

Parámetros fisicoquímicos y capacidad antioxidante de frutos de pitahaya Queen Purple en almacenamiento poscosecha

Physicochemical parameters and antioxidant capacity of Queen Purple pitahaya fruits in postharvest storage

Carpio-Rivas, V.¹ , Balois-Morales, R.^{1,2} , Ochoa-Jiménez, V. A.^{2,3} , Bello-Lara J.E.^{2,3} ,
Berumen-Varela G.^{1,2,*} 

¹ Programa de Doctorado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, Km. 9. 63780, Xalisco, Nayarit, México. ²Unidad de Tecnología de Alimentos-Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura SN. 63000, Tepic, Nayarit, México. ³Estancias Posdoctorales-Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Coordinación de Apoyos a Becarios e Investigadores, Dirección de Posgrado, 03940, Ciudad de México, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Carpio-Rivas, V., Balois-Morales, R., Ochoa-Jiménez, V. A., Bello-Lara J.E., Berumen-Varela G. (2024). Physicochemical parameters and antioxidant capacity of Queen Purple pitahaya fruits in postharvest storage. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1654. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1654>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: April 08th 2024.

Accepted/Aceptado: August 07th 2024.

Available on line/Publicado: August 26th 2024.

RESUMEN

El fruto de pitahaya (*Hylocereus* sp.) presenta un color y sabor atractivo para el consumidor. Además, contiene compuestos bioactivos a los cuales se les ha atribuido numerosos beneficios en la salud humana. Sin embargo, presenta problemas de manejo poscosecha durante su almacenamiento, lo que limita su comercialización a mercados distantes. El objetivo de esta investigación fue evaluar los parámetros fisicoquímicos y capacidad antioxidante de frutos de pitahaya Queen purple, almacenados a 13 ± 1 °C y 27 ± 1 °C. Se cosecharon frutos de pitahaya Queen purple en Compostela, Nayarit, México y se analizaron las variables de pérdida de masa, firmeza, color, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos. Los frutos de pitahaya almacenados a 27 ± 1 °C presentaron una vida de anaquel promedio de 12 días, mientras que en los almacenados a 13 ± 1 °C se prolongó hasta 16 días. Asimismo, los frutos almacenados a 13 ± 1 °C presentaron una menor pérdida de peso (2.47 %), mayor firmeza (25.65 N), ángulo de tono (31.6) y capacidad antioxidante por el método de poder reductor de ion férrico (FRAP) comparada con los almacenados a 27 ± 1 °C. El contenido de fenoles, los sólidos solubles totales, el pH y la capacidad antioxidante evaluada por DPPH y ABTS de los frutos de pitahaya fue similar en ambas temperaturas. El color rojo con tono rosa brillante de la cáscara, se fue acentuando perdiendo el brillo, hasta el último día de almacenamiento, presentando color rojo con tonos púrpura, en ambas temperaturas. Se concluyó que la temperatura de 13 ± 1 °C prolongó la vida poscosecha de los frutos de pitahaya Queen purple por cuatro días, retardando la acumulación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante hasta ocho días.

PALABRAS CLAVE: Calidad, Compuestos fenólicos, Color, Temperatura.

*Corresponding Author:

Guillermo Berumen-Varela. Unidad de Tecnología de Alimentos-Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura SN. 63000. Tepic, Nayarit, México. Teléfono: (311) 211 8800. Ext. 8963. E-mail: guillermo.berumen@uan.edu.mx

ABSTRACT

The pitahaya fruit (*Hylocereus* sp.) has an attractive color and flavor for the consumer. It also includes bioactive compounds, which are thought to offer several health benefits. However, it presents postharvest handling problems during storage, limiting its commercialization to distant markets. The objective of this research was to evaluate the physicochemical parameters and antioxidant capacity of Queen purple pitahaya fruits, stored at 13 ± 1 °C and 27 ± 1 °C. Queen purple pitahaya fruits were harvested in Compostela, Nayarit, Mexico and the variables of mass loss, firmness, color, pH, total soluble solids, titratable acidity, antioxidant capacity, and phenolic compounds were analyzed. Pitahaya fruits stored at 27 ± 1 °C had an average shelf life of 12 days, while those stored at 13 ± 1 °C extended up to 16 days. Likewise, the fruits stored at 13 ± 1 °C presented a lower weight loss (2.47 %), greater firmness (25.65 N), tone angle (31.6), and antioxidant capacity by the ferric ion reducing power method (FRAP) compared to those stored at 27 ± 1 °C. The phenolic content, total soluble solids, pH, and antioxidant capacity evaluated by DPPH and ABTS of pitahaya fruits were similar at both temperatures. The red color with a bright pink tone of the shell was accentuated, losing its brightness, until the last day of storage, presenting a red color with purple tones, at both temperatures. The conclusion was that the temperature of 13 ± 1 °C prolonged the postharvest life of Queen purple pitahaya fruits by four days, delaying the accumulation of phenolic compounds and antioxidant capacity up to eight days.

KEY WORDS: Quality, Phenolic compounds, Color, Temperature.

Introducción

La planta de pitahaya (*Hylocereus* sp.) es una cactácea perenne, de forma silvestre se desarrolla sobre rocas, árboles y arbustos, con hábito trepador; en condiciones de manejo agronómico se utilizan tutores para sostenerse (Montesinos-Cruz *et al.*, 2015). El fruto de la pitahaya es de forma globosa elipsoidal a óvalo con diámetro de 10 a 12 cm; la pulpa presenta color blanco, rosa, rojo, púrpura con numerosas semillas dispersas de color negro, de sabor dulce o insípida; mientras que el color de la cáscara varía de rojo a rojo-púrpura, la cual está cubierta por unas brácteas de forma triangular dispuestas en forma helicoidal (Centurión *et al.*, 2008; Balois-Morales *et al.*, 2013). Respecto a su producción en superficie y rendimiento a nivel nacional, las principales entidades son Quintana Roo (67 %, 5687 t), Yucatán (23 %, 4360 t) y Puebla (7 %, 630 t) concentrando el 98 % de la producción nacional, solo el 2 % se concentra en Campeche, Jalisco, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Colima y Nayarit.

Los frutos de pitahaya se consideran exóticos por su forma, color y sabor, por lo que tienen demanda para los mercados internacionales, favoreciendo el potencial económico (Al-Mekhlafi *et al.*, 2021; Oney Montalvo *et al.*, 2023). El fruto es una fuente de carotenoides, vitaminas, minerales, proteínas, grasas, carbohidratos y fibra, así como de fitoalbúminas, flavonoides, compuesto fenólicos y betacianinas, que son valorados por su potencial antioxidante (Ong *et al.*, 2014; Hua *et al.*, 2018), lo que ha conllevado a un incremento en su consumo (Sosa & Pérez-Orozco, 2022). A estos compuestos se les atribuyen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antimicrobianas, hepatoprotectoras, antihiperlipidémicas, antidiabéticas y de cicatrización de heridas (Ibrahim *et al.*, 2018). Sin embargo, se presentan problemas de manejo poscosecha durante su almacenamiento, afectando la calidad organoléptica, lo que conlleva a que gran parte de la producción no se exporte a mercados distantes (Verona-Ruiz *et al.*, 2020).

