2003. A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. *Cactaceae Systematics Initiatives* 17: 3-63.
- Berrosopi, R.; Sanchez, M. 2018. Actividad laxante del Extracto Hidroalcohólico del fruto *Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose "pitahaya roja" en ratones albinos de la especie *Mus musculus*. Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico, Universidad Norbert Wiener, Lima. Perú. 71 pp.
- Boonyapipat, P. 2013. Study of three fungicides to control anthracnose (*Colletotrichum capsici*) in Chilli (*Capsicum frutescens*): case study from Songhla province, Thailand. *Acta Hort* 973: 103-108.
- Bordoh, K.; Ali, A.; Dickinson, M.; et al. 2020. Antimicrobial effect of rhizome and medicinal herb extract in controlling postharvest anthracnose of dragon fruit and their possible phytotoxicity. *Scientia Horticulturae* 265: 109249.
- Chandrasekara, A.; Naczki, M.; Shahidi, F. 2012. Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Journal Food Chemistry* 133: 1-9.
- Chiu, Y.; Lin, C.; Hsu, M.; et al. 2015. Cultivation and management of pitaya. *Taiwan Agr. Res. Inst., Tainan, Taiwan*.
- Chua, B.; Ng, Y.; Ali, A. 2018. Ultrasound Assisted Extraction of Pectin from Dragon Fruit Peels. *Journal of Engineering Science and Technology* 65-81.

- Corzo-Rios, L.; Bautista-Ramírez, M.; Gómez y Gómez, Y.; et al. 2016. Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas. En: Ramírez, M. (Ed.). *Propiedades Funcionales de Hoy*. OmniaScience. España. Pp 35-66.
- Dasaesamoh, R.; Youravong, W; Wichienchot, S. 2016. Digestibility, fecal fermentation and anti-cancer of dragon fruit oligosaccharides. *International Food Research Journal* 23: 2581-2587.
- Delgado, D. 2015. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de Pitahaya en la Parroquia Sangay, Cantón Palora, provincia de Morona Santiago y su comercialización en el distrito Metropolitano de Quito. Tesis de Titulación. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Ecuador. 138 pp.
- Reed, T.; de Barreda, D.; Yu, J.; McCullough, P. 2013. Spring establishment of four warm-season turfgrasses after fall indaziflam applications. *Weed Technology* 27: 448-453.
- Esquivel, P.; Araya, Q.Y. 2012. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3: 113-129.
- Esquivel, P.; Stintzing, F. C.; Carle, R. 2007. Comparison of morphological and chemical fruit traits from different pitaya genotypes (*Hylocereus* sp.) grown in Costa Rica. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 81: 7-14.
- Fan, P.; Huber, D.; Su, Z.; et al. 2018. Effect of postharvest spray of apple polyphenols on the quality of fresh-cut red pitaya fruit during shelf life. *Food Chemistry* 243: 19-25.
- Figuerola, S.; Mollinedo, O. 2017. Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" e identificación de los fitoconstituyentes. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Universidad Norbert Wiener, Lima. Perú. 64pp.
- Fratoni, M.; Rodrigues, K.; Moreira, A. 2019. Aplicação de NPK em mudas de pitaya amarela cultivadas em areia e composto orgânico. *Semina: Ciências Agrárias* 40: 2179-2188.
- Gazis, R.; Poudel, K.; Dey, K.; et al. 2018. First Report of Cactus Virus X in *Hylocereus undatus* (Dragon Fruit) in Florida.
- Gengatharan, A.; Dykes, G.; Choo, W. 2015. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT-Food Science and Technology* 64: 645-649.
- Gibson, G.; Scott, K.; Rastall, R.; et al. 2010. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Science & Technology Bulletin Functional Foods* 7: 1-19.
- Gonzalez-Delgado, A.; Shukla, M.; Ashigh, J.; et al. 2017. Effect of application rate and irrigation on the movement and dissipation of indaziflam. *Journal of Environmental Science* 51: 111-119.
- Gunasena, H.; Pushpakurama, D.; Kariyawasam, M. 2007. *Dragon Fruit-Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose: Field Manual for Extension Workers. Wijerama Mawatha: Sri Lanka Council for Agricultural Policy 111-138.
- Hernawati; Setiawan, N.; Shintawati, R.; et al. 2018. The role of red dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) to improvement blood lipid levels of hyperlipidaemia male mice. *Journal of Physics: Conference Series* 1013: 012167.
- Hoa, T.; Clark, C.; Waddell, B.; et al. 2006. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfecting hot air treatments. *Postharvest Biology and Technology* 41: 62-69.
- Ibrahim, S.R.M.; Mohamed, G.A.; Khedr, A.I.M., et al. 2018. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance-A review. *Journal of Food Biochemistry* 42: e12491.
