





Use of the Pitahaya peel. A Systematic Review of the Literature.

Nicolas-Saldaña Grace Milene, Estudiante de Ingeniería Industrial¹ , Paz-Reyes Moacir Fernando, Estudiante de Ingeniería Industrial¹ , Chávez-Romero Zaida Brenilda, Doctora en Ingeniería¹ , Torres-Mildez Karl Friederick, Magister en Administración y Marketing 




¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U20237268@utp.edu.pe, U20309231@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe y c19718@utp.edu.pe


Abstract– This systematic review of the literature shows the various research advances, perspectives and current trends regarding the shell of the "dragon fruit", and its possible applications for the generation of products with greater added value, which have sustainable production processes. Through the use of the PICO and PRISMA methodology, 39 articles out of a total of 169 were reviewed, with exclusions of keywords, age, titles and abstracts. The results show that among the main compounds, polyphenols, flavonoids, pectins, betacyanins have been found, which demonstrate that the peel is highly usable for various applications. There is a clear trend for the use of highly sustainable extraction techniques (ultrasound and microwave), trying to reduce the use of traditional methods in which organic solvents are used. This diversity of products from the Pitahaya peel are highly promising within the food, chemical and pharmaceutical sectors, having a clear strategy to promote the circular economy in these sectors. Finally, the findings obtained support the feasibility of using Pitahaya peel for various applications, which can generate a positive socioeconomic impact.

Keywords– Hylocereus undatus, Pitahaya, antioxidant, peel, dragon fruit

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Aprovechamiento de la cáscara de Pitahaya. Una Revisión Sistemática de la Literatura

Nicolas-Saldaña Grace Milene, Estudiante de Ingeniería Industrial¹ , Paz-Reyes Moacir Fernando, Estudiante de Ingeniería Industrial¹ , Chávez-Romero Zaida Brenilda, Doctora en Ingeniería¹ , Torres-Mildez Karl Friederick,

Magister en Administración y Marketing 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U20237268@utp.edu.pe, U20309231@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe y c19718@utp.edu.pe

Resumen– La presente revisión sistemática de la literatura muestra los diversos avances de investigación, perspectivas y tendencias actuales con respecto a la cáscara del “fruto del dragón”, y sus posibles aplicaciones para la generación de productos con mayor valor añadido, que cuenten con procesos sostenibles de producción. A través del empleo de la metodología PICO y PRISMA se revisaron 39 artículos de un total de 169, con exclusiones de palabras clave, antigüedad, títulos y resúmenes. Los resultados muestran que entre los principales compuestos se han encontrado polifenoles, flavonoides, pectinas, betacianinas, los cuales demuestran que la cáscara es altamente utilizable para diversas aplicaciones. Existe una clara tendencia por el uso de técnicas de extracción altamente sustentables (ultrasonidos y microondas), intentando disminuir la utilización de los métodos tradicionales en los cuales se usan disolventes orgánicos. Esta diversidad de productos a partir de la cáscara de Pitahaya, son altamente prometedores dentro de los sectores de alimentos, química y farmacéuticos, teniendo una clara estrategia para promover la economía circular en estos sectores. Finalmente, los hallazgos obtenidos respaldan que es viable el uso de la cáscara de Pitahaya para diversas aplicaciones, las cuales pueden generar un impacto socioeconómico positivo.

Palabras clave– *Hylocereus undatus*, Pitahaya, antioxidante, cáscara, fruto del dragón

I. INTRODUCCIÓN

La Pitahaya (*Selenicereus undatus*), es una fruta exótica perteneciente a la familia Cactaceae, de los cuales se pueden destacar dos de sus variedades más comerciales: Pitahaya amarilla y roja, siendo producida en zonas subtropicales y tropicales de Latinoamérica [1].

En el Perú, el también llamado “fruto del dragón” se cultiva en las regiones de Lambayeque, Piura y Tumbes. Los agricultores de tierras secas pueden sembrar dicho fruto, ya que muestra una alta tolerancia a la sequía a comparación de otros cultivos que necesitan entre cuatro a seis veces más del uso del agua. Sin embargo, es necesario considerar que las temperaturas cálidas favorecen el cultivo de este fruto a través de una mejor germinación [2].

En los últimos años, este fruto viene llamando la atención del consumidor gracias a su elevado contenido nutricional y su amplia diversidad de propiedades antioxidantes (betaninas, polifenoles), aceites, vitamina C, etc [3]. Asimismo, los índices de carbohidratos son comparables a las manzanas, duraznos, peras, granadilla y guabas (10-19%), según datos obtenidos del Ministerio de Salud. No obstante, la madurez de la Pitahaya

también influye en el número de propiedades y la intensidad de ellos [4].

Desafortunadamente, los beneficios anteriormente mencionados no son aprovechados de forma adecuada. Esto se debe a que actualmente en el Perú el desarrollo de productos no tradicionales se encuentra muy atrasado, puesto que requieren de un proceso complejo y de alto valor agregado, lo que provoca que la industria esté solo enfocada en su exportación como fruto, a diferencia de grandes empresas alrededor del mundo que si realizan el procesamiento de la Pitahaya.

Aunque la cáscara que representa el 33% del fruto [5], no se está usando como un recurso prometedor que ayude a contribuir a la reducción de residuos generados en la industria alimentaria. Así pues, este subproducto tendría una mayor utilización en la industria alimentaria (infusiones, producción de harina, colorantes, etc.) y cosmética, así también tiene capacidad en la eliminación de contaminantes presentes en el agua residual [2], generando oportunidades de desarrollo económico y diversificación de productos.