La maduración de los productos hortofrutícolas, son fases genéticamente programadas, que se caracterizan por reacciones fisiológicas y bioquímicas que modifican firmeza, color y sabor (Martínez-González *et al.*, 2017), por lo que estos parámetros de la calidad cambian durante el proceso de maduración. Uno de los métodos más utilizados para alargar la vida poscosecha de los frutos es el almacenamiento a temperaturas inferiores de 15°C. En este sentido, se ha reportado que los frutos de cactáceas son sensibles al daño por frío y su temperatura óptima de almacenamiento es entre 8 y 12 °C (Rosas-Benítez *et al.*, 2016), ya que a temperaturas más bajas, se ha reportado que los frutos pueden ser sensibles al frío (Patel *et al.*, 2016). De acuerdo con Paull (2016) los frutos de pitahaya tienen una vida de anaquel de hasta 14 días a una temperatura de almacenamiento de 10 °C. Por otro lado, Gularte *et al.* (2022) demostraron que frutos de pitahaya almacenados a 4 °C presentan daños por frío, los cuales provocan cambios en la estructura física de la cáscara, pardeamiento interno, estrés oxidativo y pérdida de atributos de calidad. Por tanto, es recomendable utilizar temperaturas de almacenamiento superiores a 4 °C e inferiores a 15 °C. En ese sentido, esto ha llevado a realizar una investigación sobre los parámetros fisicoquímicos involucrados en la maduración de los frutos de pitahaya Queen purple de la región de Compostela, Nayarit; México. El objetivo de la presente investigación fue evaluar los parámetros fisicoquímicos de frutos de pitahaya Queen purple, almacenados a 13 ± 1 °C y 27 ± 1 °C.

Material y Métodos

Material Vegetal

Se cosecharon frutos de pitahaya Queen purple de acuerdo al color (70 % rojo, 30 % verde), tamaño (10-15 cm) y al menos 35 días después de la floración del Rancho las Pitahayas en el municipio de Compostela, Nayarit ($21^{\circ}13'09.8''N$, $104^{\circ}53'56.9''W$). Los frutos recolectados fueron transportados al laboratorio de análisis especiales de la Unidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit. Se seleccionaron frutos de pitahaya libres de daños físicos y enfermedades. Enseguida, éstos fueron lavados con agua y desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 %. Finalmente, los frutos se dejaron secar a temperatura ambiente. De un lote de 76 frutos, 38 fueron almacenados a 27 ± 1 °C, y 38 frutos a 13 ± 1 °C en una cámara de

temperatura controlada (Clima Cell, Angelbachtal, Alemania) con una humedad relativa de 90 %, por un periodo de 16 días. Las variables evaluadas fueron pérdida de masa (%), color (sistema CIE LCh), firmeza (N), sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable (%) con respecto al ácido málico, pH y capacidad antioxidante (técnicas de DPPH, ABTS, FRAP) en mg de ácido ascórbico (EAA)/100 g peso fresco y fenoles totales en mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g peso fresco. Para los análisis físicos (pérdida de peso, color y firmeza), las evaluaciones se hicieron cada cuatro días, tomando como día cero el inicio del periodo de almacenamiento, para cada temperatura de almacenamiento. Asimismo, se determinó la vida poscosecha de los frutos de pitahaya mediante inspección visual y al tacto (oscurecimiento, presencia de enfermedades, turgencia).

Análisis fisicoquímicos

La pérdida de masa se determinó por gravimetría utilizando una balanza digital (Ohaus Scout Pro) reportándose en porcentaje (% de pérdida de peso). La firmeza se determinó empleando un penetrómetro digital (Force Gauge GY-4), con un punzón de 8 mm de diámetro. Las mediciones se realizaron en dirección perpendicular a la superficie del fruto, los valores se expresaron en Newtons (N). El color se evaluó utilizando un colorímetro (KONICA MINOLTA CR-400) midiendo en la epidermis del fruto en sus zonas ecuatoriales. Las lecturas arrojaron directamente los parámetros: LCh, donde L representa la luminosidad reflejada por el fruto (negro a blanco), C la cromaticidad y h el ángulo de tono. Para los parámetros de acidez titulable y sólidos solubles totales (TSS) se hizo una molienda de la pulpa, utilizando 1 g de pulpa con 10 mL de agua destilada en un homogeneizador de tejidos (IKA Ultra turrax T25). TSS se determinó colocando una gota de la muestra en un refractómetro digital (HANNA HI9680). Acidez titulable, se realizó mediante titulación volumétrica con 0.01 N de NaOH y fenolftaleína como indicador, empleando el método oficial de la AOAC (2005). Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico, debido a que es el ácido orgánico predominante en el fruto de la pitahaya (Sheng et al., 2021).

Análisis de fenoles totales y capacidad antioxidante

1 g de pulpa en 10 mL de agua destilada fue homogenizada en un Ultraturax (T8 IKA® Staufen, Germany). Posteriormente, se centrifugó (Z326K Hermle, Wehingen, Germany) a 18510 g por 15 min a 4 °C, recuperando el sobrenadante, el cual se tomó como muestra para cada uno de los métodos de capacidad antioxidante y fenoles totales.

Fenoles totales

Se determinaron de acuerdo con el método de Stintzing *et al.* (2005). Se mezclaron 50 µL de la muestra y 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1:10 v/v) y se dejó incubar por 5 min. Enseguida, se adicionaron 200 µL de carbonato de sodio 7.5 % (p/v) y se incubó en oscuridad a temperatura ambiente por 30 min. Finalmente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 760 nm. El contenido de fenoles totales se determinó usando una curva de calibración con ácido gálico (0-100 mg L⁻¹). Los resultados obtenidos se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico

por gramo de peso fresco (mg EAG/100 gFW).

2,2'-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH)

Se determinó de acuerdo con la metodología reportada por Brand-Williams *et al.* (1995). Se realizó una solución de DPPH (7.4 mg/100 mL en etanol al 80 %), dejándose en agitación por 60 min. Enseguida, la solución fue ajustada a una absorbancia de 0.70 (± 0.02) a 520 nm usando etanol al 80 %. Se mezclaron 250 μL del radical DPPH con 30 μL de la muestra en una microplaca. Se incubó por 30 min en obscuridad y posteriormente se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro (Thermo Scientific, Multiskan go) a una longitud de onda de 520 nm. La capacidad antioxidante de la muestra fue determinada usando una curva estándar con ácido ascórbico (0 a 100 mg L^{-1}). Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido ascórbico por gramo de peso fresco (mg EAA/100 gFW).