- ICBF – Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. 2018. TCAC: Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac_web.pdf
- Jhala, A.; Ramirez, A.; Singh, M. 2013. Tankmixing saflufenacil, glufosinate, and indaziflam improved burndown and residual weed control. *Weed Technology* 27: 422-429.
- Kanner, J.; Harel, S.; Granit, R. 2001. Betalains-a new class of dietary cationic antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5178-5185.
- Kazemi, A.; Noorbala, A.; Azam, K.; et al. 2019. Effect of probiotic and prebiotic vs placebo on psychological outcomes in patients with major depressive disorder: a randomized clinical trial. *Clinical Nutrition* 38: 522-528.
- Khuituan, P.; K-da, S.; Bannob, K.; et al. 2019. Prebiotic oligosaccharides from dragon fruits alter gut motility in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 114: 108821.
- Kim, J.; Park, C.; Nam, M.; et al. 2016. First report of Cactus virus X infecting *Hylocereus undatus* in Korea. *Plant Disease* 100: 2544-2544.
- Kumar, S.; Issac, R.; Prabha, M. 2018. Functional and health-promoting bioactivities of dragon fruit. *Drug Invention Today* 10: 3307-3310.
- Le, F.; Vaillant, F. 2011. Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus* spp.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* 247-273e.
- Li, D.; Arroyave, M.; Shaked, R.; Tel-Zur, N. 2018. Homozygote Depression in Gamete-Derived Dragon-Fruit (*Hylocereus*) Lines. *Frontiers in Plant Science* 8: 2142.
- Liu, X.; Ji, C.; Tang, W.; et al. 2019. Simultaneous analysis of indaziflam and its metabolites in pitaya using dispersive solid phase extraction coupled with liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Journal Separation Science* 42: 3141-3151.
- Lobo, R.; Tanizaki, G.; de Soto, J. 2016. Pitahaya (Dragon fruit). Register of new fruit and nut cultivars list 48. *HortScience* 51: 641-643.
- Logrieco, A.; Moretti, A.; Solfrizzo, M. 2009. Alternaria toxins and plant diseases: An overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal* 2: 129-140.
- Lone, A.; Colombo, R.; Favetta, V.; et al. 2014a. Temperatura na germinação de sementes de genótipos de pitaya. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 2251-2258.
- Lone, A.; Unemoto, L.; Preti, E.; et al. 2014b. The effects of light wavelength and intensity on the germination of pitaya seed genotypes. *Australian Journal of Crop Science* 8: 1475-1480.
- Luo, H.; Cai, Y.; Peng, Z.; et al. 2014. Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel. *Chemistry Central Journal* 8: 1-7.
- Magalhães, D. S.; da Silva, D. M.; Ramos, J. D.; et al. 2019. Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red-pulp dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae* 253: 180-186.
- Manzanero, L.; Márquez, R.; Zamora, P.; et al. 2014. Conservación de la pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] en el estado de Campeche, México. *Foresta Veracruzana* 16: 9-16.
- Masanto; Sijam, K.; Awang, Y.; et al. 2018. First report of necrotic spot disease caused by Cactus virus X on dragon fruit (*Hylocereus* spp.) in Peninsular Malaysia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 22: 1-12.
- Medina, J. A. 2015. Documentar las relaciones hídricas y requerimientos nutricionales de la pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (k. schum. ex vaupel) moran, durante distintas etapas fenológicas del cultivo en tres localidades del valle del Cauca. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Colombia. 125 pp.
- Mercado-Silva, E.M. 2018. Pitaya-*Hylocereus undatus* (Haw.). *Exotic Fruits* 339-349.

- Mizrahi, Y.; Nerd, A. 1999. Climbing and columnar cacti: New arid land fruit crops. In: Janick, J. (Ed.), Perspectives on New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, Egypt. Pp. 358-366.
- Montadher, A.; Mustafa, T.; Abdulkadir, M.; et al. 2018. Phytochemical content and antioxidant activity of *Hylocereus undatus* and study of toxicity and the ability of wound treatment. Plant Archives 18: 2672-2680.
- Montesinos, J.A.; Ruiz Herrera, G.; Rodríguez-Larramendi, L.; et al. 2015. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. Cultivos Tropicales 36: 67-76.
- Morales de León, J.; Bourges, R.H.; Camacho, P. 2015. Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios. CIA. Periodística Esto S.A DE C.V. México. 666 pp.
- Mupambi, G.; Anthony, B.; Layne, D.; et al. 2018. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. Scientia Horticulturae 236: 60-72.