A raíz de dicho problema, esta revisión sistemática de la literatura pretende evaluar y consolidar la situación actual de la investigación en esta área, identificando las principales tendencias y lagunas de conocimiento, puesto que, en el contexto actual, se ha evidenciado la no existencia en grandes cantidades, de artículos e investigaciones relevantes, acerca de los potenciales usos que puede tener, ya sea en otros procesos o como complemento. Del mismo modo, se busca dar una oportunidad de investigación que abra camino a descubrir diversas propiedades, gracias a una recopilación y síntesis del conocimiento disponible e identificar las áreas de investigación que requieren mayor atención, razón por la cual resulta fundamental y necesario hacer una filtración de todas las publicaciones con alto nivel científico, y presentarlo para el apoyo de futuras investigaciones.

Este documento resume los resultados en diversas secciones. En primer lugar, se presentará una revisión detallada de los estudios existentes sobre el aprovechamiento de la cáscara de Pitahaya, incluyendo investigaciones relacionadas con su composición química, propiedades funcionales y aplicaciones potenciales. Finalmente, se realizará un análisis crítico de los hallazgos encontrados, permitiendo distinguir las principales tendencias, y desafíos existentes en la industria.

La cáscara de Pitahaya ha suscitado una atención significativa en los últimos años debido a la creciente conciencia de la población y aceptación por los productos

saludables. Sin embargo, no está siendo realmente aprovechado a pesar de tener un perfil nutricional destacado. Para abordar este problema, se busca responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es el aprovechamiento potencial de la cáscara de la Pitahaya a través de una RSL?, para ello se planteó como objetivo determinar el aprovechamiento potencial de la cáscara de la Pitahaya a través de una RSL.; con los siguientes objetivos específicos (i) Identificar las características de la cáscara de Pitahaya en cuanto a su composición química y propiedades funcionales y (ii) determinar los usos y aplicaciones de este residuo.

II. METODOLOGÍA

Con el propósito de obtener resultados enfocados en el tema planteado, la investigación se realizó tomando como base la versión actualizada y en español de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis), que es una guía que facilita la identificación, selección, evaluación y síntesis de la literatura relacionada con el tema en cuestión [6].

Respecto a la búsqueda de información para la elaboración de la revisión sistemática, se consultaron bases de datos como Scopus, Science Direct y Google Scholar, por la veracidad y calidad de su información. Se utilizaron las palabras clave principales "dragon fruit" (fruto del dragón) y "peel" (cáscara), utilizando operadores booleanos (e.g., AND, OR), para una mejor gestión de la búsqueda y generar varias cadenas, en los artículos de investigación.

En cuanto a los criterios de elegibilidad, se consideró el período de publicación de los artículos científicos y RSL, limitándolo entre los años 2018 y 2023, y se incluyeron tanto los artículos en español como en inglés, que sean de tipo *Open Access*. También se tuvieron en cuenta aquellos artículos cuyas palabras clave estuvieran estrechamente relacionadas, aunque no fueran exactamente iguales a las introducidas. Por otro lado, se excluyeron documentos fuera del período designado, aquellos que no cumplían con los estándares académicos requeridos, así como aquellos que no estaban disponibles para una revisión completa.

Así, mediante el diseño y la implementación metódica de los criterios establecidos, se logró establecer una estrecha correspondencia entre los objetivos de investigación y los estudios seleccionados, culminando en la identificación de un total de 39 trabajos para el análisis.

III. RESULTADOS

A. Resultados bibliométricos de la revisión sistemática

A continuación, se presentan los documentos seleccionados para la elaboración de la revisión sistemática. Estos han sido ordenados alfabéticamente según los títulos.

En la Tabla I, se muestran los nombres de los autores y títulos de los documentos seleccionados, puesto que se busca un análisis profundo de las publicaciones científicas relacionadas con este tema.

TABLA I
INVESTIGACIONES SELECCIONADAS PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Autor	Título
Ferreira, V. C., Ampese, L. C., Sganzerla, W. G., Colpini, L. M. S., & Forster-Carneiro, T. [7]	An updated review of recent applications and future perspectives on the sustainable valorization of pitaya (<i>Hylocereus</i> spp.) by-products.
Diyatri, I. et al. [8]	Antibacterial effect of a gingival patch containing nano-emulsion of red dragon fruit peel extract on <i>Porphyromonas gingivalis</i> , <i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> , and <i>Fusobacterium nucleatum</i> assessed in vitro
Leong, H. Y., Ooi, C. W., Law, C. L., Julkifle, A. L., Ling, T. C., & Show, P. L. [9]	Application of liquid biphasic flotation for betacyanins extraction from peel and flesh of <i>Hylocereus polyrhizus</i> and antioxidant activity evaluation.
Shad, Z., Mirhosseini, H., Hussin, A. S. M., Forghani, B., Motshakeri, M., & Manap, M. Y. A. [10]	Aqueous two-phase purification of α -Amylase from white pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>) peel in polyethylene glycol /citrate system: Optimization by response surface methodology
Arivalagan, M. et al. [3]	Biochemical and nutritional characterization of dragon fruit (<i>Hylocereus</i> species)
López-Díaz, A. S., Barriada-Bernal, L. G., Rodríguez-Ramírez, J., & Méndez-Lagunas, L. L. [11]	Characterization of pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) mucilage -based films
Quispe, E., Chávez, J., Medina, M., Loayza, L. & Apumayta, E. [12]	Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (<i>Hylocereus</i> spp.)
Mardiana, Budiono, I., & Putriningtyas, N. D. [13]	Comparison of organoleptic, protein, lipid and flavonoid content of commercial starter and isolated culture red dragon fruit peel yogurt.
Qin, Y., Xu, F., Yuan, L., Hu, H., Yao, X., & Liu, J. [14]	Comparison of the physical and functional properties of starch/polyvinyl alcohol films containing anthocyanins and/or betacyanins.
Pramitasari, R., Gunawicahya, L. N., & Anugrah, D. S. B. [15]	Development of an Indicator Film Based on Cassava Starch-Chitosan Incorporated with Red Dragon Fruit Peel Anthocyanin Extract.
Madane, P., Das, A. K., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., Shewalkar, A., & Maity, B. [16]	Dragon fruit (<i>Hylocereus undatus</i>) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets.
Homthawornchoo, W., Hakimi, N. F. S. M., Romruen, O., & Rawdkuen, S. [17]	Dragon Fruit Peel Extract Enriched-Biocomposite Wrapping Film: Characterization and Application on Coconut Milk Candy.
Amalina, F., Razak, A. S. A., Krishnan, S., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. [18]	Dyes removal from textile wastewater by agricultural waste as an absorbent – A review
Rahmati, S., Abdullah, A., & Kang, O. [19]	Effects of different microwave intensity on the extraction yield and physicochemical properties of pectin from dragon fruit (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) peels
Fathordoobady, F., Jarzębski, M., Pratap-Singh, A., Guo, Y., & Abd-Manap, Y [20]	Encapsulation of betacyanins from the peel of red dragon fruit (<i>Hylocereus polyrhizus</i> L.) in alginate microbeads.
Putthawan, P., Prompanya, B., & Promnet, S. [21]	Extraction, biological activities, and stability of <i>Hylocereus polyrhizus</i> peel extract as a functional food colorant and nutraceutical.

