

Efecto del secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus guatemalensis*)

Effect of hot air drying on total phenolic content and antioxidant capacity of red Pitahaya (Hylocereus guatemalensis) peel

 Katerin C. Castillo-Zapata¹  Jorge D. Reyes-Diaz¹  Heber P. Cornelio-Santiago²

 Luis A. Espinoza-Espinoza³  Jaime Valdiviezo-Marcelo¹  Luis A. Ruiz-Flores¹

heber.cornelio@ulcb.edu.pe 

1.- Universidad Nacional de Frontera, Piura, Perú

2.- Universidad Le Cordon Blue, Lima, Perú

3.- Universidad Nacional de Barranca, Lima, Perú

Recibido: 02/03/2024

Revisado: 04/04/2024

Aceptado: 11/06/2024

Publicado: 30/06/2024

RESUMEN

La cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus guatemalensis*) es un subproducto de la producción de pulpa y jugo, que muchas veces no es aprovechada por la escasa información científica sobre la forma de conservación que afecte mínimamente sus compuestos bioactivos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) por secuestro del radical DPPH (%) de la cáscara de pitahaya roja. La cáscara fue separada de la pulpa, cortadas en cuatro partes iguales y colocadas a secar con aire caliente. El secado fue realizado utilizando temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C durante un tiempo de 1 080 min. La cáscara fue molida (partículas < 850 µm), el extracto (50 mg/ml) fue obtenido usando metanol al 80 % como disolvente y el CFT y la CA fueron determinados. La influencia de la temperatura de secado fue significativa ($p < 0,05$) en el CFT y CA, a medida que la temperatura de secado se incrementó de 40 a 90 °C; los valores de CFT variaron de $116,7 \pm 26,0$ a $328,8 \pm 57,5$ mg equivalente de ácido gálico/100 g de cáscara seca en base seca y la CA también aumentó de $22,22 \pm 0,06$ a $50,00 \pm 0,12$ % de inhibición de radical DPPH. Estos resultados indican que el secado con aire caliente a temperaturas de 50 a 90 °C puede ser usado para obtener cáscara seca de pitahaya roja con baja humedad libre y sin afectar el CFT y CA. **Palabras clave:** Subproducto, antioxidante, compuestos bioactivos, deshidratación, fruta del dragón.



ABSTRACT

Red pitahaya (*Hylocereus guatemalensis*) peel is a by-product of pulp and juice production, which is often underutilized due to the lack of scientific information on how to preserve it in a manner that minimally affects its bioactive compounds. The objective of this study was to evaluate the effect of hot air drying on the total phenolic content (TFC) and antioxidant capacity (AC) by DPPH radical scavenging (%) of red pitahaya peel. The peel was separated from the pulp, cut into four equal parts and subjected to hot air drying. Drying was carried out at temperatures of 40, 50, 60, 60, 70, 80 and 90 °C for a period of 1 080 min. The peel was ground (particles < 850 µm), the extract (50 mg/mL) was obtained using 80% methanol as solvent, and the TPC and AC were determined. The influence of drying temperature was significant ($p < 0.05$) on TPC and AC as drying temperature increase of 40 to 90 °C; TPC values ranged of 116.7 ± 26.0 to 328.8 ± 57.5 mg gallic acid equivalent/100 g dry peel on dry basis and AC also increased of 22.22 ± 0.06 to $50.00 \pm 0.12\%$ DPPH radical inhibition. These results indicate that hot air drying at temperatures of 50 to 90 °C can be used to obtain dried red pitahaya peel with low free moisture and without affecting TPC and AC. **Keywords:** By-product, antioxidant, bioactive compounds, dehydration, dragon fruit.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya o pitaya también llamada “fruta del dragón” es un cactus trepador perenne del género *Hylocereus* originario de América Central (sur de México, Guatemala y Costa Rica) y sus especies son *guatemalensis*, *polyrhizus* o *monacanthus*, *undatus* y *megalanthus* (Arivalagan *et al.*, 2021 y Mercado-Silva, 2018), debido al atractivo color de su fruta y principalmente al sabor como también a sus propiedades nutricionales y funcionales de la pulpa, la producción mundial está aumentando rápidamente (Mercado-Silva, 2018) y los principales países donde *Hylocereus* está siendo cultivada son Vietnam, China, México, Colombia, Nicaragua, Ecuador, Tailandia, Malasia, Indonesia, Australia, EE.UU. (Arivalagan *et al.*, 2021) y Perú.