2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS•+)

Se cuantificó de acuerdo con la metodología descrita por Re *et al.* (1999). El radical ABTS•+ fue preparado mezclando solución ABTS•+ (Sigma – Aldrich) 7 mM y otra de persulfato potásico ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 2.45 mM en proporción 1:1 (v/v). La mezcla (radical ABTS•+) se incubó por 16 h a 23 ± 1 °C en agitación constante en oscuridad y fue diluida con etanol al 20 % hasta alcanzar un valor de absorbancia de 0.70 (± 0.02) a 734 nm. Se mezclaron 10 μL de la muestra con 490 μL del radical ABTS•+ y se dejó reaccionar por 7 min. Posteriormente, se cuantificó la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm. La capacidad antioxidante de la muestra fue determinada usando una curva estándar con ácido ascórbico (0 a 200 mg L^{-1}). Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido ascórbico por gramo de peso fresco (mg EAA/100 gFW).

Poder reductor del ion férrico (FRAP)

Se determinó por el método de Gow-Chin & Huin-yin (1995). Se colocaron en vortex 25 μL de muestra, 63 μL de buffer de fosfatos (0.2 M, pH 6.6) y 63 μL de hexacianoferrato de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) al 1 %. La mezcla se incubó durante 30 min a 50 °C y se agregaron 63 μL de ácido tricloroacético al 10 %. Enseguida, se colocaron en vortex por un minuto y se tomaron 63 μL del sobrenadante, agregando 63 μL de agua destilada y 12.5 μL de cloruro férrico (FeCl_3) al 0.1 %. Finalmente, la absorbancia se leyó a una longitud de onda de 700 nm. La capacidad antioxidante de la muestra fue determinada usando una curva estándar con ácido ascórbico (0 a 100 mg L^{-1}). Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido ascórbico por gramo de peso fresco (mg EAA/100 gFW).

Asimismo, para cada uno de los tres métodos, se calculó el porcentaje de eliminación de radical de las muestras, empleando la siguiente ecuación:

$$\% \text{eliminación de radical} = \left[\frac{\text{Absorbancia inicial} - \text{Absorbancia final}}{\text{Absorbancia inicial}} \right] \times 100$$

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, usando como bloques los días de almacenamiento. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA con un nivel de significancia del 5 %. Se realizó una prueba de comparación de medias entre temperaturas por el método de Tukey ($p < 0.05$) cuando el ANOVA mostró diferencias significativas. Asimismo, se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos y la prueba de Bartlett para verificar la homogeneidad de estos. Todos los análisis estadísticos y gráficos se realizaron mediante el lenguaje R usando las paqueterías agricolae, ggpubr y ggplot2.

Resultados y Discusión

Los frutos de pitahaya almacenados a 27 ± 1 °C presentaron una vida poscosecha promedio de 12 días, mientras que los almacenados a 13 ± 1 °C su vida poscosecha fue de hasta 16 días.

Pérdida de masa

Los frutos de pitahaya almacenados a 13 ± 1 °C presentaron menor pérdida de masa (2.47 %) con respecto a los almacenados a 27 ± 1 °C (6.98 %) (Figura 1A). Resultados similares fueron obtenidos por Magaña-Benítez *et al.* (2013) en frutos de pitahaya roja almacenada por seis días (8.37%) a 26 ± 2 °C y por Franco *et al.* (2022) en frutos almacenados por 21 días a 13 °C con pérdidas del 3.3 %. La pérdida de masa se puede atribuir a la pérdida de agua debido a la transpiración seguido de la respiración. Al respecto, Lufu *et al.* (2019) reportaron que la pérdida de agua debido a la respiración contribuyó hasta en un 35 % (humedad relativa de 93 %) de la pérdida de masa total y el resto se debió a la transpiración en frutos de granada (cv. Wonderful). La temperatura y la humedad relativa son dos factores que afectan los procesos de transpiración y respiración, por lo cual la pérdida de masa está en función de estos procesos metabólicos. Al respecto, Araujo *et al.* (2022) mostraron que bajas temperaturas disminuyen la tasa de respiración de la pitahaya. Asimismo, Lentzou *et al.* (2021) reportaron en frutos de higos (*Ficus carica L. var. Tsapela*) almacenados a 20 °C (humedad relativa entre 80.22 % y 98.65 %) una pérdida de agua del 4 % por transpiración.

Firmeza

Los frutos almacenados a 13 ± 1 °C presentaron una mayor firmeza (17.43 N) con respecto a los frutos almacenados a 27 ± 1 °C (14.87 N) (Figura 1B). Este resultado es similar al reportado por Freitas & Mitcham (2013), los cuales reportaron una disminución de la firmeza de 11.6 N a 8.2 N en frutos de pitahaya roja almacenados a 10 °C. La pérdida de firmeza de los productos hortofrutícolas está relacionada con la degradación de la pared celular, ya que durante el ablandamiento se activan las enzimas poligalacturonasa, pectinmetilesterasa, xilanasa y celulasa, además de un debilitamiento de la adhesión intercelular (Mercado *et al.*,

2019; Martínez-González *et al.*, 2017; Balois-Morales *et al.*, 2013). En este sentido, Gularte *et al.* (2022) evaluaron la firmeza en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados a 23 °C, 9 °C y 4 °C. Los autores encontraron que los frutos almacenados a 9 °C presentaron una mayor firmeza en comparación con los de 23 °C y 4 °C, atribuyéndoselo a que las bajas temperaturas disminuyen el metabolismo del fruto y la actividad de las enzimas asociadas a la degradación de la pared celular (pectinmetilesterasa y poligalacturonasa). Además, Díaz-Pérez (2019) mencionó que la transpiración del fruto también provoca una pérdida de turgencia celular, la cual se ve reflejado en el ablandamiento y senescencia de los frutos. De acuerdo con esto, es posible que la temperatura de 13 ± 1 °C haya reducido la transpiración de los frutos y la actividad de las enzimas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa, por lo que se obtuvieron frutos más firmes que aquellos almacenados a 27 ± 1 °C.