Li, D., Arroyave, M., Shaked, R., y Tel-Zur, N. [2]	Homozygote Depression in Gamete-Derived Dragon-Fruit (Hylocereus) Lines
Nur, Md. A., Uddin, M. R., Meghla, N. S., Uddin, M. J., & Amin, M. Z. [22]	In vitro antioxidant, anti-inflammatory, anti-bacterial, and cytotoxic effects of extracted colorants from two species of dragon fruit (Hylocereus spp.).
Sánchez, C. et al., (2018). [4]	Tablas peruanas de composición de alimentos.
Wattanakornsiri, A., Rattanawan, P., Sanmueng, T., Satchawan, S., Jammongkan, T., & Phuengphai, P. [23]	Local fruit peel biosorbents for lead (II) and cadmium (II) ion removal from waste aqueous solution: A kinetic and equilibrium study.
Le, O. T. H., Tran, L. N., Doan, V. T., Pham, Q. V., Ngo, A. V., & Nguyen, H. H. [24]	Mucilage Extracted from Dragon Fruit Peel (Hylocereus undatus) as Flocculant for Treatment of Dye Wastewater by Coagulation and Flocculation Process.
Ferreres, F., Grosso, C., Gil-Izquierdo, A., Valentão, P., Mota, A. & Andrade, P. [5]	Optimization of the recovery of high-value compounds from pitaya fruit by-products using microwave-assisted extraction
Morais, D. C. M., Alves, V. M., Asquieri, E. R., Souza, A. R. M. D., & Damiani, C. [25]	Physical, chemical, nutritional and antinutritional characterization of fresh peels of yellow pitaya (Selenicereus megalanthus) and red pitaya (Hylocereus costaricensis) and their flours.
Nguyen, B., Pirak, T., & Yildiz, F. [26]	Physicochemical properties and antioxidant activities of white dragon fruit peel pectin extracted with conventional and ultrasound-assisted extraction
Muhammad, N., Nurrulhidayah, A., Hamzah, M., Rashidi, O. & Rohman, A. [27]	Physicochemical properties of dragon fruit peel pectin and citrus peel pectin: a comparison
Verona, A., Urcia, J., & Paucar, L. [1]	Pitahaya (Hylocereus spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds
Abatal, M. et al. [28]	Pitahaya Fruit (Hylocereus spp.) Peels Evaluation for Removal of Pb (II), Cd(II), Co(II), and Ni(II) from the Waters.
Jimenez-Garcia, S. N. et al. [29]	Pitahaya Peel: A By-Product with Great Phytochemical Potential, Biological Activity, and Functional Application.
Salam, H. S., Tawfik, M. M., Elnagar, M. R., Mohammed, H. A., Zarka, M. A., & Awad, N. S. [30]	Potential Apoptotic Activities of Hylocereus undatus Peel and Pulp Extracts in MCF-7 and Caco-2 Cancer Cell Lines.
Setiarso, P., & Sova, R. R. [31]	Potential Dye Suji Leaves (Pleomele angustifolia) Chlorophyll and Red Dragon Fruit Peel (Hylocereus polyrhizus) Anthocyanins as Natural Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells.
Zaid, R., Mishhra, P., Siti, A., Tabassum, S., Ad Wahid, Z. & Mimi, A. [32]	Proximate characteristics and statistical optimization of ultrasound-assisted extraction of high-methoxyl-pectin from Hylocereus polyrhizus peels
Roriz, C. L. et al. [33]	Red pitaya (Hylocereus costaricensis) peel as a source of valuable molecules: Extraction optimization to recover natural colouring agents.
Le, H. O. T. [34]	Removal of pollutants from disperse black dye wastewater by mucilage from dragon fruit peel

Veerakumar, P., Hung, S.-T., Hung, P.-Q., & Vishnu Priya, V. [35]	Synthesis of Activated Porous Carbon from Red Dragon Fruit Peel Waste for Highly Active Catalytic Reduction in Toxic Organic Dyes.
Nabila, S., Srihardyastutie, A., Prasetyawan, S., Aulanni'am, A., & Retnowati, R. [36]	The Addition of Red Dragon Fruit and Lemon Peels for the Improvement of Fermented Beverage Products
Cahyati, W. H., Siyam, N., & Putriningtyas, N. D. [37]	The potential of red dragon fruit peel yogurt to improve platelet levels in heparin-induced thrombocytopenia in Wistar rats.
Page, M. et al. [6]	The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews
Qian, S., Fang, X., Dan, D., Diao, E., & Lu, Z. [38]	Ultrasound-assisted enzymatic extraction of a water-soluble polysaccharide from dragon fruit peel and its antioxidant activity.
Bhagya Raj, G., Dash, K. [39]	Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies
Mahlil, Y., H., W., M., & Endo Mahat, M. [40]	Using Physical and Chemical Methods to Improve the Nutrient Quality of Dragon Fruit (Hylocereus polyrhizus) Peel for Use as Feed for Laying Hens.