Las especies del género *Hylocereus* se diferencian por el color de la pulpa y cáscara. El fruto de la especie *undatus* tiene pulpa blanca

y piel rosada, *polyrhizus* o *monacanthus* tiene fruto de pulpa roja y piel rosada, *costaricensis* tiene pulpa rojo violácea y piel rosada, *guatemalensis* tiene pulpa roja con piel rojiza anaranjada (Figura 1a), y *megalanthus* tiene pulpa blanca y piel amarilla (Arivalagan *et al.*, 2021). En el procesamiento de las frutas de pitahaya roja para la producción de jugos se suele desechar una cantidad considerable de cáscara, que representa aproximadamente entre el 18 y 33 % en peso total de la fruta fresca y su no aprovechamiento o descuido llevaría a la contaminación ambiental. La cáscara de la pitahaya roja es una fuente importante de fitoquímicos y pigmentos naturales con propiedades antioxidantes y podría convertirse en un ingrediente funcional de alto valor económico (Bassey *et al.*, 2024; Fathor-doobady *et al.*, 2019; Qin *et al.*, 2020 y Xu *et al.*, 2024). Sin embargo, el alto contenido de agua (82,91 %) en la cáscara de pitahaya roja hace que tenga una vida útil corta (Bassey *et al.*, 2024), por lo tanto, todas las ca-

racterísticas de la cáscara de la pitahaya roja han despertado el interés por la búsqueda de métodos de conservación que ayuden a obtener un producto con una vida útil prolongada.

El secado es uno de los métodos más utilizados hasta la actualidad en la conservación de diferentes productos agrícolas para prolongar su vida útil, eliminando el agua hasta obtener un producto sólido suficientemente bajo en contenido de agua (Berk, 2018), que permita la estabilidad microbiológica, reduzca las reacciones químicas de deterioro y disminuye los costes de transporte y almacenamiento (Bahnasawy y Shenana, 2004).

La cáscara seca de pitahaya roja puede obtenerse utilizando tecnologías no convencionales como el secado por infrarrojo cercano, infrarrojo medio, infrarrojo lejano y microondas (Bassey *et al.*, 2024 y Chew y King, 2019). Estas tecnologías presentan ventajas como eficiencia energética, tiempo de secado rápido, calidad óptima del producto final y son ecológicamente aceptables (Bassey *et al.*, 2024). Sin embargo, a pesar que los procesos de secado convencional presentan limitaciones, como tiempos prolongados de secado y pérdida de compuestos bioactivos termolábiles, las tecnologías no convencionales aún son caras y requieren equipos especializados, por lo que las industrias en los países en desarrollo aún siguen prefiriendo el secado con aire caliente, considerado una operación de bajo coste y un método sencillo, en el que la materia prima se expone directamente al aire caliente en la cámara de secado (Quan *et al.*, 2024), no obstante, la temperatura de secado puede influenciar sobre el contenido de fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA) de la cáscara de pitahaya roja.

Algunos estudios de secado de cáscara de pitahaya roja de la especie *polyrhizus* (Bassey *et al.*, 2024 y Quan *et al.*, 2024) y *undatus* (Amorim *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2017) fueron realizados usando aire caliente, pero a la fecha no se reportaron estudios sobre secado de cáscara de pitahaya roja de la especie *guatemalensis*. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura (40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C) de secado con aire caliente en el CFT y la CA de cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus guatemalensis*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las frutas de pitahayas rojas (*Hylocereus guatemalensis*) (Figura 1a) fueron obtenidas del fundo Santa Elena que se encuentra ubicado en la ciudad de Huaral, Perú.

