

Comparación de métodos de deshidratado para obtener harina de cáscara de dos variedades de pitahaya con potencial bioactivo

Comparison of dehydration methods to obtain flour from the shell of two pitahaya varieties with bioactive potential

Emilser Inga-Valqui^{1,*}

¹ Escuela de Posgrado, Programa de Maestría en Gestión para el Desarrollo Sustentable, Facultad de Ingeniería Zootecnista, Biotecnología, Agronegocios y Ciencia de Datos, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas 01001, Perú.

Ing., ✉ emilser.inga.epg@untrm.edu.pe,  <https://orcid.org/0009-0007-1587-0921>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 955644561

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20263.1260>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>

revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 30 de abril 2026

Aprobación: 28 de junio 2026

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo comparar los diferentes métodos de deshidratación para la obtención de harina a partir de la cáscara de dos variedades de pitahaya con potencial bioactivo. Para ello, se empleó un diseño factorial de 2×3 , considerando como factores la variedad de pitahaya (amarilla y roja) y el método de deshidratación (microondas, estufa y secado por bandejas). Cada tratamiento fue desarrollado con tres repeticiones, conformando un total de 18 unidades experimentales. Las muestras de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus monacanthus*) fueron recolectadas en la región Amazonas, específicamente en la provincia de Bongará, en los distritos de Shipasbamba y Churuja. La caracterización de los compuestos bioactivos incluyó la determinación de la capacidad antioxidante mediante el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), el contenido de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, la cuantificación de vitamina C mediante titulación con 2,6-diclorofenolindofenol y la determinación de carotenoides totales a través de su correspondiente procedimiento de extracción. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), evidenciándose diferencias

estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) tanto entre las variedades evaluadas como entre los métodos de deshidratación aplicados. En función de los resultados obtenidos, se determinó que el secado por bandejas fue el método más eficiente para preservar los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de ambas variedades de pitahaya.

Palabras claves: Capacidad antioxidante; compuestos fenólicos; vitamina C; carotenoides totales; cáscara de pitahaya; ácido ascórbico.

Abstract

This research aimed to compare different dehydration methods for obtaining flour from the peel of two pitahaya varieties with bioactive potential. A 2×3 factorial design was used, with the pitahaya variety (yellow and red) and the dehydration method (microwave, oven, and tray drying) as factors. Each treatment was replicated three times, for a total of 18 experimental units. The yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) and red pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) samples were collected in the Amazonas region, specifically in the Bongará province, in the districts of Shipasbamba and Churuja. The characterization of bioactive compounds included determining antioxidant capacity using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method, total phenol content using the Folin-Ciocalteu reagent, vitamin C quantification by titration with 2,6-dichlorophenolindophenol, and total carotenoid content through their corresponding extraction procedure. The results were analyzed using analysis of variance (ANOVA), revealing statistically significant differences ($p \leq 0.05$) both between the evaluated varieties and between the dehydration methods applied. Based on the results obtained, tray drying was determined to be the most efficient method for preserving the bioactive compounds present in the peel of both pitahaya varieties.

Keywords: Antioxidant capacity; phenolic compounds; vitamin C; total carotenoids; pitahaya peel; ascorbic acid.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés de los consumidores por alimentos con propiedades funcionales ha incrementado considerablemente debido a la creciente preocupación por mantener un buen estado de salud. Esta tendencia ha impulsado el aumento de la producción de frutas y hortalizas mediante el empleo de técnicas de fitomejoramiento y biotecnología. Sin embargo, este crecimiento también ha generado un mayor volumen de residuos agroindustriales que, en muchos casos, no reciben un aprovechamiento adecuado. Entre estos residuos destacan las cáscaras de especies silvestres y exóticas, las cuales representan una alternativa prometedora para el desarrollo de

nuevos alimentos con valor agregado (Jimenez-Garcia et al., 2022). En este contexto, la cáscara de pitahaya constituye un subproducto de especial interés debido a su elevado contenido de compuestos bioactivos con potencial para favorecer la salud humana (Andrade et al., 2024). En concordancia con ello, Chávez Romero et al. (2023) señalaron que las frutas contienen sustancias bioactivas capaces de contribuir a la prevención de diversas enfermedades, entre ellas distintos tipos de cáncer, patologías cardiovasculares y cerebrovasculares, además de ejercer un efecto protector frente al desarrollo de la enfermedad de Alzheimer.

Los compuestos bioactivos desempeñan un papel relevante en el organismo al participar en

procesos fisiológicos que favorecen el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades. Estas sustancias se encuentran naturalmente en frutas, verduras, aceites y otros alimentos, incluso en concentraciones relativamente bajas, donde ejercen efectos beneficiosos para el organismo (Sampaio et al., 2025). Asimismo, investigaciones recientes han demostrado que varios subproductos derivados del procesamiento de frutas, especialmente las cáscaras, presentan concentraciones de compuestos bioactivos superiores a las encontradas en la pulpa, lo que incrementa su interés para aplicaciones alimentarias y nutraceuticas (Gomes et al., 2025).

La pitahaya, conocida internacionalmente como fruta del dragón debido a la apariencia característica de su cáscara, pertenece a la familia de las cactáceas y se distingue por su contenido de vitaminas, antioxidantes y otros metabolitos de importancia nutricional, como el ácido ascórbico, la niacina y los compuestos fenólicos. Esta especie es originaria de Centroamérica y de la Amazonía peruana, donde predominan dos variedades ampliamente cultivadas: la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y la pitahaya roja (*Hylocereus monacanthus*) (Bishoyi et al., 2024). Diversos estudios han evidenciado que estas variedades poseen una elevada capacidad antioxidante, incluso superior a la observada en otras especies de cactáceas. Entre sus principales compuestos bioactivos destacan las betalainas, pigmentos que contribuyen a disminuir el estrés oxidativo, favorecer la función digestiva, fortalecer el sistema inmunológico y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Gatti et al., 2025; Martinez et al., 2024). Estas propiedades

han incrementado el interés científico y comercial por el aprovechamiento integral de esta fruta, particularmente de sus subproductos, los cuales representan una fuente importante de compuestos con potencial nutricional y medicinal (Carvalho et al., 2025).