Seguidamente, los documentos fueron clasificados de acuerdo con algunos criterios y la información se representó mediante gráficos. De esta manera, se ofrece un panorama general de las tendencias y los patrones emergentes en la investigación relacionada con este campo específico.

En la Fig. 1, se muestra la cantidad de artículos con respecto al año en el que fueron publicados, siendo expresados en porcentaje. Se demuestra que en los años 2021 y 2022 se publicó la mayor cantidad de investigaciones seleccionadas, abarcando el 46.8% del total. Sin embargo, se estima que la cantidad reflejada en el año 2023 siga en aumento, ya que solo se tomó en cuenta el periodo enero-mayo.

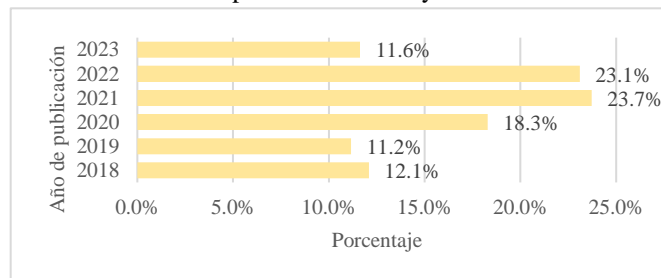


Fig. 1 Distribución porcentual de la literatura seleccionada según el año de publicación.

En la Fig. 2, la literatura seleccionada fue distribuida según su país de origen. De la figura se observa, cómo más del 50% de publicaciones son del continente asiático, repartidos mayormente entre Indonesia (17.5%), Malasia (15%), Tailandia (10%), China (7.5%) e India (7.5%). Esto demuestra el creciente interés que produce la Pitahaya en esa parte del mundo.

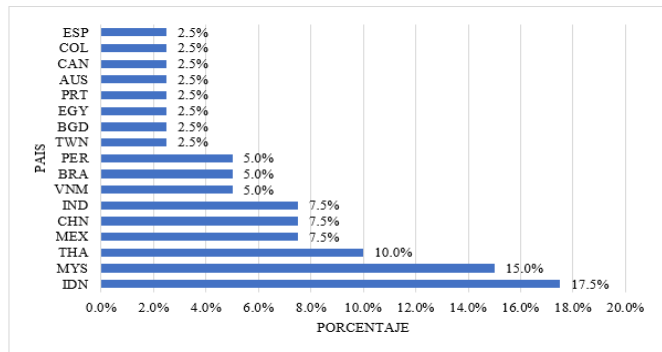


Fig. 2 Distribución porcentual de la literatura seleccionada según el país de origen.

En la Fig. 3, se visualiza un resumen conciso de la metodología PRISMA utilizada. Es por ello, que se logró establecer una estrecha correspondencia entre los objetivos de la investigación y los estudios seleccionados, culminando en la identificación de un total de 39 trabajos para el análisis, de un universo de 169 registros identificados acerca de la cáscara de Pitahaya.

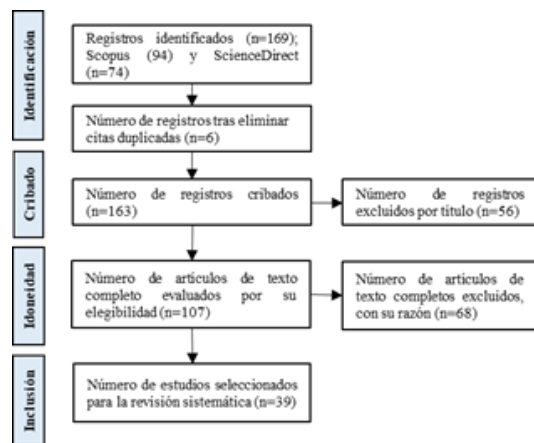


Fig. 3 Diagrama de flujo PRISMA en 4 niveles.

En la Tabla II, se muestran las principales revistas consultadas en la investigación, y su respectivo cuartil asignado en Scopus. Se cuenta con 17 artículos con clasificación Q1, 4 artículos Q2, y finalmente 7 artículos Q3. Esto demuestra la rigurosidad de la investigación, ya que está tomando mayormente artículos de nivel Q1.

TABLA II
REVISTAS DE ALTO IMPACTO IDENTIFICADAS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LA CÁSCARA DE PITAHAYA

Revista	Cuartil
Sustainable Chemistry and Pharmacy	Q1

Separation and Purification Technology	Q1
Biocatalysis and Agricultural Biotechnology	Q1
Food Chemistry	Q1
Applied Food Research	Q3
Revista Facultad Nacional de Agronomía	Q3
Food Research	Q3
International Journal of Biological Macromolecules	Q1
Polymers	Q1
Journal of Food Science and Technology	Q1
Polymers	Q1
Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre	Q2
Food Hydrocolloids	Q1
Tropical Journal of Pharmaceutical Research	Q3
Frontiers in plant science	Q1
South African Journal of Chemical Engineering	Q1
Food Chemistry	Q1
Revista Ciencia Agronómica	Q3
Cogent Food & Agriculture	Q2
Food Research	Q3
Scientia Agropecuaria	Q3
Molecules	Q1
Plants	Q1
Food and Bioproducts Processing	Q1
Food Chemistry	Q1
Catalyst	Q2
Science and Technology Indonesia	Q3
RSC Advances	Q2
Ultrasonics – Sonochemistry	Q1

B. Resultados de contenido de la revisión sistemática

A continuación, se extrajeron los datos referentes a las propiedades de la cáscara de Pitahaya que ayuden a respaldar el potencial presente en este residuo.