- Muhammad, K.; Mohd Zahari, N.; Gannasin, S.; et al. 2014. High methoxyl pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel. Food Hydrocolloids 42: 289-297.
- Muhammad, B.; Kadum, H.; Zarei, M.; et al. 2020. Effects of metabolite changes during lacto-fermentation on the biological activity and consumer acceptability for dragon fruit juice. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 121: 108992.
- Njombolwana, N.; Erasmus, A.; Fourie, P. 2013. Evaluation of curative and protective control of *Penicillium digitatum* following Imazalil application and wax coating. Postharvest Biology and Technology 77: 102-110.
- Obenland, D.; Cantwell, M.; Lobo, R.; et al. 2016. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). Scientia Horticulturae 199: 15-22.
- Ochoa-Velasco, C.; García-Vidal, V.; Luna-Guevara, J.; et al. 2012. Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp.). Scientia Agropecuaria 3: 279-289.
- Oliveira, L.; Almeida, M.; Santos de Souza, A.; et al. 2015. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de pitaya. Comunicata Scientiae 6: 282-290.
- Ortiz-Hernández, Y.; Carrillo-Salazar, J. 2012. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A short review. Comunicata Scientiae 3: 220-237.
- Ortiz, B.; Anzola, C. 2018. Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). Revista Colombiana de Química 47: 5-11.
- Parra, M. 2010. Tamizaje Fotoquímico y determinación de la actividad laxante de tallos y semillas de Pitahaya. Tesis para optar el título de Químico farmacéutico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador. 123 pp.
- Peng, C.; Yu, N.; Luo, H.; et al. 2016. Molecular identification of Cactus virus X infecting *Hylocereus polyrhizus* (Cactaceae) in Hainan island, China. Plant Disease 100: 1956.
- Pissinatti, A.; Moreira, A.; Santoropo, P. 2018. Growing media for horticultural bedding plants yield under agriculture organic systems. Communications in Soil Science and Plant Analysis 49: 1660-1670.
- Quiroz-González, B.; Corrales-García, J.; Colinas-Leon, M.; et al. 2017. Identificación de variables correlacionadas con el daño por frío en Pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Agrociencia 51: 153-172.
- Ramaswamy, H. 2015. Post-harvest Technologies of Fruits & Vegetables. DESTech Publications, Inc. Pensilvania, USA, 364 pp.
- Rahmati, S.; Abdullah, A.; Momeny, E.; et al. 2015. Optimization studies on microwave assisted extraction of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel pectin using response surface methodology. International Food Research Journal 22: 233-239.
- Rodríguez, D.; Patiño, M.; Miranda, D.; et al. 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 58: 2837-2857.
- Rolim, P. 2015. Development of prebiotic food products and health benefits. Food Science and Technology (Campinas) 35: 3-10.
- Ruths, R.; Bonome, L.; Tomazi, Y.; et al. 2019. Influência da temperatura e luminosidade na germinação de sementes das espécies: *Selenicereus setaceus*, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*. Revista de Ciências Agroveterinárias 18: 2019.
- Santarrosa, V. 2013. Evaluación nutricional comparativa de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) deshidratada en deshidratador de bandejas con la liofilizada. Tesis de grado, Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador. 166 pp.
- Sidhu, J.; Y. Kabir; F.G. Huffman. 2007. Functional foods from cereal grains. International Journal of Food Properties 10: 231-244.
- Siddiqui, Y.; Ali, A. 2014. Colletotrichum gloeosporioides (Anthracnose). Postharvest Decay. Control Strategies. Pp. 337-371.
- Silva, A.; Martins, A.; Cavallari, L. 2011. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. Revista Brasileira de Fruticultura 33: 1162-1168.
- Silva, A. 2014. Pitaya: Melhoramento e produção de mudas. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Jaboticabal: UNESP, 132 pp.
- Song, H.; Chu, Q.; Xu, D.; et al. 2015. Purified Betacyanins from *Hylocereus undatus* Peel Ameliorate Obesity and Insulin Resistance in High-Fat-Diet-Fed Mice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 64: 236-244.
- Song, H.; Zheng, Z.; Wu, J.; et al. 2016. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. PLOS ONE 11: e0149670.
- Sotomayor, A.; Pitzaca, S.; Sánchez, M.; et al. 2019. Evaluación fisicoquímica de fruta de pitahaya *Selenicereus megalanthus* en diferentes estados de desarrollo. Enfoque UTE 10: 89-96.
- Souza, R.; Assreuy, A.; Madeira, J.; et al. 2015. Purified polysaccharides of *Geoffroea spinosa* barks have anticoagulant and antithrombotic activities devoid of hemorrhagic risks. Carbohydrate Polymers 124: 208-215.