La pitahaya roja se caracteriza por contener elevadas concentraciones de betacianinas hidrosolubles, pigmentos naturales responsables de su color rojo violáceo y reconocidos por sus propiedades antioxidantes y funcionales para la salud (Coelho et al., 2024). En este sentido, Lin et al. (2025) demostraron que la fermentación de la pulpa mediante microorganismos probióticos incrementa la bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos y potencia la actividad antioxidante de esta variedad. De manera complementaria, Şen Arslan (2024) evaluaron la extracción de compuestos bioactivos presentes en la cáscara de pitahaya amarilla utilizando tecnología de microondas con potencias de 300, 450 y 600 W durante periodos de 5 y 10 minutos. Los mejores resultados fueron obtenidos al aplicar una potencia de 600 W durante 10 minutos. Por otra parte, Reyes-García et al. (2024) señalaron que la harina elaborada a partir de la cáscara de pitahaya roja presenta propiedades químicas y microbiológicas favorables, lo que permite considerar este subproducto como un ingrediente con potencial para la alimentación animal.

La capacidad antioxidante constituye una propiedad fundamental de numerosos compuestos bioactivos, ya que permite retardar o inhibir la oxidación de moléculas susceptibles al daño oxidativo (Tang et al., 2021). Al respecto, Hussain et al. (2023) evaluaron la capacidad antioxidante total (TAC) en frutas como manzana y naranja, así como en sus

respectivos subproductos, mediante espectrofotometría molecular. Además, analizaron el contenido fenólico total (TPC) y el poder reductor férrico (FRAP) bajo diferentes condiciones de temperatura y tiempo, obteniendo mejoras significativas en la eficiencia de los análisis.

Entre los compuestos antioxidantes presentes en las frutas destaca la vitamina C, un nutriente hidrosoluble que participa activamente en diversos procesos metabólicos y protege las células frente al daño ocasionado por los radicales libres. Arabia et al. (2024) & Verma et al. (2026) indicaron que este compuesto está ampliamente distribuido en diferentes especies frutales y señalaron que la pitahaya roja presenta un contenido aproximado de 25,0 mg de ácido ascórbico, mientras que la pitahaya amarilla alcanza alrededor de 4,0 mg, evidenciando una diferencia importante entre ambas variedades.

La deshidratación constituye una de las técnicas de conservación más utilizadas en alimentos debido a que reduce el contenido de humedad, incrementa la estabilidad del producto y prolonga su vida útil (Ganchala Catota, 2023). En este contexto, Aquino Domínguez (2025) compararon el secado por microondas y el secado mediante energía solar en productos frutihortícolas. Para ello emplearon un prototipo de secado solar que alcanzó una temperatura de 61 °C durante 14 horas, mientras que el proceso por microondas se realizó a una potencia de 119 W durante 5 horas, obteniéndose resultados satisfactorios con ambas tecnologías.

En función de los antecedentes expuestos, la presente investigación tuvo como objetivo comparar diferentes métodos de

deshidratación para la obtención de harina a partir de la cáscara de dos variedades de pitahaya con potencial bioactivo, con la finalidad de identificar la alternativa más adecuada para preservar sus compuestos bioactivos y promover el aprovechamiento sostenible de este subproducto agroalimentario.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestra

El desarrollo de la investigación con las dos variedades de pitahaya comprendió dos etapas principales: una fase de campo y una fase de laboratorio. Durante la fase de campo se efectuó la recolección de las muestras, obteniéndose la pitahaya amarilla en el distrito de Shipasbamba y la pitahaya roja en el distrito de Churuja, ambos ubicados en la provincia de Bongará, región Amazonas. Las frutas fueron cosechadas en su estado de madurez comercial y posteriormente trasladadas en contenedores herméticos, manteniendo la cadena de frío para preservar sus características fisicoquímicas y biológicas. La fase de laboratorio se desarrolló en los laboratorios de Microbiología y Biotecnología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), donde se realizaron los análisis correspondientes.

2.2. Diseño de la investigación

La investigación se ejecutó bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) con un arreglo factorial de 2×3 , en el que se evaluaron dos factores experimentales. El primer factor correspondió a la variedad de pitahaya (V),

integrada por dos niveles: V1, pitahaya amarilla, y V2, pitahaya roja. El segundo factor estuvo representado por el método de deshidratación (M), conformado por tres niveles: M1, secado por bandejas; M2, secado en

estufa; y M3, secado mediante microondas. Este diseño permitió evaluar tanto el efecto individual de cada factor como la interacción entre la variedad de pitahaya y el método de deshidratación sobre las variables de estudio.

Tabla 1. Arreglo Experimental

Factor V (Variedad)		Amarilla			Roja		
Factor M (Método)	Bandejas	Estufa	Microondas	Bandejas	Estufa	Microondas	
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Repeticiones	3T1	3T2	3T3	3T4	3T5	3T6	

Nota. Se realizó los tres métodos de deshidratación (M₁, M₂ y M₃) a una misma temperatura de 70 °C, por 19 , 21 horas y 6 min respectivamente (Castillo-Zapata et al., 2024; Luisetti et al., 2023; Wu et al., 2024).

2.3. Proceso de deshidratado de la cáscara de la pitahaya

Para el desarrollo del estudio se utilizaron 6 kg de frutos, distribuidos equitativamente entre las dos variedades de pitahaya evaluadas. Inicialmente, se realizó una selección de las muestras, descartando aquellas que presentaban signos de deterioro, olores anormales o evidencias de putrefacción, con el propósito de garantizar la obtención de una harina de adecuada calidad. Posteriormente, las frutas fueron lavadas en un recipiente de aluminio y divididas en dos lotes de 3 kg, los cuales se colocaron en recipientes de acero inoxidable.