En la Tabla III, la muestra usada por la mayoría de los autores tiene como base 100 gr. comenzando con la humedad, para los casos [25,33], mostraron niveles de humedad mayores al 85 %, obteniendo en sus investigaciones 88,56% y 92,65% respectivamente. Así también la fibra dietética presenta valores en un rango de 57 y 69%. Por otro lado, la cantidad de fenólicos y flavonoides son altos, concluyendo que estas dos propiedades están presentes en la cáscara del “fruto del dragón” [29].

TABLA III
PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA

Fuente	Propiedades	Cantidad	Unidades
[25]	Humedad	88,56	(%)
[33]		92,65	(%)
[25]	Cenizas	18,21	(%)
[33]		0,1	(%)
[25]	Proteínas	6,16	(%)
[33]		0,95	(%)
[33]	Pectina	10,79 ± 0,01	(%)

[25]	Lípidos	4,13	(Kcal/g)
[29]	Fenólico	1.863	(mg GAE/g)
[29]	flavonoides	352.09	(mgRE/g)
[29]	Taninos	1.628	(mgCE/g)
[33]	Oxálico	1,68 ± 0,01	(g/100 g ps)
[25]	Cítrico	0,35 ± 0,02	(g/100 g ps)
[33]	Málico	1,7 ± 0,1	(g/100 g ps)
[29]	Hexadecanoico	0.104	(mgAG/g)
[29]	Linoleato	0.087	(mgAG/g)
[7]	α-tocoferol	3,10	(mg/100 g ps)
[7]	β-tocoferol	0,16	(mg/100 g ps)
[7]	γ-tocoferol	11,8	(mg/100 g ps)
[7]	δ-tocoferol	0,84	(mg/100 g ps)
[7]	Betanina	10,1 mg g ⁻¹	(mg g ⁻¹)
[7]	Isobetanina	11,8 mg g ⁻¹	(mg g ⁻¹)
[33]	Filocactina	14,8 mg g ⁻¹	(mg g ⁻¹)
[33]	Isofilocactina	11,7 mg g ⁻¹	(mg g ⁻¹)
[33]	Betacianina	150,46 ± 2,19	(mg/100 g MS)
[33]	Fibra dietética total	69,30 ± 0,53	(%)
[25]		57,25 ± 7,12	(%)
[33]	Ph	5,06 ± 0,01	
[25]		5,03 ± 0,12	

En la Tabla IV, se pudieron identificar estudios que utilizaron diversos métodos de extracción para obtener compuestos bioactivos útiles, demostrando una variabilidad significativa en los métodos de extracción utilizados, y esto puede afectar la eficiencia y la calidad de los potenciales productos obtenidos. La extracción con disolventes orgánicos, presentes en las investigaciones [31,15], muestran que se utilizó por su capacidad para extraer una amplia gama de compuestos bioactivos. Sin embargo, es importante recalcar que el uso de estos disolventes puede generar preocupaciones en términos de seguridad y sobre todo el impacto ambiental que producen. Por otro lado, los métodos vía microondas y ultrasonidos, emergieron como métodos alternativos en la obtención de compuestos bioactivos [32,39]. La aplicación de ultrasonidos, mejora la eficiencia de extracción al aumentar la velocidad de transferencia de masa [38]. A pesar de la variedad de métodos de extracción utilizados, la falta de estándares de extracción dificulta la comparabilidad de los resultados.

TABLA IV

MÉTODOS EXPERIMENTALES DE EXTRACCIÓN DE LA CÁSCARA

Fuente	Método de extracción	Producto extraído de valor agregado
[8]	Difusión	Flavonoides
[31]	Solución de etanol	Clorofila - Antocianina
[35]	Enfoque de activación química	Catalizador libre
[28]	Método pHpzc, (FTIR), (SEM/EDS).	Polvo de pitahaya
[29]	Método DPPH, Método ABTS	Flavonoides
[15]	Solución de etanol	Antocianina
[21]	Extracción acuosa	Flavonoides
[30]	Método LC-MS y GC-MS	Fenoles y Flavonoides
[23]	Método de adsorción	Biosorbentes naturales modificados químicamente
[12]	Método ABTS, DPPH	Flavonoides y polifenoles
[39]	Ultrasonido	Polifenoles
[34]	Coagulación y Floculación	Mucílago
[16]	Análisis por HPLC	Ácido gálico y ferúlico
[27]	Extracción ácida en caliente a pH 3,5	Pectina
[14]	Solución alcohólica	Betacianina

[32]	Microondas	Alto metoxil-pectina
[26]	Extracción asistida por ultrasonidos.	Pectina
[19]	Microondas	Pectina
[9]	Flotador bifásico neto	Betacianina
[40]	Solución de ácido acético	Antocianina
[38]	Ultrasonido	Polisacárido hidrosoluble (DFWSP-1)
[10]	Extracción acuosa	Betacianina

Con relación a la Tabla V, que presenta las oportunidades de uso en la industria alimentaria. Los casos [15,11,17,16,33] expresan que ayuda a la conservación de alimentos como película de envoltura, principal componente la fibra dietética para mejorar la calidad de nuggets de pollo por sus propiedades antioxidantes y en la fermentación de bebidas. Por otro lado, los artículos [34,13,22,36] indican que se pueden elaborar alimentos más saludables como yogurt, caramelos de gelatina, colorante alimenticio y en la elaboración de alimentos para gallinas ponedoras.