- Suárez-Román, R. 2011. Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt and Rose y pitahaya roja *Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt and Rose. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Colombia. 280 pp.
- Tang, P.; Kek, T.; Gan, C.; et al. 2011. Yield and some chemical properties of pectin extracted from the peels of dragon fruit. Philippine Agricultural Scientist 94: 307-311.
- Tapia, A.; Rodríguez, J.; Theoduloz, C.; et al. 2004. Free radical scavengers and antioxidants from baccharis grisebachii. Journal of Ethno-pharmacology 95: 155-161.
- Trigo, C.; Koskinen, W.; Kookana, R. 2014. Sorption-desorption of indaziflam and its three metabolites in sandy soils. Journal Environmental Science and Health 49: 836-843.
- Thirugnanasambandham, K.; Sivakumar, V.; Prakash Maran, J. 2014d. Efficiency of electrocoagulation method to treat chicken processing industry wastewater-modeling and optimization. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45: 2427-2435.
- Thirugnanasambandham, K.; Sivakumar, V. 2015. Microwave assisted extraction process of betalain from dragon fruit and its antioxidant activities.

- Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 16: 41-48.
- Tonny, C.; Maigoda; Darwis; *et al.* 2017. Red dragon fruit powder as a basic ingredient for functional foods rich in bioactive compounds, nutritional substances and antioxidants. *Pakistan Journal of Nutrition* 16: 714-718.
- Tran, D.; Yen, C.; Chen, Y. 2015. Effects of bagging on fruit characteristics and physical fruit protection in red pitaya (*Hylocereus* spp.). *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems* 31: 158-166.
- Tze, N.; Han, C.; Yusof, Y.; *et al.* 2012. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Food Science and Biotechnology* 21: 675-682.
- Valencia-Botín, A.; Kokubu, H.; Ortíz-Hernandez, Y. 2013. A brief overview on pitahaya (*Hylocereus* spp.) diseases. *Australasian Plant Pathology* 42: 437-440.
- Valiente-Banuet, A.; Santos-Gally, R.; Arizmendi, M.; *et al.* 2007. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* 68: 1-8.
- Vilaplana, R.; Páez, D.; Valencia-Chamorro, S. 2017. Control of black rot caused by *Alternaria alternata* in yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) through hot water dips. *LWT - Food Science and Technology* 82: 162-169.
- Warusavitharana, A.; Peiris, K.; Wickramatilake, K.; *et al.* 2017. Performance of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) in the low country wet zone (LCWZ) of Sri Lanka. *Acta Horticulturae* 1178: 31-34.
- Wichienchot, S.; Jatupornpipat, M.; Rastall, R.A. 2010. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry* 120: 850-85.
- Wojciechowska, E.; Weinert, C.; Egert, B.; *et al.* 2014. Chlorogenic acid, a metabolite identified by untargeted metabolome analysis in resistant tomatoes, inhibits the colonization by *Alternaria alternata* by inhibiting alternariol biosynthesis. *European Journal of Plant Pathology* 139: 735-747.
- Wu, J.; Zhan, R.; Liu, F.; Cang, J. 2017. First report of a stem and fruit spot of pitaya caused by *Aureobasidium pullulans* in China. *Plant Disease* 101: 249-250.
- Xu, L.; Zhang, Y.; Wang, L. 2016. Structure characteristics of a water-soluble polysaccharide purified from dragon fruit (*Hylocereus undatus*) pulp. *Carbohydrate Polymers* 146: 224-230.
- Xu, M.; Peng, Y.; Qi, Z.; *et al.* 2018. Identification of *Neoscytalidium dimidiatum* causing canker disease of pitaya in Hainan, China. *Australasian Plant Pathology* 47: 547-553.
- Yen-Chieh, C.; Jer-Chia C. 2019. Net Houses Effects on Microclimate, Production, and Plant Protection of White-fleshed Pitaya. *HortScience* 54: 692-700.
- Yoo, H.; Kim, D.; Paek, S.H.; *et al.* 2012. Plant cell wall polysaccharides as potential resources for the development of novel prebiotics. *Biomolecules & Therapeutics* 20: 371-379.
- Zhang, S.; Hu, H.; Wang, L.; *et al.* 2018. Preparation and prebiotic potential of pectin oligosaccharides obtained from citrus peel pectin. *Food Chemistry* 244: 232-237.
- Zee, F.; Yen, C.; Nishina, M. 2004. Pitaya (Dragon fruit, strawberry pear). Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manōa. Pp 3.
- Zorrilla, A.; Eirez, M.; Izquierdo, M. 2004. Papel de los radicales libres sobre el ADN: carcinogénesis y terapia antioxidante. *Revista Cubana de Investigación Biomédica* 23: 51-57.