Después del lavado, las muestras se dispusieron sobre una mesa de acero inoxidable y se sometieron a un presecado a temperatura ambiente durante aproximadamente 5 min, con la finalidad de reducir la humedad superficial presente en la cáscara. Concluida esta etapa, las cáscaras fueron sometidas a tres tratamientos de deshidratación a una temperatura constante de 70 °C: secado por bandejas (Fischer Agro) durante 19 h, secado en estufa (Ecocell

EC.55ECO, SA) durante 21 h y secado por microondas (Smart Inverter MAGNETRON, LG) durante 6 min.

Una vez finalizado el proceso de deshidratación, las muestras fueron molidas en un molino para granos con el fin de reducir el tamaño de las partículas. Posteriormente, la harina obtenida se tamizó utilizando un tamiz de 8” ASTM N.º 40, con una abertura de malla de 425 µm, obteniéndose un producto homogéneo, de granulometría fina y libre de grumos, adecuado para diferentes aplicaciones. Finalmente, las harinas se envasaron en bolsas de polietileno para su conservación y posterior evaluación de los compuestos con potencial bioactivo.

2.4. Obtención de extractos

Los extractos fueron preparados mediante la incorporación de 0.5 g de harina en un tubo de 15 mL con tapa de rosca, al que se añadieron 10 mL de agua ultrapura. Posteriormente, la mezcla se homogeneizó utilizando un vortex mixer durante aproximadamente 1 min a una velocidad máxima de 3200 rpm. A

continuación, las muestras se sometieron a centrifugación en una Centrifuge MPW-251 durante 30 min a 5000 rpm, con el fin de obtener el extracto para los análisis posteriores. Este procedimiento se realizó siguiendo la metodología descrita por (Rita Caponio et al., 2024).

2.5. Métodos

2.5.1. Determinación de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó siguiendo la metodología propuesta por Wardana et al. (2025), utilizando Trolox como estándar de referencia (2000 µM). Para la preparación de la solución patrón se disolvieron 25 mg de Trolox en un frasco de vidrio y se completó el volumen a 50 mL con alcohol etílico. A partir de esta solución se prepararon cinco concentraciones de 100, 500, 1000, 1500 y 2000 µM.

Para el análisis de las muestras se prepararon 100 mL de solución de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) en metanol a una concentración de 20 mg/L. Posteriormente, el extracto metanólico de la muestra se ajustó a una concentración de 300 µg/mL, denominada solución A. La calibración del espectrofotómetro se realizó utilizando un blanco constituido por una mezcla de metanol y agua (2:1). El blanco de la muestra se preparó con 0.75 mL de la solución A y 1.5 mL de metanol, mientras que el patrón de referencia estuvo conformado por 1.5 mL de solución de DPPH y 0.75 mL de agua ultrapura.

Para la determinación de la actividad antioxidante, se mezclaron 0.5 mL de la solución A con 1.5 mL de solución de DPPH, obteniéndose una concentración final de 100 µg/mL. Las mezclas permanecieron en oscuridad durante 30 min para favorecer la

reacción. Finalizado este periodo, la absorbancia se registró a 517 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis (ÚNICO, modelo S-2100UV+ Spectrophotometer, Alemania). Tanto el patrón de referencia como el blanco de la muestra fueron analizados conjuntamente con las muestras, realizándose todas las determinaciones por triplicado.

El porcentaje de inhibición de los radicales libres se calculó mediante la siguiente expresión:

$$I (\%) = 100 - \left(\frac{Ab}{Ac} \right) * 100$$

Donde: Ab: Promedio de absorbancias de cada concentración. Ac: Absorbancia de la disolución de trolox

2.5.2. Determinación del contenido fenólico total

La cuantificación de los compuestos fenólicos totales se efectuó de acuerdo con la metodología descrita por Villafán-González et al. (2024). Para la preparación de la solución madre se empleó un matraz de 100 mL, en el que se mezclaron 70 mL de metanol y 30 mL de agua ultrapura. Posteriormente, se incorporaron 0.25 g de ácido gálico, obteniéndose la solución madre, la cual fue protegida de la luz mediante papel aluminio.

A partir de esta solución se preparó una curva de calibración utilizando 11 viales, codificados desde 0 hasta 2500, con incrementos de 250 unidades entre cada concentración. Cada vial se completó hasta un volumen final de 10 mL, adicionando volúmenes decrecientes de agua ultrapura (10 a 0 mL) y volúmenes crecientes de la solución madre (0 a 10 mL), según la concentración correspondiente.

El reactivo de Folin-Ciocalteu se preparó mediante una dilución 1:10, mezclando 10 mL

del reactivo con 90 mL de agua ultrapura. Asimismo, se preparó una solución de carbonato de sodio disolviendo 7.5 g del reactivo en 100 mL de agua ultrapura, la cual se dejó reposar durante algunos minutos antes de su utilización.

Cada uno de los once niveles de la curva de calibración fue analizado por triplicado, obteniéndose un total de 33 tubos de ensayo. En cada tubo se adicionaron secuencialmente 50 µL de la solución correspondiente, 450 µL de agua ultrapura, 2.5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu y 2 mL de la solución de carbonato de sodio. Posteriormente, las mezclas se incubaron en una estufa a 60 °C durante 5 min. La lectura de absorbancia se realizó a 760 nm, utilizando agua ultrapura como blanco para la calibración del espectrofotómetro.

Para el análisis de las muestras, se preparó una solución de Folin-Ciocalteu al 10 %, mezclando 27 mL de agua ultrapura con 3 mL del reactivo hasta completar un volumen de 30 mL. De igual manera, se preparó una solución de carbonato de sodio al 7.5 % en una fiola de 25 mL, utilizando 23,12 mL de agua ultrapura y 1,88 g de carbonato de sodio.

Las muestras fueron evaluadas por triplicado, empleándose un total de 9 tubos de ensayo. En cada tubo se incorporaron 500 µL del extracto, 2.5 mL de Folin-Ciocalteu al 10 % y 2 mL de carbonato de sodio al 7.5 %. Posteriormente, las mezclas se incubaron en una estufa a 60 °C durante 5 min, y la absorbancia se determinó a 760 nm mediante un espectrofotómetro previamente calibrado con agua ultrapura.