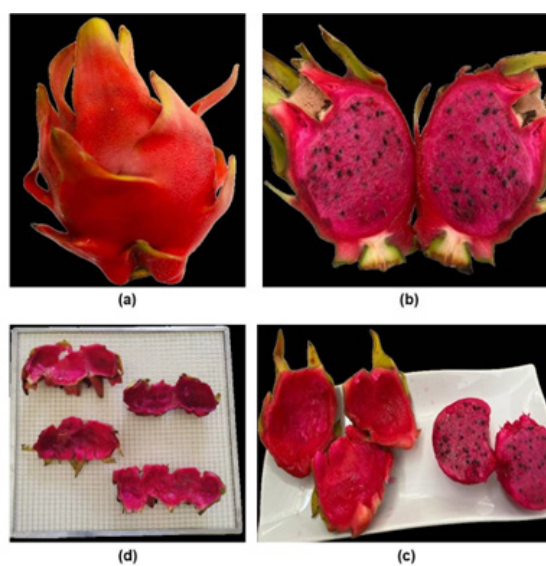


Figura 1. Pitahayas rojas (*H. guatemalensis*): a) fruta, b) fruta partida por la mitad, c) cáscara y pulpa y d) cáscara en 4 partes.

Preparación de la materia prima

La fruta se lavó con agua potable y desinfectó usando una solución de hipoclorito de sodio a

una concentración de 4 % ppm, posteriormente se separa la cáscara de la pulpa cortando la fruta por la mitad (Figura 1b y 1c) y finalmente la cáscara se cortó en 4 partes iguales y se dejaron sobre las bandejas de secado (Figura 1d).

Secado de la cáscara

El secado de la cáscara de pitahaya roja (*H. guatemalensis*) fue realizado en un deshidratador de aire forzado (AISTAN, modelo ST04, China). Aproximadamente 300 g de cáscara cortó en 4 partes (Figura 1d) fueron secados a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70, 80, y 90 °C) durante 1080 min, según pruebas preliminares, con una velocidad de aire de 2,5 m/s, para cada temperatura se realizó por triplicado.

Molido y tamizado de la cáscara seca

La cáscara seca obtenida a diferentes temperaturas fue triturada individualmente utilizando un molino de cuchillas durante 3 minutos. Posteriormente la cáscara molida se pasó por un tamiz de 850 μm . Las cáscaras secas y molidas que pasaron por el tamiz fueron colocadas en bolsas herméticas para su posterior uso.

Obtención de los extractos de la cáscara

Los extractos fueron obtenidos según el método reportado por Cornelio-Santiago *et al.*, (2019) con algunas modificaciones. Aproximadamente 2 g de cáscara seca molida de pitahaya roja se mezclaron con 40 ml de metanol al 80 % en un recipiente de volumen de 250 ml. La mezcla se homogenizó en un agitador magnético a 1 000 rpm por 20 minutos a temperatura ambiente, posteriormente la mezcla se centrifugó a 4 500 rpm durante 20 minutos y se recuperó el sobrenadante (solutos + disolvente) o extracto.

Determinación del contenido de fenólicos totales

El CFT fue determinado utilizando la metodología descrita por Cornelio-Santiago *et al.*, (2019). Cada extracto obtenido fue diluido con metanol al 80 % a una relación 1:19 (v/v), es decir, se mezclaron 100 μl de cada extracto con 1 900 μl de metanol al 80 %, en un agitador Vórtex a 2 000 rpm durante 1 minuto. En un tubo de vidrio de 10 ml de capacidad se agregaron 1,364 ml de agua destilada, 300 μl de cada extracto obtenido previamente diluido y 136 μl del reactivo Folin-Ciocalteu, homogenizándose levemente para luego dejarlo reposar durante 8 minutos a temperatura ambiente en un espacio oscuro. Luego del reposo se agregó 1,2 ml de Na_2CO_3 al 7,5 %, homogenizándose levemente y dejando reposar durante 2 horas a temperatura ambiente en un espacio oscuro.