Color

El parámetro de color en los productos hortofrutícolas es un indicador de la calidad visual para el consumidor. La pitahaya es un fruto que presenta una coloración atractiva, por lo cual es importante determinar los cambios de color durante su poscosecha. Para esto se utiliza el sistema de evaluación LCh (L=luminosidad, C= cromaticidad, h=ángulo de tono). Por los datos obtenidos, y de acuerdo al tiempo y temperaturas de almacenamiento los frutos presentaron la siguiente característica: al día cero de almacenamiento la cáscara fue de color rojo con tono rosa brillantes; a días posteriores el color rojo se fue acentuando perdiendo el brillo, hasta el último día de almacenamiento que presentaron color rojo con tonos púrpura, en ambas temperaturas evaluadas (Tabla 1). Obenland *et al.* (2016) reportaron una disminución del parámetro L en cuatro variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp.) almacenadas a 10 °C durante 14 días, mencionando que este oscurecimiento en color fue ocasionado por las condiciones de almacenamiento. Por otro lado, Hernández-Ramos *et al.* (2023) evaluaron frutos de pitahaya (*Hylocereus ocamponis*) en estado de madurez de preconsumo y de consumo a 6 °C y 22 °C, demostrando que los valores de C y h en el epicarpio del fruto fueron afectados por la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Asimismo, reportaron que el contenido de betacianinas (pigmentos que proporcionan el color rojo al fruto de pitahaya) fue más alto en los frutos en madurez de consumo (12.62 mg/100 g) que en los de preconsumo (7.34 mg/100 g), así como también más alto en los frutos almacenados a 6 °C que en los almacenados a 22 °C. De acuerdo a los resultados de nuestra investigación, se puede sugerir que las betacianinas aumentan de acuerdo a la maduración, siendo más estables a temperaturas de almacenamiento inferior de 15 °C. La apariencia visual de los frutos de pitahaya almacenados a 27 ± 1 °C cambió a partir del día 8 de almacenamiento, presentando signos de deshidratación (pérdida de la turgencia al tacto y oscurecimiento), así como retracción y desverdecido de las brácteas (Figura 2). En esa misma temperatura, al día 16 de almacenamiento, la mayoría de los frutos mostraron la presencia de manchas color café en ambos polos del fruto, así como brácteas amarillas y/o con pardeamiento. Por otro lado, todos los frutos almacenados a 13 ± 1 °C al día 16, solo mostraron cambios en el color de las brácteas, las cuales mostraron un color verde con tonos amarillos (Figura 2B).

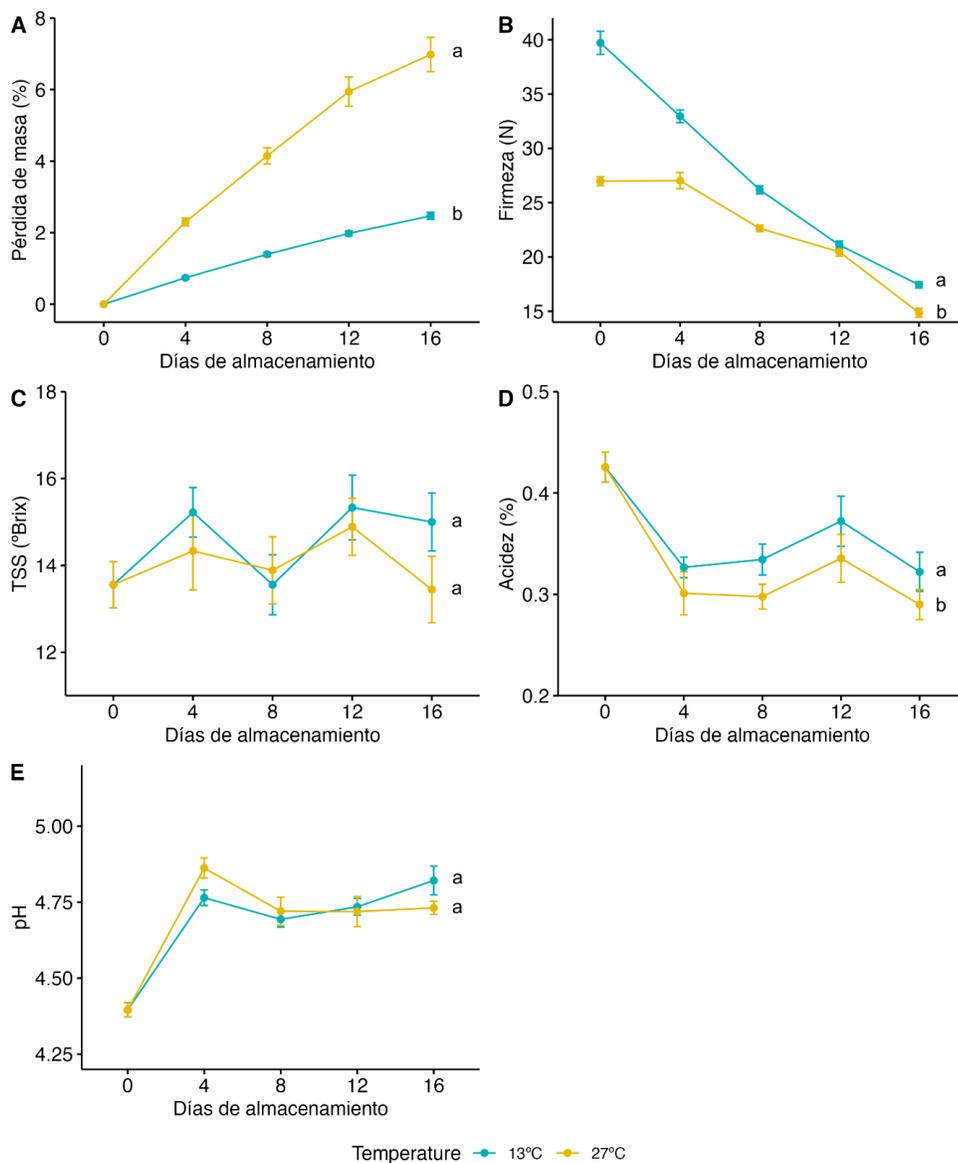


Figura 1. Frutos de pitahaya almacenados 27 ± 1 °C (color amarillo) y 13 ± 1 °C (color azul) durante 16 días. A) Pérdida de peso. B) Firmeza. C) Sólidos Solubles Totales. D) Acidez. E) pH. Letras distintas significa diferencia estadísticamente significativa entre temperaturas de almacenamiento de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Las líneas verticales indican el error estándar. Cada punto equivale a $n=10$.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de esta investigación.