2.5.3. Vitamina C

La cuantificación de vitamina C se realizó siguiendo la metodología descrita por Cedillos

Santos (2025) & Rosa et al. (2022). Para la preparación del extracto, se mezcló 1 g de harina con 10 mL de ácido metafosfórico al 3 %, seguido de una homogenización y posterior centrifugación a 5000 rpm durante 30 min. Como reactivo indicador se preparó una solución de 50 mg de indofenol disueltos en 100 mL de agua destilada. Asimismo, la solución patrón de ácido ascórbico se preparó en una relación 1:1, utilizando 1 mg de ácido ascórbico y 1 mL de agua destilada.

La determinación del contenido de vitamina C se efectuó mediante el método de titulación. Para el blanco 1, se mezclaron 12,5 mL de ácido metafosfórico con 5 mL de ácido ascórbico, realizándose tres repeticiones. En el blanco 2, se emplearon 25 mL de ácido metafosfórico y 5 mL de ácido ascórbico, efectuándose dos repeticiones. Finalmente, para el análisis de las muestras se utilizaron 5 mL del extracto, a los cuales se adicionaron 12,5 mL de ácido metafosfórico, procediéndose posteriormente a la titulación para la cuantificación de la vitamina C.

2.5.4. Carotenoides Totales

El contenido de carotenoides totales se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Joseph Bassey et al. (2024) & Tomas et al. (2023). Inicialmente, la harina deshidratada fue sometida a un proceso de maceración utilizando una proporción de 2,5 g de muestra en 10 mL de alcohol etílico al 96 %, manteniéndose durante 48 h. Transcurrido este periodo, el extracto obtenido se filtró para eliminar los residuos sólidos.

Posteriormente, de cada tratamiento de deshidratación se tomaron 1,9 mL del extracto, los cuales fueron sometidos a una segunda maceración con una mezcla de acetona-hexano

(1:9) durante 2 h. Finalizado este proceso, se incorporaron 10 mL de la solución acetona-hexano (1:9) al extracto y se realizó una nueva filtración.

Para la lectura espectrofotométrica, se transfirieron 0,6 mL del filtrado a un tubo de ensayo que contenía 4 mL de éter de petróleo, homogenizando la mezcla durante 30 s. El éter de petróleo se utilizó como blanco y la absorbancia se registró a una longitud de onda de 449 nm. La cuantificación se efectuó mediante una curva de calibración elaborada con β -caroteno (0,1–0,8 mg/L) en diferentes concentraciones, expresándose los resultados como μ g equivalentes de β -caroteno por gramo de muestra (EBC/g).

2.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de las variedades de pitahaya y de los diferentes métodos de deshidratación sobre los compuestos con potencial bioactivo. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de

comparación múltiple de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$, con el propósito de identificar diferencias entre las medias de los tratamientos evaluados, correspondientes al secado por bandejas, estufa y microondas. Todo el procesamiento y análisis estadístico de la información se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics, versión 22.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el comportamiento de los compuestos bioactivos evaluados en la harina de cáscara de pitahaya de las variedades amarilla y rojas sometidas a tres métodos de deshidratación: bandejas, estufa y microondas. El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para capacidad antioxidante ($p = 0.011$), fenoles totales ($p = 0.004$), vitamina C ($p = 0.001$) y carotenoides totales ($p < 0.001$), indicando que la respuesta de estos compuestos depende de la interacción entre la variedad vegetal y el método de secado empleado.