TABLA V
APROVECHAMIENTO POTENCIAL DE LA CÁSCARA DE
PITAHAYA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Fuente	Especie	Compuestos Químicos	Oportunidad de uso
[22]	<i>H. polyrhiza</i>	Polifenoles, propiedades antioxidantes y antimicrobianas	Colorantes alimentarios
[36]		Fibra dietética, antocianina, vitamina C, y fenólicos	Fermentación de bebidas
[15]		Antocianinas flavonoides, betacianinas	Película indicadora de envoltura
		Pectina	Caramelos de gelatina
[37]		Betacianinas, pectina, Triterpenoides, Vitamina C	Yogurt de cáscara de fruta
[40]		Fibra cruda, antocianina, betacaroteno y licopeno	Alimento para gallinas ponedoras
[11]		Polisacáridos, pectina, actividad antioxidante	Película de envoltura
[17]		Polifenoles y Capacidad antioxidante	Película de envoltura
[16]		<i>H. undatus</i>	Fibra dietética, antioxidantes, fenólicos

Del mismo modo, en la Tabla VI se presentan las oportunidades de uso encontradas en la industria química, en la cual se observa que la cáscara de Pitahaya contiene una variedad de compuestos que pueden utilizarse para la obtención de colorantes naturales, demostrando resultados prometedores, [31]. Además, la cáscara de Pitahaya ha mostrado actividad como agente quelante, es decir en la producción de biosorbentes para la eliminación de metales pesados [28]. También es

importante mencionar que se puede utilizar para la eliminación de tintes de aguas residuales en industria textil [18].

TABLA VI
APROVECHAMIENTO POTENCIAL DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

Fuente	Especie	Valor agregado encontrado	Usos de oportunidad
[35]	<i>H. costaricensis</i>	Mesoporos, estructura de grafito y efectos de dopaje.	Catalizador viable
[31]	<i>H. polyrhizus</i>	Buena eficiencia producida por DSSC con colorante de clorofila y antocianinas	Reactivos prometedores para ser utilizados como colorantes DSSC.
[28]	<i>H. spp.</i>	Interacción alta entre carboxilo e hidroxilo en la superficie de la cáscara y los iones metálicos.	Eliminación de Pb (II), Cd (II), Co (II) y Ni (II) de aguas contaminadas
[23]	<i>H. spp.</i>	Capacidad de adsorción efectiva y reutilización.	Eliminación de tintes de aguas residuales textiles
[23]	<i>H. costaricensis</i>	Adsorbentes económicos y prometedores	Biosorbentes para la eliminación de iones de plomo (II) y cadmio (II) de soluciones acuosas residuales
[34]	<i>H. undatus</i>	Elimina la turbidez hasta en un 94,92%.	Eliminación de contaminantes de aguas residuales dispersas de tinte negro

Finalmente, en la Tabla VII se muestran las oportunidades de uso en la industria farmacéutica, para el cual la cáscara indica una alta presencia de terpenoides, compuestos fenólicos, flavonoides, y vitaminas, estos le dan un alto nivel de actividad antibacteriana y anticancerígena, contribuyendo a la propuesta como parche gingival mucoadhesivo para aprovechar esta propiedad antibacteriana, extraídos por ensayos in vitro [8]. Sumado a ello, buscan detectar posibles actividades apoptóticas de extractos de cáscara y pulpa de *Hylocereus undatus* en líneas celulares de cáncer MCF-7 [30].

TABLA VII
APROVECHAMIENTO POTENCIAL DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA

Fuente	Compuestos Bioactivos	Compuestos Bioactivos	Oportunidad de uso
[8]	<i>H. polyrhizus</i>	Terpenoides y flavonoides	Parche gingival mucoadhesivo.
[30]	<i>H. undatus</i>	Fenólicos, flavonoides, antioxidantes y vitaminas	Combatir las líneas celulares de cáncer de mama y colorrectal

IV. CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática abarca el tema del aprovechamiento de la cáscara de Pitahaya durante el periodo comprendido entre los años 2018-2023. A pesar de buscar artículos de distintas fuentes, las investigaciones disponibles no son muchas. Los documentos que se lograron conseguir fueron evaluados aplicando la bibliometría para obtener alcances

acerca de la actividad científica relacionada con el tema de interés planteado.

Con relación a sus propiedades químicas, en la cáscara de Pitahaya se encontraron principalmente antioxidantes como polifenoles, flavonoides y fenólicos, compuestos como pectina, betacianinas, antocianinas y fibra dietética, resaltándose de los demás compuestos bioactivos.

En cuanto a los métodos de extracción se pueden destacar la extracción con disolventes orgánicos y la extracción vía microondas y ultrasonidos. Estos métodos han demostrado ser efectivos para obtener los compuestos bioactivos de la cáscara de Pitahaya. En los diversos campos de aplicación de la cáscara de Pitahaya, se encuentran el desarrollo de películas de envoltura de alimentos, fermentación de bebidas, yogurt a base de este residuo, caramelos de gelatina, colorante alimenticio, alimento para gallinas ponedoras. Además, uso como reactivos a base de colorantes, catalizador viable y su participación en el tratamiento para aguas contaminadas por metales pesados. También, como parche gingival mucoadhesivo y para prevenir líneas celulares de cáncer de mama.

Entonces, se logró confirmar el notable potencial de aprovechamiento de la cáscara de Pitahaya, evidenciado por su contenido significativo de compuestos bioactivos, además de la versatilidad que refleja en sus diversas aplicaciones, que abarcan desde la industria alimentaria, química y farmacéutica. Estos hallazgos respaldan la importancia de considerar la cáscara de Pitahaya como un recurso valioso y sostenible con un potencial significativo en múltiples sectores.

A pesar de que se llegó a dichas conclusiones, se recomienda realizar más estudios referidos al tema pues, aunque existen variedad de métodos de extracción utilizados, la falta de estándares de extracción dificulta la comparabilidad de los resultados. Es por ello, que se requiere una mayor atención en la estandarización de los métodos de extracción de la cáscara de Pitahaya para garantizar la reproducibilidad futura de los resultados. Además, se necesitan estudios adicionales que comparen diferentes métodos en términos de eficiencia, calidad y consideraciones económicas y ambientales. De este modo, la oportunidad de un óptimo aprovechamiento se hará más visible y otros investigadores podrán brindar soluciones creativas que potencialicen la industria.