Tabla 1. Color de frutos de pitahaya almacenados 27 ± 1 °C y 13 ± 1 °C durante 16 días, luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de tono (h). Letras distintas indican diferencias significativas entre temperaturas de almacenamiento de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Días	L		C		h	
	27 ± 1 °C ^a	13 ± 1 °C ^a	27 ± 1 °C ^a	13 ± 1 °C ^a	27 ± 1 °C ^a	13 ± 1 °C ^b
0	51.15	50.16	33.86	34.03	47.48	41.67
4	48.35	48.28	39.2	36.5	31.55	37.95
8	46.63	46.4	39.32	38.96	28.35	34.24
12	46.6	46.56	38.15	40.44	27.08	33.83
16	46.47	45.9	35.34	40.8	28.19	31.6

Fuente. Elaboración propia

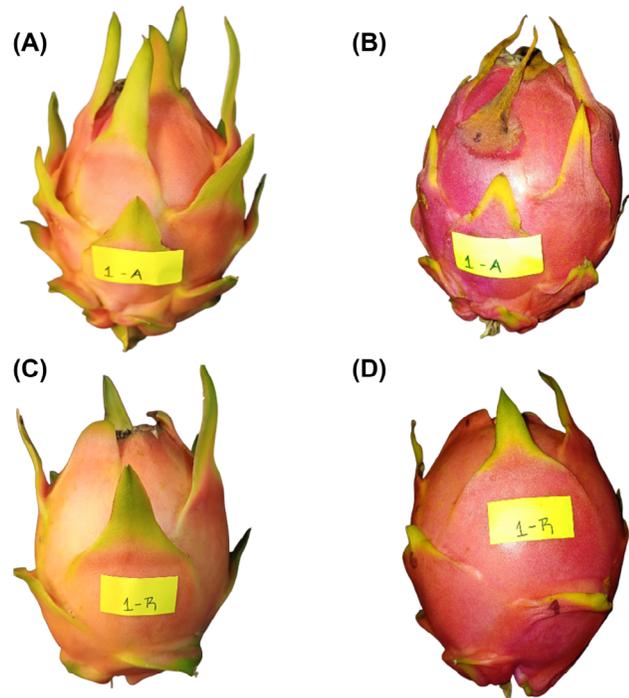


Figura 2. Color de frutos de pitahaya a los 0 y 16 días de almacenamiento. A) día 0 a 27 ± 1 °C, B) día 16 a 27 ± 1 °C, C) día 0 a 13 ± 1 °C, D) día 16 a 13 ± 1 °C.

Elaboración propia a partir de datos de esta investigación.

Sólidos Solubles Totales (TSS)

Los frutos de pitahaya se han caracterizado por ser insípidos, es decir, bajo contenido de azúcares, este parámetro puede estar influido por las condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad relativa), la genética y el tiempo de almacenamiento. Hernández-Ramos *et al.* (2020) menciona que la acidez y los TSS son los principales componentes del sabor del fruto de pitahaya. En ese aspecto, los frutos de pitahaya Queen purple almacenados a 13 ± 1 °C y 27 ± 1 °C presentaron TSS de 13 a 15 °Brix, no observando diferencias entre ambos tratamientos (Figura 1 C). Franco *et al.* (2022) almacenaron frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a 5 °C y 13 °C, demostrando que los TSS de los frutos no cambió significativamente (12-13°Bx). Con base en esa información, es posible que no se determinara una diferencia en los TSS en los frutos almacenados en ambas temperaturas debido a su naturaleza no climatérica, en la cual los procesos bioquímicos son más lentos, por lo que los valores de TSS son similares durante el almacenamiento poscosecha. Por otro lado, Obenland *et al.* (2016) reportaron una reducción de azúcares en frutos de pitahaya (*Hylocereus spp.*) almacenadas a 5 °C y 10 °C.

Acidez titulable

Los frutos almacenados a 27 ± 1 °C presentaron menores valores de acidez ($p < 0.05$) (Figura 1D). Este comportamiento es similar al reportado por Quiroz-González *et al.* (2017), en frutos de pitahaya (*Stenocereus* spp) almacenados a 24 ± 4 °C, en donde éstos tuvieron menor acidez que aquellos almacenados a 2 ± 1 °C y a 7 ± 1 °C. De acuerdo a Žnidarčič & Požrl (2006) y Álvarez-Herrera *et al.* (2009), los ácidos orgánicos se usan en la respiración de los frutos o son convertidos en azúcares, por lo que hay un descenso de la acidez. En la presente investigación es probable que la temperatura de 13 ± 1 °C disminuyera la respiración de los frutos, en consecuencia, los ácidos orgánicos no se emplearon como sustratos y los valores de acidez fueron más altos. Además, la acidez de los frutos mostró un comportamiento descendente respecto a los días de almacenamiento, disminuyendo de 0.42 % a 0.28 % de ácido málico del día 0 al día 16 en los frutos almacenados a 27 ± 1 °C. Este comportamiento fue similar al reportado por Magaña-Benítez *et al.* (2013), en donde frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados a 26 ± 2 °C presentaron una disminución en la acidez de 1.71 % a 0.88 % al día 6. Del mismo modo, Franco *et al.* (2022) reportaron que el porcentaje de acidez titulable disminuyó de valores de entre 0.41- 0.74 % a 0.17% de ácido málico en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados a 13 °C durante 21 días.

pH

Los frutos presentaron valores de pH similares a las dos temperaturas evaluadas ($p > 0.05$) (Figura 2C). Sin embargo, éste aumentó con respecto al tiempo presentando valores de 4.39 al día 0 y de 4.82 al día 16 para los frutos almacenados a 13 ± 1 °C, probablemente como consecuencia de la disminución en acidez de los frutos.

Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante de los frutos de pitahaya (Figura 3), fue similar a las dos temperaturas evaluadas por el método DPPH y ABTS ($p > 0.05$). El método FRAP presentó diferencias significativas entre las temperaturas como se observa en la Figura 3B ($p < 0.05$). En este sentido, Obenland *et al.* (2016) reportaron que la actividad antioxidante evaluada en seis variedades de pitahaya se mantiene sin cambios significativos durante 2 semanas a 10 °C. De acuerdo con este mismo autor, esto puede deberse a la estabilidad que presentan las betacianinas a las bajas temperaturas. Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por ese autor, ya que la temperatura de 13 ± 1 °C no afectó la capacidad antioxidante, el color (ángulo de tono) y la apariencia del fruto.

La capacidad antioxidante aumenta a partir del día 12, presentando un valor máximo al día 16 (Figura 3). El aumento en la capacidad antioxidante de los extractos, puede deberse, a la síntesis de nuevos componentes con elevada capacidad antioxidante, tales como antocianinas y/o betalainas (betacianinas). En este sentido, Manzanarez-Tenorio *et al.* (2022) encontraron una correlación positiva entre la capacidad antioxidante por DPPH ($r = 0.889$) y FRAP ($r = 0.818$) y el contenido de betacianinas en nopal morado. Esquivel *et al.* (2007) sugiere que las betalainas

son los compuestos que más contribuyen a la actividad antioxidante en frutos de *Hylocereus* sp. dado a que éstos se encontraron en mayor proporción que ácidos fenólicos como ácido gálico y la acetilcumarina. Es importante destacar que los mayores y menores valores de capacidad antioxidante de los frutos de pitahaya se detectaron con el método FRAP y ABTS, respectivamente. Jiménez-García *et al.* (2022) mencionaron que la sensibilidad del método está asociada con el tipo de componentes de la muestra. Asimismo, DPPH y FRAP se relacionan con la presencia de ácidos fenólicos y compuestos solubles en agua, mientras que el método ABTS se ha asociado con la presencia de flavonoides y ácidos grasos, por su capacidad de absorber compuestos lipófilos. De acuerdo a lo anterior, es probable que estos últimos compuestos se encuentren en menor proporción en las muestras de pitahaya analizadas, mostrando una menor capacidad para reducir la absorción de ABTS.