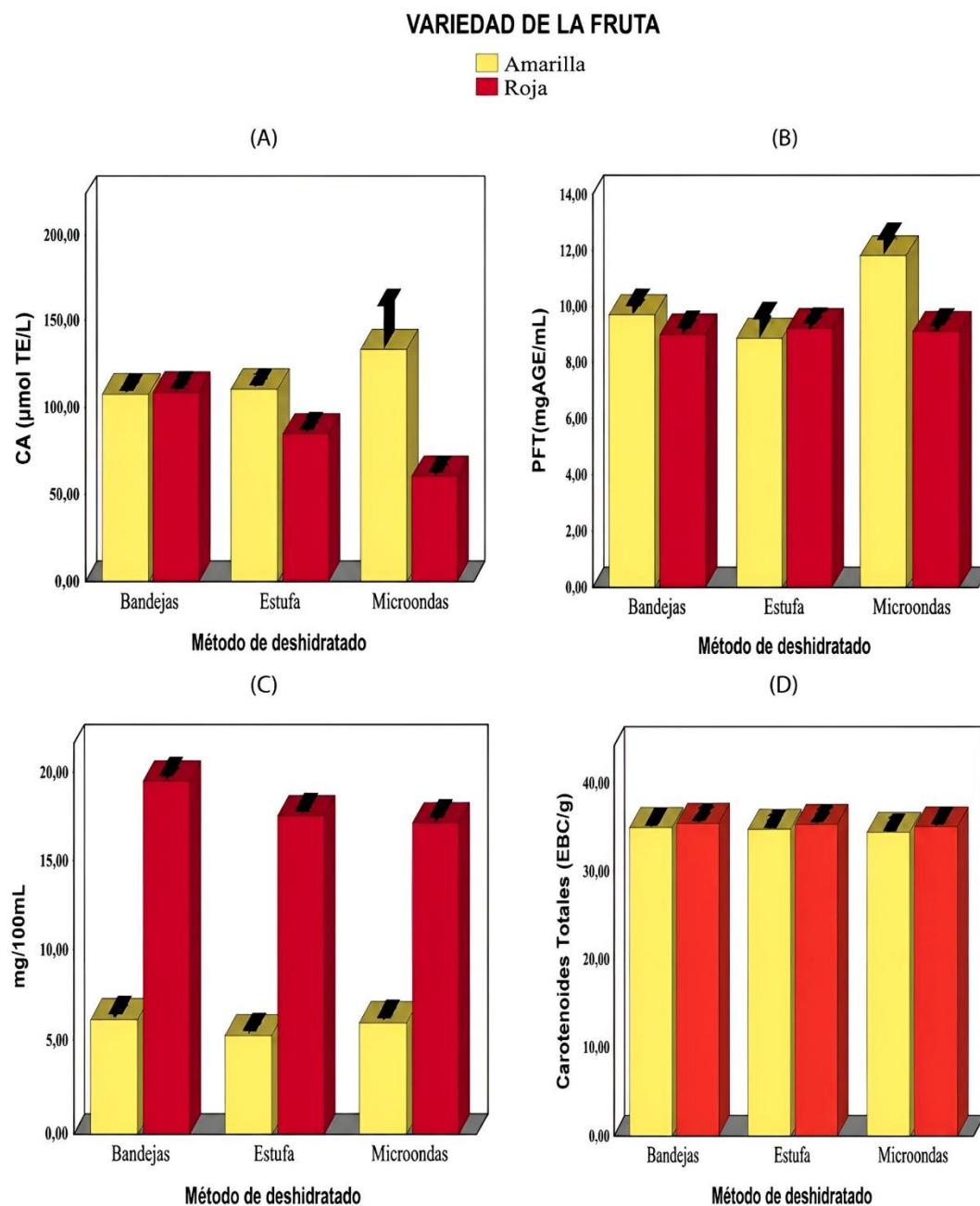


Figura 1. Capacidad antioxidante (A), fenoles totales (B), vitamina C (C) y carotenoides totales (D) de la harina de cáscara de pitahaya de variedades amarilla y roja obtenida mediante diferentes métodos de deshidratación.

Nota. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). TE: equivalente de Trolox; AGE: equivalente de ácido gálico; EBC: European Brewery Convention.

La capacidad antioxidante presentó un comportamiento diferenciado entre variedades. En la pitahaya amarilla, el tratamiento mediante microondas permitió alcanzar el mayor valor ($132.38 \mu\text{mol TE/L}$),

seguido del secado por estufa ($109.40 \mu\text{mol TE/L}$) y bandejas ($106.49 \mu\text{mol TE/L}$). En contraste, la variedad roja mostró una mayor respuesta con el secado por bandejas ($107.11 \mu\text{mol TE/L}$), mientras que los tratamientos por

estufa y microondas registraron valores inferiores (83.78 y 59.89 $\mu\text{mol TE/L}$, respectivamente).

En cuanto al contenido de fenoles totales, la variedad amarilla presentó una mayor concentración bajo el método de secado por microondas (11.738 mg AGE/mL), superando los tratamientos por bandejas (9.605 mg AGE/mL) y estufa (8.777 mg AGE/mL). Para la variedad roja, los valores fueron relativamente constantes entre tratamientos, alcanzándose el mayor contenido mediante estufa (9.127 mg AGE/mL), seguido de bandejas (9.027 mg AGE/mL) y microondas (8.932 mg AGE/mL).

Respecto a la vitamina C, se observó una mayor concentración en la variedad roja respecto a la amarilla. En la variedad amarilla, los valores estuvieron comprendidos entre 5.50 y 6.37 mg/100 mL, registrándose el valor máximo con el secado por microondas (6.37 mg/100 mL). Por otro lado, la variedad roja alcanzó la mayor concentración mediante el secado por bandejas (19.60 mg/100 mL), seguida de estufa (17.80 mg/100 mL) y microondas (17.43 mg/100 mL), evidenciando una mayor conservación del ácido ascórbico durante el proceso de deshidratación.

Para los carotenoides totales, la variedad roja presentó valores superiores en comparación con la variedad amarilla en todos los tratamientos evaluados. En la variedad amarilla se registraron valores entre 34.53 y 34.99 EBC/g, mientras que la variedad roja presentó concentraciones entre 35.18 y 35.40 EBC/g. El tratamiento por microondas mostró una ligera tendencia favorable hacia una mayor retención de carotenoides en ambas variedades.

En conjunto, los resultados indican que no existe un único método de deshidratación que favorezca simultáneamente la conservación de todos los compuestos bioactivos evaluados. El efecto del proceso depende de la variedad de pitahaya y del compuesto analizado; así, el secado por microondas favoreció principalmente la capacidad antioxidante y los fenoles totales en la variedad amarilla, mientras que la variedad roja presentó mayor estabilidad de vitamina C y carotenoides bajo los diferentes tratamientos.

Los resultados obtenidos evidencian que la variedad de pitahaya y el método de deshidratación influyen significativamente en la conservación de los compuestos bioactivos presentes en la harina de cáscara, demostrando que la respuesta frente al procesamiento depende de las características fisicoquímicas propias del fruto y de las condiciones empleadas durante el secado. Este comportamiento coincide con lo señalado por Santos et al. (2025), quienes indican que factores asociados al genotipo y al tratamiento tecnológico condicionan la estabilidad de metabolitos con actividad antioxidante.

El proceso de deshidratación constituye un factor determinante en la retención de compuestos bioactivos, debido a que la transferencia de calor y la eliminación de humedad pueden favorecer o reducir la estabilidad de estos metabolitos. En el presente estudio, los tratamientos por bandejas y microondas mostraron respuestas diferenciadas según la variedad evaluada. El secado por bandejas presentó una tendencia favorable para la conservación de determinados compuestos, lo cual puede estar relacionado con una distribución más uniforme del aire caliente y un mejor control de las

condiciones térmicas durante el proceso. Estos resultados son similares a los reportados por Castillo-Zapata et al. (2024), quienes observaron una adecuada conservación de compuestos bioactivos mediante sistemas de secado convectivo. En contraste, el secado por microondas puede generar calentamiento volumétrico debido a la interacción de las moléculas de agua con la energía electromagnética, ocasionando variaciones en la distribución térmica y posibles modificaciones estructurales de los compuestos sensibles al calor (Dehghannya & Habibi-Ghods, 2025).

La capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales presentaron un comportamiento dependiente de la variedad de pitahaya. La variedad amarilla alcanzó mayores valores de capacidad antioxidante y fenoles totales, especialmente cuando fue sometida al secado por microondas. Este comportamiento podría estar relacionado con la liberación de compuestos fenólicos asociados a la matriz celular como consecuencia del tratamiento térmico, favoreciendo su disponibilidad para la extracción. Estos resultados concuerdan parcialmente con lo informado por Quispe Lupuche et al. (2021), quienes señalaron que la actividad antioxidante de la pitahaya está asociada a la variabilidad en la composición de metabolitos presentes en los tejidos vegetales. Asimismo, las diferencias observadas entre estudios pueden atribuirse a factores como variedad genética, condiciones agroclimáticas, estado de madurez, manejo agronómico y parte del fruto evaluada.

Respecto al contenido de fenoles totales, la variedad roja presentó valores relativamente constantes entre los métodos de deshidratación, mientras que la variedad

amarilla mostró una mayor respuesta al tratamiento con microondas. Este comportamiento indica que la estabilidad de los compuestos fenólicos no depende únicamente del método aplicado, sino también de la estructura celular y composición química de cada variedad. Según Şengün y Kadakal (2026), los tratamientos térmicos pueden modificar la disponibilidad de compuestos fenólicos mediante cambios en la permeabilidad celular; sin embargo, el efecto final depende de la intensidad del tratamiento y de las características del material vegetal procesado.

En relación con la vitamina C, la variedad roja presentó concentraciones superiores respecto a la variedad amarilla, alcanzando el mayor contenido mediante el secado por bandejas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Melanie et al. (2023), quienes encontraron mayores niveles de ácido ascórbico en variedades de pitahaya roja. Asimismo, Rosa et al. (2022) mencionan que la concentración de vitamina C está determinada por factores genéticos, condiciones ambientales y prácticas de cultivo. Debido a que el ácido ascórbico presenta sensibilidad frente a temperaturas elevadas y procesos oxidativos, la menor exposición térmica del secado por bandejas podría haber contribuido a una mayor conservación de este compuesto.

En cuanto a los carotenoides totales, la variedad roja presentó valores superiores en comparación con la variedad amarilla, observándose además una ligera mejora de retención mediante el tratamiento con microondas. La presencia de estos pigmentos está relacionada con la composición característica de cada variedad y con la capacidad antioxidante del fruto. Los valores

obtenidos fueron superiores a los reportados por Giménez Solano et al. (2021) en zumo de pitahaya, diferencia que puede estar relacionada con el uso de la cáscara como materia prima, debido a que esta estructura puede concentrar mayores cantidades de compuestos bioactivos. Estos resultados respaldan la importancia del aprovechamiento de subproductos agroindustriales como fuente potencial de ingredientes funcionales.

En conjunto, la comparación entre variedades permitió establecer que la pitahaya amarilla presentó mayor potencial para la conservación de compuestos asociados a la actividad antioxidante y contenido fenólico, mientras que la variedad roja destacó por sus mayores concentraciones de vitamina C y carotenoides totales. Estos resultados coinciden con lo descrito por Reyes-García et al. (2024) y Lacerda et al. (2024), quienes resaltan que las diferencias bioquímicas entre variedades están relacionadas con la presencia de metabolitos específicos, como compuestos fenólicos, carotenoides y pigmentos bioactivos. Por tanto, la selección del método de deshidratación debe considerar tanto la variedad de pitahaya como el compuesto de interés, debido a que no existe un tratamiento único que maximice simultáneamente la conservación de todos los componentes bioactivos evaluados.

4. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió comparar el efecto de tres métodos de deshidratación (bandejas, estufa y microondas) sobre la obtención de harina de cáscara de dos variedades de pitahaya (amarilla y roja), evaluando su contenido de compuestos bioactivos. Los resultados evidenciaron que el

método de deshidratación influye significativamente en la conservación de la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos, el ácido ascórbico y los carotenoides totales.

El secado por bandejas presentó el mejor desempeño para preservar los compuestos bioactivos de la harina obtenida, seguido del secado por estufa, mientras que el secado por microondas mostró una mayor variabilidad en los resultados. Asimismo, se observó que la variedad amarilla presentó mayores valores de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos, mientras que la variedad roja destacó por su contenido de ácido ascórbico y carotenoides totales.

En conjunto, estos hallazgos demuestran que la valorización de la cáscara de pitahaya mediante procesos de deshidratación constituye una alternativa sostenible para el aprovechamiento de este subproducto agroindustrial y para el desarrollo de ingredientes funcionales con potencial aplicación en la industria alimentaria y nutracéutica.

Declaración de intereses

El autor manifiesta que no mantiene ningún conflicto de intereses, ya sea de carácter personal, profesional, financiero o institucional, que pudiera influir en el desarrollo de la presente investigación o en la publicación de los resultados expuestos en este manuscrito.

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por las facilidades brindadas para el uso de los laboratorios, equipos e infraestructura durante el desarrollo

de la presente investigación. Asimismo, reconoce el apoyo del personal docente y técnico por su colaboración en la ejecución de los análisis experimentales.

De manera especial, el autor expresa su agradecimiento al asesor y coasesor de la investigación por su orientación académica, asesoramiento científico y valiosos aportes durante el desarrollo del estudio. Asimismo, expresa su reconocimiento a los productores de los distritos de Shipasbamba y Churuja, provincia de Bongará, por facilitar las muestras de pitahaya empleadas en la investigación.