REFERENCIAS

- [1] A. Verona-Ruiz, J. Urcia-Cerna, y L. Paucar-Menacho, "Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds", *Science Agropecuary.*, vol. 11, n.º 3, pp. 439-453, August 2020.
- [2] D. Li, M. F. Arroyave Martinez, R. Shaked, y N. Tel-Zur, "Homozygote Depression in Gamete-Derived Dragon-Fruit (*Hylocereus*) Lines", *Front. Plant Sci.*, vol. 8, p. 2142, January. 2018.
- [3] M. Arivalagan *et al.*, "Biochemical and nutritional characterization of dragon fruit (*Hylocereus* species)", *Food Chem.*, vol. 353, p. 129426, August 2021.

- [4] C. A. C. Sánchez *et al.*, "Tablas peruanas de composición de alimentos", *Centro Nacional de Alimentación y Nutrición*, vol. 10, Enero 2018.
- [5] F. Ferreres, C. Grosso, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão, A. T. Mota, y P. B. Andrade, "Optimization of the recovery of high-value compounds from pitaya fruit by-products using microwave-assisted extraction", *Food Chem.*, vol. 230, pp. 463-474, September 2017.
- [6] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews", *BMJ*, p. n71, March 2021.
- [7] V. C. Ferreira, L. C. Ampese, W. G. Sganzerla, L. M. S. Colpini, y T. Forster-Carneiro, "An updated review of recent applications and future perspectives on the sustainable valorization of pitaya (*Hylocereus* spp.) by-products", *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 33, p. 101070, Jun 2023.
- [8] I. Diyatri *et al.*, "Antibacterial effect of a gingival patch containing nano-emulsion of red dragon fruit peel extract on *Porphyromonas gingivalis*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, and *Fusobacterium nucleatum* assessed in vitro", *J. Oral Biol. Craniofacial Res.*, vol. 13, n.º 3, pp. 386-391, May 2023.
- [9] H. Y. Leong, C. W. Ooi, C. L. Law, A. L. Julkifle, T. C. Ling, y P. L. Show, "Application of liquid biphasic flotation for betacyanins extraction from peel and flesh of *Hylocereus polyrhizus* and antioxidant activity evaluation", *Sep. Purif. Technol.*, vol. 201, pp. 156-166, August 2018.
- [10] Z. Shad, H. Mirhosseini, A. S. M. Hussin, B. Forghani, M. Motshakeri, y M. Y. A. Manap, "Aqueous two-phase purification of α -Amylase from white pitaya (*Hylocereus undatus*) peel in polyethylene glycol /citrate system: Optimization by response surface methodology", *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, vol. 14, pp. 305-313, April 2018.
- [11] A. S. López-Díaz, L. G. Barriada-Bernal, J. Rodríguez-Ramírez, y L. L. Méndez-Lagunas, "Characterization of pitahaya (*Hylocereus undatus*) mucilage -based films", *Appl. Food Res.*, vol. 3, n.º 1, p. 100266, Jun 2023.
- [12] E. Quispe Lupuche, J. A. Chávez Pérez, M. L. Medina-Pizzali, L. Loayza Gutiérrez, y E. Apumayta Suárez, "Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (*Hylocereus* spp.)", *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, vol. 74, n.º 3, pp. 9723-9734, September 2021.
- [13] Mardiana, I. Budiono, y N. D. Putriningtyas, "Comparison of organoleptic, protein, lipid and flavonoid content of commercial starter and isolated culture red dragon fruit peel yogurt", *Food Res.*, vol. 4, n.º 3, pp. 920-925, February 2020.
- [14] Y. Qin, F. Xu, L. Yuan, H. Hu, X. Yao, y J. Liu, "Comparison of the physical and functional properties of starch/polyvinyl alcohol films containing anthocyanins and/or betacyanins", *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 163, pp. 898-909, November 2020.
- [15] R. Pramitasari, L. N. Gunawicahya, y D. S. B. Anugrah, "Development of an Indicator Film Based on Cassava Starch-Chitosan Incorporated with Red Dragon Fruit Peel Anthocyanin Extract", *Polymers*, vol. 14, n.º 19, p. 4142, October 2022.
- [16] P. Madane *et al.*, "Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets", *J. Food Sci. Technol.*, vol. 57, n.º 4, pp. 1449-1461, April 2020.
- [17] W. Homthawornchoo, N. F. S. M. Hakimi, O. Romruen, y S. Rawdkuen, "Dragon Fruit Peel Extract Enriched-Biocomposite Wrapping Film: Characterization and Application on Coconut Milk Candy", *Polymers*, vol. 15, n.º 2, p. 404, January 2023.
- [18] F. Amalina, A. S. A. Razak, S. Krishnan, A. W. Zularisam, y M. Nasrullah, "Dyes removal from textile wastewater by agricultural waste as an absorbent – A review", *Clean. Waste Syst.*, vol. 3, p. 100051, December 2022.
- [19] S. Rahmati, A. Abdullah, y O. L. Kang, "Effects of different microwave intensity on the extraction yield and physicochemical properties of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels", *Bioact. Carbohydr. Diet. Fibre*, vol. 18, p. 100186, April 2019.
- [20] F. Fathordoobady, M. Jarzębski, A. Pratap-Singh, Y. Guo, y Y. Abd-Manap, "Encapsulation of betacyanins from the peel of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus* L.) in alginate microbeads", *Food Hydrocoll.*, vol. 113, p. 106535, April 2021.
- [21] P. Putthawan, B. Prompanya, y S. Promnet, "Extraction, biological activities and stability of *Hylocereus polyrhizus* peel extract as a functional food colorant and nutraceutical", *Trop. J. Pharm. Res.*, vol. 20, n.º 8, pp. 1683-1690, February 2022.
- [22] Md. A. Nur, M. R. Uddin, N. S. Meghla, M. J. Uddin, y M. Z. Amin, "In vitro anti-oxidant, anti-inflammatory, anti-bacterial, and cytotoxic effects of extracted colorants from two species of dragon fruit (*Hylocereus* spp.)", *Food Chem. Adv.*, vol. 2, p. 100318, October 2023.
- [23] A. Wattanakornsiri, P. Rattanawan, T. Sanmueng, S. Satchawan, T. Jannongkan, y P. Phuengphai, "Local fruit peel biosorbents for lead(II) and cadmium(II) ion removal from waste aqueous solution: A kinetic and equilibrium study", *South Afr. J. Chem. Eng.*, vol. 42, pp. 306-317, October 2022.
- [24] O. T. H. Le, L. N. Tran, V. T. Doan, Q. V. Pham, A. V. Ngo, y H. H. Nguyen, "Mucilage Extracted from Dragon Fruit Peel (*Hylocereus undatus*) as Flocculant for Treatment of Dye Wastewater by Coagulation and Flocculation Process", *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2020, pp. 1-9, May 2020.
- [25] D. C. M. Morais, V. M. Alves, E. R. Asquieri, A. R. M. D. Souza, y C. Damiani, "Physical, chemical, nutritional and antinutritional characterization of fresh peels of yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus*) and red pitaya