Posteriormente se realizaron las lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS (Genesys 150, Thermo Scientific, EU) a 760 nm. La ecuación $y = 0,0166x + 0,0129$ ($R^2 = 0,9991$) obtenido a partir curva estándar de ácido gálico a diferentes concentraciones (10, 20, 30, 40, 50 y 60 $\mu\text{g/ml}$) fue usado para calcular el CFT en los diferentes extractos. Los resultados fueron expresados en mg equivalente de ácido gálico (EAG) por cada 100 g de cáscara seca.

Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó utilizando la metodología descrita por Tian *et al.*, (2018) con algunas modificaciones. Se mezclaron 100 μl de cada extracto obtenido (50 mg/ml) con 2 ml de solución de 0,08 mol/L de DPPH en etanol. La mezcla se hizo reaccio-

nar durante 40 minutos antes de medir la absorbancia a 517 nm se utilizó una solución de 0,08 mol/l de DPPH en etanol como control y como blanco etanol. La capacidad de secuestro de radicales DPPH se calculó como el porcentaje de inhibición mediante la siguiente ecuación: % inhibición = $(1 - A_{\text{muestra}} / A_{\text{control}}) \times 100$.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en cada experimento se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) y a la prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATGRAPHICS (StatPoint, Inc. v.16.1.03). La curva estándar se elaboró usando Microsoft Excel MSO (versión 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la temperatura de secado en la humedad libre de la cáscara de pitahaya roja

La humedad inicial de la cáscara de pitahaya roja fue $90,41 \pm 1,03$ % y los datos del comportamiento de secado de la cáscara de pitahaya roja en función de la humedad libre (kg de agua/kg de cáscara seca) y la temperatura de secado se observa en la Figura 2, este comportamiento indica que el tiempo de 1 080 min fue suficiente para secar 300 g de cáscara de pitahaya roja y obtener humedades libres de 0,0038 a 0,0007 kg de agua/kg de cáscara seca, para las temperaturas de 40 a 90 °C, respectivamente, considerándose así las cáscaras secas de pitahaya roja obtenidas, para todas las temperaturas, como productos deshidratados (Ibarz y

Ribas, 2005), condición que permite la estabilidad microbiológica, reduce las reacciones químicas de deterioro y disminuye los costes de transporte y almacenamiento (Bahnasawy y Shenana, 2004) de este producto. Además, la humedad estuvo muy por debajo del valor permitido para productos que son secados y procesados en forma de harina, que es como máximo del 15 % (Codex Alimentarius, 1985).

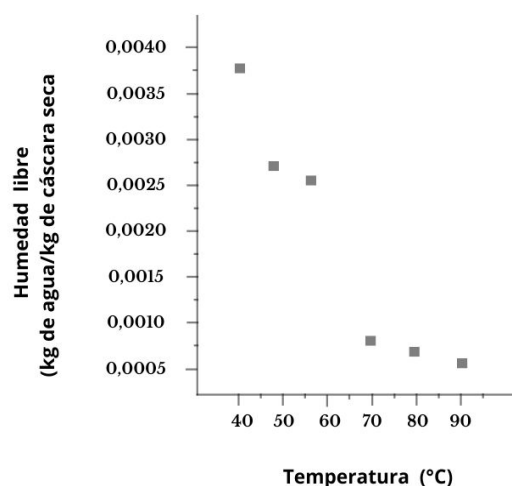


Figura 2. Comportamiento de secado de la cáscara de pitahaya roja en función de la humedad libre (kg de agua/kg de cáscara seca) y la temperatura.