Referencias

- Andrade, R.C., Ferreira Ribeiro, C.D., Caetano, V.C. de S., Fernandes, S.S. & Otero, D.M. (2024). Trends in dragon fruit peel compound extraction and technological applications. *Trends in Food Science & Technology*, 153, 104721. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104721>
- Aquino Domínguez, P.D. (2025). *Diseño y Construcción de un Deshidratador Solar para Frutas y Verduras*. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/9418>
- Arabia, A., Munné-Bosch, S. & Muñoz, P. (2024). Ascorbic acid as a master redox regulator of fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 207, 112614. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112614>
- Bishoyi, A.K., Saeed, F., Shehzadi, U., Shankar, A., Balaji, J., Kaur, J., Afzaal, M., Imran, A., Rasheed, M., Hussain, B., Hussain, M., Ahmed, A., Islam, F. & Kinki, A.B. (2024). Nutritional composition, phytochemical profile, and health benefits of *Hylocereus Undatus* (pitaya): A comprehensive review. *eFood*, 5(5), e70017. <https://doi.org/10.1002/efd2.70017>
- Carvalho, F., Lahlou, R.A. & Silva, L.R. (2025). Exploring Bioactive Compounds from Fruit and Vegetable By-Products with Potential for Food and Nutraceutical Applications. *Foods*, 14(22), 3884. <https://doi.org/10.3390/foods14223884>
- Castillo-Zapata, K.C., Reyes-Díaz, J.D., Cornelio-Santiago, H.P., Espinoza-Espinoza, L.A., Valdiviezo-Marcelo, J. & Ruiz-Flores, L.A. (2024). Efecto del secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus guatemalensis*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 11(2), 97-106. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2024v11n2.009>
- Cedillos Santos, G.A. & Chávez Gómez, M.D.C. (2025). *Cuantificación del ácido ascórbico (Vitamina C) en zumo natural de Hylocereus spp (pitahaya) utilizando método Fluorométrico*. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/30800>
- Chávez Romero, Z.B., Paz Reyes, M.F., Nicolás Saldaña, G.M. & Torres Mirez, K.F. (2023). *Aprovechamiento de la cáscara de Pitahaya. Una Revisión Sistemática de la Literatura*. <https://laccei.org/LEIRD2023-VirtualEdition/meta/fp486.html>
- Coelho, V.S., de Moura, D.G., Aguiar, L.L., Ribeiro, L.V., Silva, V.D.M., da Veiga Correia, V.T., Melo, A.C., Silva, M.R., de Paula, A.C., de Araújo, R.L.B. & Melo, J.O.F. (2024). The Profile of Phenolic Compounds Identified in Pitaya Fruits, Health Effects, and Food Applications: An Integrative Review. *Plants*, 13(21), 3020. <https://doi.org/10.3390/plants13213020>
- Dehghannya, J. & Habibi-Ghods, M. (2025). Microwave Drying of Food Materials: Principles, Hybrid Techniques, Modeling Approaches, and Emerging Innovations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(6), e70312. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70312>
- Ganchala Catota, M.A. (2023). *Diseño de la cadena de deshidratación post-cosecha para conservar frutas de exportación: Diseño de horno Deshidratador de GLP para remover el contenido de agua antes de la exportación*. [bachelorThesis, Quito: EPN, 2023.]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24343>
- Gatti, N., Serio, G., Morante-Carriel, J., Deusebio, P., Conti, G., Eva, C., Maghrebi, M., Gentile, C. & Mannino, G. (2025). Phytochemical and Antioxidant Profile of Pitaya (*Hylocereus hybridum*) Fruits: Elucidation Through Chemical Fractionation. *Journal of Food Science*, 90(8), e70502. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70502>
- Gomes, B.T., Aguiar, L.L., Ana, C.T.S., Costa, A.G.V., Carneiro, J.C.S. & Silva, P.I. (2025). Fruit By-Products: Valorization, Use and Richness of Bioactive Compounds. *Journal of Food Process Engineering*, 48(11), e70249. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70249>
- Hussain, T., Kalhor, D.H. & Yin, Y. (2023). Identification of nutritional composition and antioxidant activities of fruit peels as a potential source of nutraceuticals. *Frontiers in Nutrition*, 9. https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/6759798cc7a957febd82d32?utm_source=chatgpt.com