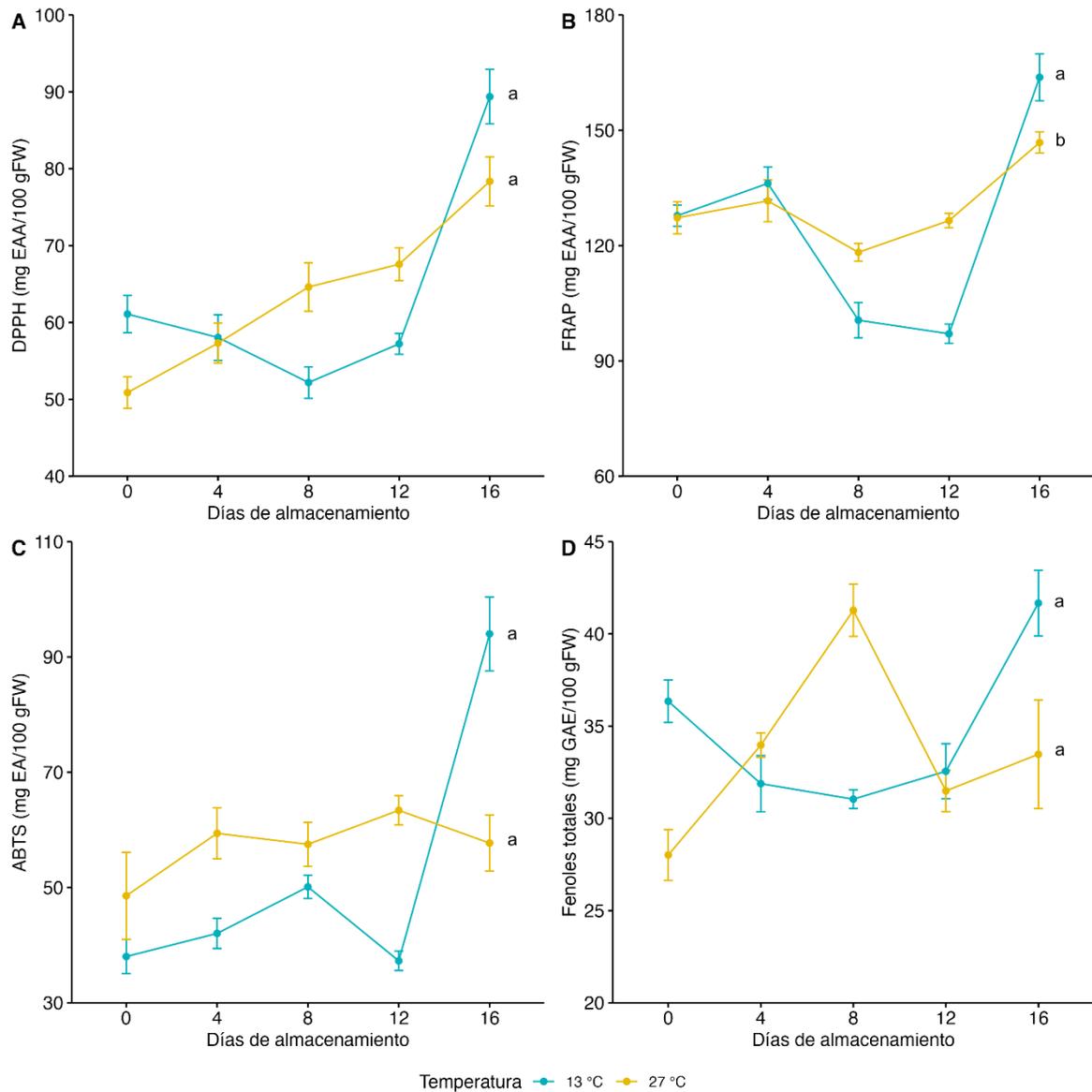


Figura 3. Capacidad antioxidante fenoles totales de frutos de pitahaya almacenados 27 ± 1 °C (color amarillo) y 13 ± 1 °C (color azul) durante 16 días. A) DPPH, B) ABTS C) FRAP, D) Contenido de Fenoles. Letras distintas indican diferencias significativas entre temperaturas de almacenamiento de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de esta investigación.

Por otro lado, el porcentaje de eliminación de radical obtenido por el método de DPPH durante el almacenamiento (Tabla 2) fue de 40.5 % y 46.84 % en los frutos almacenados a 27 ± 1 °C y 13 ± 1 °C, respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por Sudha *et al.* (2017), quienes encontraron un porcentaje de eliminación de radical de 18.5 a 30 % de extractos acuosos de pitahaya blanca por el método de DPPH. En el presente estudio, se obtuvo un porcentaje de eliminación de radical de 18.48 % y 11.50 % por ABTS para los frutos almacenados a 27 ± 1 °C y 13 ± 1 °C, respectivamente. (Tabla 2). Jiménez-García *et al.* (2022) en *Hylocereus polyrhizus* y *Selenicereus undatus* reportaron valores de 24.88 % y 23.81 % de eliminación de radical por el método DPPH de 51.22 % y de 50.92 % por el método de ABTS, respectivamente, este último, mayor al encontrado en este estudio.

Tabla 2. Porcentaje de eliminación de radical (%) de los radicales DPPH, ABTS e ion FRAP por las muestras de frutos de pitahaya almacenados 27 ± 1 °C y 13 ± 1 °C .

Días	DPPH (%)		ABTS (%)		FRAP (%)	
	27 ± 1 °C	13 ± 1 °C	27 ± 1 °C	13 ± 1 °C	27 ± 1 °C	13 ± 1 °C
0	29.89	38.06	18.29	8.32	52.47	52.83
4	32.06	39.85	13.18	9.51	53.59	54.09
8	38.57	44.57	13.08	10.79	54.5	43.67
12	46.1	47	19.28	8.12	54.99	40.99
16	55.94	64.75	18.57	20.78	58	61.53
Promedio	40.51	46.84	18.48	11.50	54.71	50.62

Fuente. Elaboración propia

Fenoles Totales

El contenido de fenoles de los frutos almacenados a ambas temperaturas fue similar ($p > 0.05$), presentando valores promedio a 27 ± 1 °C de 32.79 mg EAG/100 gFW y de 32.58 mg EAG/100 gFW en los frutos almacenados a 13 ± 1 °C. Diferentes autores, reportan contenidos de compuestos fenólicos que oscilan entre 19.72- 48.30 mg EAG/100 gFW para el fruto de pitahaya (Ochoa-Velasco *et al.*, 2012, Jalgaonkar *et al.*, 2020, Huang *et al.*, 2021, Jiménez-García *et al.*, 2022, Franco *et al.*, 2022). Franco *et al.* (2022) evaluaron la capacidad antioxidante y contenido de fenoles en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en diferentes condiciones de almacenamiento,

encontrando que frutos cosechados al día 31 y almacenados a 13 °C, disminuyeron su capacidad antioxidante de 83.0 % a 72.17 % en dos semanas de almacenamiento y a niveles no detectables en la semana 5 de almacenamiento. En ese mismo estudio, el contenido de fenoles disminuyó de 31.3 a 27.26 mg EAG/100 gFW y a niveles no detectables en la semana 2 y 5 de almacenamiento respectivamente.