En otro estudio fue necesario mayor tiempo de secado como 640 min para deshidratar 100 g de cáscara de pitahaya roja de la especie *H. polyrhizus* y obtener una tasa de humedad menores a 0,2, cuando fue usado 50 °C y 0,2 m/s de velocidad del aire (Bassey *et al.*, 2024); es de esperar ya que la velocidad del aire es mucho menor comparado a 2,5 m/s, utilizado en este estudio. Por otro lado, tiempos de 500, 415 y 385 min para temperaturas de 50, 60 y 70 °C fueron necesarios para obtener cáscara seca de pitahaya roja de la especie *H. unda-*

tus, con humedades de 5,39, 5,27 y 4,40 %, respectivamente; siendo la velocidad de aire de 1,5 m/s (Santos *et al.*, 2017). Además, cáscaras de pitahaya roja de la especie *H. undatus* necesitaron 390 min para alcanzar un contenido de humedad constante a 60 °C (Amorim *et al.*, 2023). Estos diferentes resultados pueden estar relacionados con los diferentes contenidos de agua en la cáscara de pitahaya roja, el mismo que puede ser evidenciado con los valores de humedad menor (82,91 %) (Bassesey *et al.*, 2024) y mayor (93,38 %) (Santos *et al.*, 2017), reportados para la cáscara de pitahaya roja de la especie *H. polyrhizus* y *H. undatus*, respectivamente; en comparación a la humedad obtenida para este estudio; es probable que el contenido de agua o humedad, este influenciado por las especies del género *Hylocereus* y por el estado de madurez fisiológico o comercial de las frutas estudiadas.

Efecto de la temperatura de secado en el contenido de fenólicos totales

Se realizó la determinación del CFT en las cáscaras de pitahaya roja sometidas a diferentes temperaturas de secado con aire caliente (40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C) y los resultados se observan en la Tabla 1. Los valores de CFT variaron de $116,7 \pm 26,0$ a $328,8 \pm 57,5$ mg EAG/100g de cáscara seca para las temperaturas de 40 a 90 °C, respectivamente, estos resultados indican que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en el CFT para las temperaturas de

50 a 90 °C, pero existe diferencia significativa en el CFT cuando es comparado con la temperatura de 40 °C, no obstante, de forma general la temperatura de secado produjo un aumento del CFT en la cáscara de pitahaya roja seca, este aumento se debió probablemente a la concentración de los compuestos a medida que la temperatura de secado aumenta, asimismo un aumento de la temperatura puede provocar la desintegración de los enlaces covalentes y por consiguiente la liberación de compuestos fenólicos (Bassesey *et al.*, 2024), lo que daría lugar a un mayor CFT en las cáscaras secas de pitahaya roja obtenidas a temperaturas de 50 a 90 °C.

Por otro lado, el menor valor de CFT en la cáscara seca de pitahaya roja obtenido a 40 °C, estaría influenciado por la prolongada duración del secado, que resultó en la liberación de compuestos fenólicos y una simultánea o posterior descomposición de los compuestos fenólicos por la presencia de la polifenol oxidasa, una enzima termoresistente, que se inactiva a temperaturas superiores a 60 °C (An *et al.*, 2023; Onwude *et al.*, 2022).

En otros estudios, valores diferentes CFT comparado a este estudio (Tabla 1) fueron reportados para la especie *H. polyrhizus* (640,52 mg EAG/100g a 50 °C) y *H. undatus* (313,96 mg EAG/100g a 60 °C) (Amorim *et al.*, 2023), lo que indica que la especie también podría estar influenciando en el CFT.

Tabla 1.

Efecto de la temperatura de secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja

Temperatura (°C)	Contenido de fenólicos totales (mg EAG/100g de cáscara seca en base seca)	Capacidad antioxidante (% de inhibición del radical DPPH)
40	116,7 ± 26,0 ^b	22,22 ± 0,06 ^b
50	250,8 ± 42,4 ^a	29,87 ± 0,07 ^{ab}
60	279,0 ± 38,4 ^a	30,53 ± 0,10 ^{ab}
70	257,3 ± 9,7 ^a	41,86 ± 0,08 ^{ab}
80	279,8 ± 25,4 ^a	49,84 ± 0,04 ^a
90	328,8 ± 57,5 ^a	50,00 ± 0,12 ^a

Datos expresados como promedio ± desviación estándar. Los mismos superíndices en cada columna indican una diferencia no significativa ($p < 0,05$) mediante la prueba de Tukey.