- Jimenez-Garcia, S.N., Garcia-Mier, L., Ramirez-Gomez, X.S., Aguirre-Becerra, H., Escobar-Ortiz, A., Contreras-Medina, L. M., Garcia-Trejo, J.F. & Feregrino-Perez, A.A. (2022). Pitahaya Peel: A By-Product with Great Phytochemical Potential, Biological Activity, and Functional Application. *Molecules*, 27(16), 5339. <https://doi.org/10.3390/molecules27165339>
- Joardder, M.U.H. & Karim, M.A. (2025). Toward Uniform Microwave Heating in Food Drying: Principles, Technologies, and Emerging Trends. *Food Engineering Reviews*, 17(4), 946-965. <https://doi.org/10.1007/s12393-025-09426-5>
- Joseph Bassey, E., Cheng, J.H. & Sun, D.W. (2024). Comparative elucidation of bioactive and antioxidant properties of red dragon fruit peel as affected by electromagnetic and conventional drying approaches. *Food Chemistry*, 439, 138118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138118>
- Lacerda, V.R., Bastante, C.C., Machado, N.D., Vieites, R.L., Casas Cardoso, L. & Mantell-Serrano, C. (2024). Supercritical extraction of betalains from the peel of different pitaya species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(9), 5513-5521. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13383>
- Lin, X., Li, X., Huang, Y., Wen, J., Yu, Y., Tang, D., Xu, B. & Xu, Y. (2025). Destino de los compuestos bioactivos y actividades antioxidantes de la pulpa de pitahaya roja tras la digestión gastrointestinal *in vitro*. *Food Research International*, 200, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115495>
- Luisetti, J., Balzarini, M.F., Reinheimer, M.A., Stoppani, F. & Ciappini, M.C. (2023). Influencia del proceso de secado convectivo en el contenido de antocianinas, compuestos fenólicos totales, capacidad antimicrobiana y antioxidante en frutillas (*Fragaria annanasa* var. San Andrea). *Revista Tecnología y Ciencia*, (48), 56-72. <https://doi.org/10.33414/rtyc.48.56-72.2023>
- Martinez, R.M., Melo, C.P.B., Pinto, I.C., Mendes-Pierotti, S., Vignoli, J. A., Verri, W.A. & Casagrande, R. (2024). Betalains: A Narrative Review on Pharmacological Mechanisms Supporting the Nutraceutical Potential Towards Health Benefits. *Foods*, 13(23), 3909. <https://doi.org/10.3390/foods13233909>
- Melanie, C.F., Dalimunthe, G.I., Ridwanto, F. & Rahman, F. (2023). Analisis kadar vitamin C pada buah naga putih (*Hylocereus undatus*) dan buah naga merah (*hylocereus polyrhizus*) dengan perbandingan metode spektrofotometri uv dan titrasi iodimetri. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 1313-1321. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i3.216>
- Quispe Lupuche, E., Chávez Pérez, J.A., Medina-Pizzali, M.L., Loayza Gutiérrez, L. & Apumayta Suárez, E. (2021). Caracterización química, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de dos ecotipos de pitahaya (*Hylocereus* spp.). https://agris.fao.org/search/es/records/6474714c425ec3c088f216a0?utm_source=chatgpt.com
- Quispe Lupuche, E., Chávez Pérez, J., Medina Pizzali, M. L., Loayza Gutiérrez, L., & Apumayta Suárez, E. (2021). Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (*Hylocereus* spp.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía: Medellín*, 74(3), 9723-9734.
- Reyes-García, V., Botella-Martínez, C., Juárez-Trujillo, N., Muñoz-Tébar, N. & Viuda-Martos, M. (2024). Pitahaya (*Hylocereus ocamponis*)-Peel and -Flesh Flour Obtained from Fruit Co-Products—Assessment of Chemical, Techno-Functional and In Vitro Antioxidant Properties. *Molecules*, 29(10), 2241. <https://doi.org/10.3390/molecules29102241>
- Rita Caponio, G., Annunziato, A., Vacca, M., Difonzo, G., Celano, G., Minervini, F., Ranieri, M., Valenti, G., Tamma, G. & Angelis, M. D. (2024). Nutritional, antioxidant and biological activity characterization of orange peel flour to produce nutraceutical gluten-free muffins. *Food & Function*, 15(16), 8459-8476. <https://doi.org/10.1039/D4FO01395F>
- Rosa, A.J.O.L., Contreras-López, E., Elías-Peñafiel, C., Muñoz-Jauregui, A.M., Yuli-Posadas, R.Á. & Córdor-Salvatierra, E.J. (2022). Nutritional and physicochemical profile of the pitahaya cultivated in the central coast of Peru. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 39(1), e223911-e223911.
- Sampaio, L.M.F., Rebouças, C.R. da S., Soares, L.M., Lima, A.C. de S., Lima, A.R.N., Ferreira, N.L. dos S., Carvalho, J.D. G., Pedrini, M.R. da S., Hoskin, R.T. & Oliveira, L. de S. (2025). Green Valorization of Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) Peels by Ultrasound-Assisted Extraction and Encapsulation of Bioactive Compounds. *Processes*, 13(11), 3628. <https://doi.org/10.3390/pr13113628>
- Santos, A.A. de L., Leal, G.F., Marques, M.R., Reis, L.C.C., Junqueira, J.R. de J., Macedo, L.L. & Corrêa, J.L.G. (2025). Emerging Drying Technologies and Their Impact on Bioactive Compounds: A Systematic and Bibliometric Review. *Applied Sciences*, 15(12), 6653. <https://doi.org/10.3390/app15126653>
- Şen Arslan, H. (2024). Eco-friendly microwave-assisted extraction of fruit and vegetable peels demonstrates great biofunctional properties. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 8930-8938. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4463>

- Şengün, P & Kadakal, Ç. (2026). Effect of hot air and hot air assisted microwave drying on drying kinetics and quality of red and white pitaya slices: Original scientific paper. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 32(1), 25-34. <https://doi.org/10.2298/CICEQ241107007S>
- Tang, W., Li, W., Yang, Y., Lin, X., Wang, L., Li, C. & Yang, R. (2021). Phenolic Compounds Profile and Antioxidant Capacity of Pitahaya Fruit Peel from Two Red-Skinned Species (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*). *Foods*, 10(6), 1183. <https://doi.org/10.3390/foods10061183>
- Tomas, M. da G., Rodrigues, L.J., Almeida Lobo, F. de, Takeuchi, K.P., de Paula, N.R.F., Pinto, D.M., Nhantumbo, N., Pizzatto, M., Oualmakran, Y., Machado, G.G.L. & Boas, E.V. (2023). Características físico-químicas y perfil de compuestos volátiles de la pitahaya (*Selenicereus setaceus*). *South African Journal of Botany*, 154, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.020>
- Verma, K., Nema, P.K., Badgular, PC., Venkatesh, K., Rajendran, A. & Loushigam, G.L. (2026). Vitamin C in fruits and vegetables: Stability, processing effects, analytical detection, nutrient interactions, bioavailability, and health implications. *Food Chemistry*, 505, 148058. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.148058>
- Villafán-González, D.L., Betancur-Ancona, D.A. & Gallegos-Tintoré, S.M. (2024). Freeze-dried pulp and peel from pitahaya (*Selenicereus undatus*): Physicochemical properties and potential source of fructooligosaccharides. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 11(1), 80-94. <https://doi.org/10.23850/24220582.6231>
- Wardana, F.Y., Islamiyah, T.N. & Arifin, I.P. (2025). Antioxidant Activity and Body Scrub Formulation from Yellow Dragon Fruit Peel (*Selenicereus megalanthus*) Extract. *Borneo Journal of Pharmascientech*, 9(1), 21-28. <https://doi.org/10.59053/bjp.v9i1.542>
- Wu, Y., Liu, Y., Jia, Y., Feng, C.H., Zhang, H., Ren, F. & Zhao, G. (2024). Effects of thermal processing on natural antioxidants in fruits and vegetables. *Food Research International*, 192, 114797. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114797>