- (*Hylocereus costaricensis*) and their flours", *Rev. Ciênc. AGRONÔMICA*, vol. 52, May 2021.
- [26] B. M. N. Nguyen y T. Pirak, "Physicochemical properties and antioxidant activities of white dragon fruit peel pectin extracted with conventional and ultrasound-assisted extraction", *Cogent Food Agric.*, vol. 5, n.º 1, p. 1633076, January 2019.
- [27] M. N.W.F., N. A.F., H. M.S., R. O., y A. Rohman, "Physicochemical properties of dragon fruit peel pectin and citrus peel pectin: a comparison", *Food Res.*, vol. 4, n.º S1, pp. 266-273, March 2020.
- [28] M. Abatal *et al.*, "Pitahaya Fruit (*Hylocereus* spp.) Peels Evaluation for Removal of Pb(II), Cd(II), Co(II), and Ni(II) from the Waters", *Sustainability*, vol. 14, n.º 3, p. 1685, February 2022.
- [29] S. N. Jimenez-Garcia *et al.*, "Pitahaya Peel: A By-Product with Great Phytochemical Potential, Biological Activity, and Functional Application", *Molecules*, vol. 27, n.º 16, p. 5339, August 2022.
- [30] H. S. Salam, M. M. Tawfik, M. R. Elnagar, H. A. Mohammed, M. A. Zarka, y N. S. Awad, "Potential Apoptotic Activities of *Hylocereus undatus* Peel and Pulp Extracts in MCF-7 and Caco-2 Cancer Cell Lines", *Plants*, vol. 11, n.º 17, p. 2192, August 2022.
- [31] P. Setiarso y R. R. Sova, "Potential Dye Suji Leaves (*Pleomele angustifolia*) Chlorophyll and Red Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*) Anthocyanins as Natural Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells", *Asian J. Chem.*, vol. 35, n.º 4, pp. 846-850, March 2023.
- [32] R. M. Zaid, P. Mishra, A. R. Siti Noredyani, S. Tabassum, Z. Ab Wahid, y A. M. Mimi Sakinah, "Proximate characteristics and statistical optimization of ultrasound-assisted extraction of high-methoxyl-pectin from *Hylocereus polyrhizus* peels", *Food Bioprod. Process.*, vol. 123, pp. 134-149, September. 2020.
- [33] C. L. Roriz *et al.*, "Red pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel as a source of valuable molecules: Extraction optimization to recover natural colouring agents", *Food Chem.*, vol. 372, p. 131344, March. 2022.
- [34] H. O. T. Le, "Removal of pollutants from disperse black dye wastewater by mucilage from dragon fruit peel", *Vietnam J. Sci. Technol.*, vol. 58, n.º 5, p. 613, October 2020.
- [35] P. Veerakumar, S.-T. Hung, P.-Q. Hung, y V. Vishnu Priya, "Synthesis of Activated Porous Carbon from Red Dragon Fruit Peel Waste for Highly Active Catalytic Reduction in Toxic Organic Dyes", *Catalysts*, vol. 13, n.º 2, p. 449, February 2023.
- [36] S. Nabila, A. Srihardyastutie, S. Prasetyawan, A. Aulanni'am, y R. Retnowati, "The Addition of Red Dragon Fruit and Lemon Peels for the Improvement of Fermented Beverage Products", *Sci. Technol. Indones.*, vol. 8, n.º 1, pp. 100-107, January 2023.
- [37] W. H. Cahyati, N. Siyam, y N. D. Putriningtyas, "The potential of red dragon fruit peel yogurt to improve platelet levels in heparin-induced thrombocytopenia in Wistar rats", *Potravinarstvo Slovak J. Food Sci.*, vol. 15, pp. 218-225, March 2021.
- [38] S. Qian, X. Fang, D. Dan, E. Diao, y Z. Lu, "Ultrasonic-assisted enzymatic extraction of a water-soluble polysaccharide from dragon fruit peel and its antioxidant activity", *RSC Adv.*, vol. 8, n.º 73, pp. 42145-42152, May 2018.
- [39] G. V. S. Bhagya Raj y K. K. Dash, "Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies", *Ultrason. Sonochem.*, vol. 68, p. 105180, November 2020.
- [40] Y. Mahlii, H., . W., . M., y M. Endo Mahat, "Using Physical and Chemical Methods to Improve the Nutrient Quality of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel for Use as Feed for Laying Hens", *Int. J. Poult. Sci.*, vol. 17, n.º 2, pp. 51-56, January 2018.