Efecto de la temperatura de secado en la capacidad antioxidante

La tabla 1 presenta los resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en las cáscaras de pitahaya roja sometidas a diferentes temperaturas de secado (40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C), utilizando el método de secuestro de radical DPPH. La capacidad antioxidante expresado en % de inhibición variaron de 22,22 ± 0,06 a 50,00 ± 0,12 % para la temperatura de 40 °C a 90 °C. El aumento de la temperatura favoreció un aumento del % de inhibición para las temperaturas de 40 a 90 °C. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre los valores de % de inhibición para las temperaturas de 40 a 70 °C, pero si existió diferencia significativa cuando fueron comparados con los % de inhibición obtenidos a temperaturas de 80 y 90 °C; estas dos temperaturas mostraron los valores más altos de % de inhibición como 49,84 ± 0,04 y 50,00 ± 0,12 %, respectivamente, mientras que para

40 °C se obtuvo el valor más bajo de % de inhibición (22,22 ± 0,06 %). El % de inhibición del radical DPPH está directamente relacionado con la presencia de fitoquímicos como taninos, flavonoides, ácidos fenólicos y beta-láina (Luu *et al.*, 2021), por tanto, el aumento del % de inhibición de las cáscaras secas de pitahaya roja obtenidas a temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C podría deberse a una mejor retención de fitoquímicos a media que aumenta la temperatura, como demuestra el aumento de los CFT (Tabla 1), por otro lado, valores menores de % de inhibición del radical DPPH podría estar relacionada con la menor retención de compuestos antioxidantes como el ácido ascórbico en las cáscaras secas, compuesto termolábil, que se pierde con el aumento de la temperatura. Además, mientras algunos fitoquímicos se pierden debido al tratamiento térmico, otras se liberan por la desintegración y el aflojamiento de los enlaces covalentes (Bassey *et al.*, 2024). En conse-

cuencia, el proceso de secado no ejerce el mismo efecto sobre la capacidad antioxidante de diversas matrices biológicas; fenómeno que explica las variaciones en los resultados de % de inhibición del radical DPPH, determinados a diferentes temperaturas de secado para cáscara de pitahaya roja como 75 % de inhibición a temperatura de secado 100 °C (Chew y King, 2019), 36,98 % a 50 °C (Bassey *et al.*, 2024), 13,18 % a 65 °C (Quan *et al.*, 2024) y 83,48 % a 70 °C (Nurliyana *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Se observó que la temperatura de secado influye en el aumento del CFT y la CA en la cáscara de pitahaya roja (*H. guatemalensis*). Las temperaturas de 50 a 90 °C presentaron mejor retención de CFT, aumentando en con-

secuencia la capacidad antioxidante (% de inhibición del radical DPPH), es decir, conforme aumentaba la temperatura de secado; los valores de CFT ($116,7 \pm 26,0$ a $328,8 \pm 57,5$ mg EAG/100g de cáscara seca en base seca) y capacidad antioxidante ($22,22 \pm 0,06$ a $50,00 \pm 0,12\%$) también aumentaron. Finalmente, los resultados obtenidos indican que el secado por aire caliente a temperaturas de 50 a 90 °C puede ser usado para obtener cáscara seca de pitahaya roja con baja humedad libre y sin afectar el contenido de fenólicos totales y su capacidad antioxidante. Además, estos resultados proporcionan una base esencial para continuar estudiando la cáscara de pitahaya roja (*H. guatemalensis*) seca y molida en términos de solubilidad en aceite y agua, y su aplicación en la formulación de alimentos funcionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, T. A., Dos Santos Lima, M., De Souza, M. E. A. O., Albuquerque, N. M., Da Silva Figueiredo, L., Da Silva, A. B. M., De Oliveira Vilar, S. B., y De Brito Araújo, A. J. (2023). Drying kinetics, extraction kinetics and microencapsulation of antioxidant bioactive compounds of pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(4), 4073-4085. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01928-2>
- An, N., Lv, W., Li, D., Wang, L., y Wang, Y. (2023). Effects of hot-air microwave rolling blanching pretreatment on the drying of turmeric (*Curcuma longa* L.): Physicochemical properties and microstructure evaluation. *Food Chemistry*, 398, 133925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133925>
- Arivalagan, M., Karunakaran, G., Roy, T. K., Dinsha, M., Sindhu, B. C., Shilpashree, V. M., Satisha, G. C., y Shivashankara, K. S. (2021). Biochemical and nutritional characterization of dragon fruit (*Hylocereus species*). *Food Chemistry*, 353, 129426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129426>