En la Figura 3D se observa que, para frutos a 27 ± 1 °C, después de los 8 días de almacenamiento, disminuye el contenido de compuestos fenólicos. Resultados similares fueron reportados por Hernández-Ramos *et al.* (2023) en frutos de Pitahaya (*Hylocereus ocamponis*), donde las concentraciones de compuestos fenólicos disminuyeron después de los 12 días de almacenamiento, atribuyéndolo al metabolismo oxidativo causado por el aumento de la actividad enzimática de polifenol oxidasa y peroxidasa, las cuales están implicadas en la degradación de compuestos fenólicos debido a condiciones de estrés. Con base a esto, es probable que la temperatura de 13 ± 1 °C retarde el metabolismo oxidativo presentándose la disminución de estos compuestos después del día 16. El pico máximo de capacidad antioxidante y de compuestos fenólicos se presentó al día 16 de almacenamiento. En relación a esto, Chen *et al.* (2021) encontraron una correlación positiva ($r = 0.982$) entre el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante evaluada por el método FRAP, atribuyendo la capacidad reductora del fruto de pitahaya al contenido fenólico de los extractos. En esa misma investigación, se identificaron compuestos fenólicos en frutos de pitahaya (*H. undatus* y *H. polyrhizus*) incluidos ácidos fenólicos (25), flavonoides (38), lignanos (6), estilbeno (3) y otros polifenoles (8). Con base en anterior, es probable, que los compuestos que proporcionen la mayor capacidad antioxidante en los frutos analizados sean compuestos de naturaleza fenólica que se sintetizaron en el día 16 en los frutos almacenados a 13 ± 1 °C, coincidiendo con una coloración roja.

Conclusiones

La temperatura de 13 ± 1 °C prolongó la vida poscosecha de los frutos de pitahaya Queen purple por cuatro días, retardando la acumulación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante hasta ocho días. Asimismo, los frutos almacenados a 13 ± 1 °C presentaron menor pérdida de peso, mayor firmeza, ángulo de tono y capacidad antioxidante por el método de FRAP que los frutos almacenados a 27 ± 1 °C. Los frutos almacenados a 13 ± 1 °C presentaron visualmente al día 16 un color rojo intenso con brácteas de tonalidades verdes, sin presencia de enfermedades y/o oscurecimiento enzimático. En futuras investigaciones, se sugiere evaluar la tasa de transpiración y respiración de los frutos de pitahaya, así como realizar un análisis sensorial al último día almacenamiento.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, B-V. G.; desarrollo de la metodología, C-R. V.; manejo de software, B-V. G., C-R. V.; validación experimental, O-J. V.A. B-L. J.E.; análisis de resultados, B-V.

G., C-R. V. ; Manejo de datos, B-M. R.; escritura y preparación del manuscrito, C-R. V.; redacción, revisión y edición, B-M. R., B-L. J.E., O-J. V.A.; administrador de proyectos, B-M. R.; adquisición de fondos, B-V. G.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el proyecto titulado “Cambios en los atributos de calidad de frutos de pitahaya durante almacenamiento poscosecha” proyecto realizado con recursos provenientes del Impuesto Especial destinado a la UAN 2023, y por el proyecto de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera Modalidad Paradigmas y Controversias de la Ciencia (319996): “Análisis integral de datos transcriptómicos y metabolómicos asociados a la calidad de los frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) durante almacenamiento poscosecha”.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Doctorado del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada (350640).

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Al-Mekhlafi, N.A., Mediani, A., Ismail, N.H., Abas, F., Dymerski, T., Lubinska-Szczygeł, M., Vearasilp, S., & Gorinstein, S. (2021). Metabolomic and antioxidant properties of different varieties and origins of Dragon fruit. *Microchemical Journal*, 160, 105687. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105687>
- Álvarez-Herrera, J. G., Galvis, J. A., & Balaguera-López, H. E. (2009). Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 253-259. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316234014>
- Official Methods of Analysis [AOAC]. (2005). Association of Official Analytical Chemist. EUA. 18th Ed. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- Araujo, C.D.S., Corrêa, J.L.G., Dev, S., Macedo, L.L., Vimercati, W.C., Rodrigues de Oliveira, C., & Pio, L.A.S. (2022). Influence of pretreatment with ethanol and drying temperature on physicochemical and antioxidant properties of white and red pulp pitayas dried in foam mat.

- Drying Technology, 40(3), 484–493. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1809446>
- Balois-Morales, R., Peña-Valdivia, C. B., & Arroyo-Peña, V. B. (2013). Síntomas y sensibilidad al daño por frío de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* (haw.) Britton & Rose) durante la postcosecha. *Agrociencia*, 47(8), 795-813. <https://www.agrocienciacolpos.org/index.php/agrociencia/article/download/1057/1057>
- Brand-Williams, W., Culivier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie- Food Science Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Centurión, Yah, A.R., Solís, Pereira, S., Saucedo, Veloz, C., Báez, Sañudo, R., & Sauri, Duch, E. (2008). Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(1), 1-5. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61031101>
- Chen, Z., Zhong, B., Barrow, C.J., Dunshea, F.R., & Suleria, H. A. (2021). Identification of phenolic compounds in Australian grown dragon fruits by LC-ESI-QTOF-MS/MS and determination of their antioxidant potential. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(6), 103151. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103151>
- Díaz-Pérez, J.C. (2019). Transpiration. In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (157-173). Ed. Woodhead Publishing <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00008-7>.
- Díaz-Pérez, J.C. (2019). Chap. 8. Transpiration, pp. 157-174. In: *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, E.M. Yahia and A. Carrillo-López (eds.), Woodhead Publishing, Elsevier, Duxford, UK.
- Esquivel, P., Stintzing, F.C., & Carle, R. (2007). Phenolic Compound Profiles and their Corresponding Antioxidant Capacity of Purple Pitaya (*Hylocereus* sp.) Genotypes. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 62(9-10), 636-644. <https://doi.org/10.1515/znc-2007-9-1003>
- Franco, R.K.G., Esguerra, E.B., Tababa, J.L., Castro, A.C. (2022). Harvest maturity affects the quality and storage behavior of white-fleshed dragon fruit [*Hylocereus undatus* (Haworth) Britton and Rose]. *Food Research*, 6(2), 423 – 433. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(2\).268](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(2).268)
- Freitas, S., T. D., & Mitcham, E.J. (2013). Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. *Scientia Agricola*, 70(4), 257-262. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400006>
- Gularte, P.S., Zanardi, O.Z., Miqueloto, T., De Martin, M. S., Fabiane, K.C., Arcari, S. G., & Zanardi A.M. (2022). Postharvest Conservation of 'Thomson' Pitaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose] as a Function of Storage Temperature. *American Journal of Experimental Agriculture*, 44(4), 31-44. <http://dx.doi.org/10.9734/jeai/2022/v44i430814>
- Hernández-Ramos, L., García-Mateos, R., Castillo-González, A.M., Ybarra-Moncada, C., & Nieto-Ángel, R. 2020. Fruits of the pitaya *Hylocereus undatus* and *H. ocamponis*: nutritional components and antioxidants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93, 197–203. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.024>
- Hernández-Ramos, L., Rosario García-Mateos, M. D., Castillo-González, A. M., & Ybarra-Moncada, M. C. (2023). Integrated Postharvest of Pitahaya fruits (*Hylocereus ocamponis*) stored at different temperatures. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 25, 59-77. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v25i.521>.
- Hua, Q., Chen, C., Zur, N.T., Wang, H., Wu, J., Chen, J., Zhang, Z., Zhao, J., Hu, G., & Qin, Y.