- Bahnasawy, A. H., y Shenana, M. E. (2004). A mathematical model of direct sun and solar drying of some fermented dairy products (Kishk). *Journal of Food Engineering*, 61(3), 309-319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00134-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00134-1)
- Bassey, J. E., Cheng, J. H., y 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>
- Berk, Z. (2018). *Food Process Engineering and Technology*. Academic Press.
- Chew, Y. M., y King, V. A.-E. (2019). Microwave Drying of Pitaya (*Hylocereus*) Peel and the Effects Compared with Hot-Air and Freeze-drying. *Transactions of the ASABE*, 62(4), 919-928. <https://doi.org/10.13031/trans.13193>
- Codex Alimentarius. (1985). *Codex standard for wheat flour. Codex Standard 152-1985*.
- Cornelio-Santiago, H. P., Mazalli, M. R., Rodrigues, C. E. C., y de Oliveira, A. L. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the process variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13271. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13271>
- Fathordoobady, F., Manap, M. Y., Selamat, J., y Singh, A. P. (2019). Development of supercritical fluid extraction for the recovery of betacyanins from red pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel: A source of natural red pigment with potential antioxidant properties. *International Food Research Journal*, 26(3), 1023-1034.
- Ibarz, A., y Ribas, A. I. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Mundi-Prensa Libros.
- Luu, T.-T.-H., Le, T.-L., Huynh, N., y Quintela-Alonso, P. (2021). Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(2), 71-94. <https://doi.org/10.17221/139/2020-CJFS>
- Mercado-Silva, E. M. (2018). Pitaya—*Hylocereus undatus* (Haw). En *Exotic Fruits* (pp. 339-349). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00045-9>
- Nurliyana, R., Syed Zahir, I., Mustapha Suleiman, K., Aisyah, M. R., y Kamarul Rahim, K. (2010). Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: A comparative study. *International Food Research Journal*, 17, 367-375.

- Onwude, D. I., Iranshahi, K., Rubineti, D., Schudel, S., Schemminger, J., Martynenko, A., y Defraeye, T. (2022). How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioprocess Processing*, 131, 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.11.005>
- Qin, Y., Liu, Y., Zhang, X., y Liu, J. (2020). Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films. *Food Hydrocolloids*, 100, 105410. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105410>
- Quan, T. H., Yen, T. T., Tram, G. N. P., Tien, N. P., Karnjanapratum, S., y Rawdkuen, S. (2024). Comparative study on the effect of hot air and vacuum drying on physiochemical properties and antioxidant activities of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *Natural and Life Sciences Communications*, 23(2). <https://doi.org/10.12982/NLSC.2024.023>
- Santos, F. S. D., Figueirêdo, R. M. F. D., Queiroz, A. J. D. M., y Santos, D. D. C. (2017). Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitahaya' peels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(12), 872-877. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p872-877>
- Tian, X., Liu, Y., Feng, X., Khaskheli, A. A., Xiang, Y., y Huang, W. (2018). The effects of alcohol fermentation on the extraction of antioxidant compounds and flavonoids of pomelo peel. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 763-769. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.049>
- Xu, X., Jiang, Y., Yeo, Q. X., y Zhou, W. (2024). Purification and characterization of betacyanin monomers from *Hylocereus polyrhizus* peel: A comparative study of their antioxidant and antidiabetic activities with mechanistic insights. *Food Chemistry*, 451, 139467. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139467>