- (2018). Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. *Plant Physiology Biochemistry*, 126, 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.027>
- Huang, Y., Brennan, M.A., Kasapis, S., Richardson, S.J., & Brennan, C.S. (2021). Maturation Process, Nutritional Profile, Bioactivities and Utilisation in Food Products of Red Pitaya Fruits: A Review. *Foods*, 10(11), 2862. <https://doi.org/10.3390/foods10112862>
- Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khedr, A. I. M., Zayed, M. F., & El-Kholy, A. A.E.S. (2018). Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance—A review. *Journal of Food Biochemistry*, 42(2), e12491. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12491>
- Jalgaonkar, K., Mahawar M.K, Bibwe, B., & Kanauj,i P. (2020). Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.): A Review. *Food reviews international*, 38(4), 733-759. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1742152>
- Jiménez-García, 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>
- Lentzou, D., Xanthopoulos, G., Templalexis, C., & Kaltsa A. (2021). The transpiration and respiration as mechanisms of water loss in cold storage of figs. *Food Research*, 5(6), 109 – 118. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(6\).178](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(6).178)
- Magaña-Benítez, W., Sauri-Duch, E., Corrales-García, J., & Saucedo-Veloz, C. (2013). Variaciones bioquímicas-fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenadas en ambiente natural. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 139-148. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81329290007>
- Manzanarez-Tenorio, L.E., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L.A., Estrada-Alvarado, M.I., Márquez-Ríos, E., Del-Toro-Sánchez, C.L., & Suárez-Jiménez, G.M. (2022). Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. *Biotecnia*, 24(3), 101-106. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1662>
- Martínez-González, M.E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., Palomino-Hermosillo, Y.A.; López-Gúzman, G.G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(19), 4075- 4087. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>
- Mercado, J.A., Matas, A. J., Posé, S. (2019). Textura de frutas y verduras: papel de sus paredes celulares. *Encyclopedia of Food Chemistry*, Academic Press,1-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21679-X>
- Montesinos-Cruz, J. A., Rodríguez-Larramendi, L., Ortiz-Pérez, R., Fonseca-Flores, M. D. L. Á., Ruíz-Herrera, G., & Guevara-Hernández, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos tropicales*, 36, 67-76. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640007>
- Obenland, D., Cantwell, M., Lobo, R., Collin, S., Sievert, J., & Arpaia, M.L. (2016). Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 199, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.021>
- Ochoa-Velasco, C., García-Vidal, V., & Luna-Guevara, J. (2012). Características antioxidantes,

- fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 279-289. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633704002>
- Oney Montalvo, J. E., Cabal Prieto, A., & Ramírez Rivera, E. de J. (2023). La pitahaya (*Hylocereus* spp.) como alimento funcional: fuente de nutrientes y fitoquímicos. *Milenaria, Ciencia Y Arte*, (21), 5–8. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi21.342>
- Ong, Y.Y., Tan, W.S., Mohamad, R., Sieo, C.C., & Tey, B.T. (2014). Biochemical and molecular identification of *Enterococcus* spp. from red pitaya. *Process Biochemistry*, 49(4), 563–568. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.01.019>
- Patel, B., Tandel, Y.N., Patel, A. H. & Patel, B.L. (2016). Chilling injury in tropical and subtropical fruits: a cold storage problem and its remedies: a review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(4), 1882 – 1887. <https://www.researchgate.net/publication/318870659>
- Paull, R. E. (2016). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *USDA*, 66, 315–317. <https://www.ars.usda.gov/is/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>
- Quiroz-González, B., García-Mateos, R., Corrales-García, J.J.E., & Colinas-León, M. T. (2018). Pitaya (*Stenocereus* spp.): an under-utilized fruit. *Journal of de Professional Association, Cactus Development*, 20, 82-100. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v20i.30>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)
- Rosas-Benítez, A., Trujillo-Cárdenas, L., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y., & García-Cruz, L. (2016). Quality attributes of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruit handled in postharvest with and without thorns under refrigerated storage. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(3), 191-207. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.04.011>
- Sheng, K., Wei S., Mei, J., & Xie, J. (2021). Chilling Injury, Physicochemical Properties, and Antioxidant Enzyme Activities of Red Pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) Fruits under Cold Storage Stress. *Phyton*, 90(1), 291. <https://doi.org/10.32604/phyton.2020.012985>
- Sosa, V., & Pérez-Orozco, A. (2022). Las pitahayas: frutos mayas del futuro. *Ecofronteras*, 26(74), 22-25. <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/2036>
- Stintzing, F. C., Herbach, K. M., Mosshammer, M. R., Carle, R., Yi W., Sellappan, S., Akoh, C.C, Bunch, R., & Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (2), 442–451. <https://doi.org/10.1021/jf048751y>
- Sudha, K., Baskaran, D., Ramasamy, D., & Siddharth, M. (2017). Evaluation of functional properties of *Hylocereus undatus* (White dragon fruit). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 7(5), 451-456. <https://doi.org/10.24247/IJASROCT201753>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Yen, G.C., & Chen, H.Y. (1995). Antioxidant Activity of Various Tea Extracts in Relation to Their Antimutagenicity. *Journal of agriculture and food chemistry*, 43(1), 27–32. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00049a007>

Žnidarčič, D., & Požrl, T. (2006). Comparative study of quality changes in tomato cv. 'Malike' (*Lycopersicon esculentum* Mill) whilst stored at different temperatures. *Acta Agriculturae Slovenica*, 87(2), 235-243. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2006.87.2.15102>