



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Cambios Fisiológicos Pre- y Postcosecha del Fruto del Pitayo (*Stenocereus thurberi*) del Desierto Sonorense

Mercado R., J. N.; Ojeda C., A.J.; Tiznado H., M.E.

Cambios Fisiológicos Pre- y Postcosecha del Fruto del Pitayo (*Stenocereus thurberi*) del Desierto Sonorense

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 22, núm. 2, 2021

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81369610006>

Cambios Fisiológicos Pre- y Postcosecha del Fruto del Pitayo (*Stenocereus thurberi*) del Desierto Sonorense

Pre- and Postharvest Physiological Changes of Pitaya Fruit (*Stenocereus thurberi*) from the Sonoran Desert

J. N. Mercado R.^a
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.,
México

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81369610006>

A.J. Ojeda C.^b
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.,
México

M.E. Tiznado H.^{c*}
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.,
México
tiznado@ciad.mx

Recepción: 22 Octubre 2021
Aprobación: 22 Diciembre 2021
Publicación: 31 Diciembre 2021

RESUMEN:

Flores abiertas de pitaya (*Stenocereus thurberi*) fueron marcadas a los 10, 20, 30 y 40 días después de floración (DDF). Cuando se formó el fruto se colectó de cada una de las fechas con el objetivo de evaluar los cambios físicos, fisiológicos y de calidad antes y después de su cosecha. En frutos con diferentes DDF, se realizaron los análisis de tamaño de fruto (diámetro y longitud), peso, densidad, firmeza, color en pulpa y cáscara (L^* , a^* y b^*), velocidad de respiración (CO_2) y producción de etileno. En el caso de frutas maduras y sobremaduras, además de las variables mencionadas, se evaluó pH, porcentaje de sólidos solubles totales SST y acidez total (% equivalentes de ácido cítrico). Fruta con 40 DDF fue almacenada hasta por 14 días a 25 °C y 80 % HR para evaluar diariamente los cambios en la velocidad de respiración y producción de etileno. Se encontró que durante el desarrollo la fruta tiende a crecer más en longitud que en diámetro. En color, los mejores indicadores de los cambios durante el desarrollo de la fruta fueron los parámetros L^* y b^* para la cáscara y para la pulpa L^* y a^* . Para la firmeza en los frutos de pitaya no se encontraron diferencias significativas con la metodología utilizada. Los cambios en la producción de etileno y velocidad de respiración durante el almacenamiento y desarrollo mostraron el comportamiento usual de los frutos climatéricos. Las frutas de pitayas con 40 DDF presentaron características de calidad semejantes a las que acepta el consumidor para este tipo de fruto. Se concluye que es posible evaluar los diferentes estados de desarrollo en DDF de la fruta de pitaya en base a los cambios de las variables del espacio de color L^* , a^* y b^* , además de que la fruta sigue el clásico comportamiento climatérico.

PALABRAS CLAVE: Pitaya, fruta, fisiología, calidad, climatérico.

ABSTRACT:

Open flowers of pitaya (*Stenocereus thurberi*) were tagged at 10, 20, 30 and 40 days after flowering (DAF). When the fruit was formed, it was collected from each of the dates in order to evaluate the physical, physiological and quality changes before and

NOTAS DE AUTOR

- ^a Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46. Colonia La Victoria. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304
- ^b Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46. Colonia La Victoria. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304
- ^{c*} Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46. Colonia La Victoria. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83304. *e-mail: tiznado@ciad.mx

after harvest. In fruits with different DAF, the analysis of fruit size (diameter and length), weight, density, firmness, color in pulp and skin (L^* , a^* and b^*), respiration rate (CO_2) and ethylene production was carried out. In the case of ripe and overripe fruits, pH, total soluble solids percentage and total acidity (% citric acid equivalents) were evaluated. Fruit with 40 DDF was stored for up to 14 days at 25 °C and 80% RH to evaluate changes in respiration rate and ethylene production. We confirm that during development, the fruit tends to grow more in length than in diameter. In color, the best indicators of the changes during the development of the fruit were the color space variables L^* and b^* for the peel and, for the pulp L^* and a^* . For the firmness in pitaya fruits, no significant differences were found with the methodology used. The changes in ethylene production and respiration rate during storage and development clearly followed the usual behavior of climacteric fruits. Pitaya fruit with 40 DAF showed quality characteristics similar to those accepted by the consumer for this type of fruit. It was concluded that it is possible to evaluate the different stages of development in DAF of pitaya fruit using the color space variables L^* , a^* and b^* , furthermore the fruit follows the classical climacteric behavior.

KEYWORDS: Pitaya, fruit, physiology, quality, climacteric.

INTRODUCCIÓN

En México, la exportación de frutas exóticas dentro de las cuales puede ubicarse la pitaya, está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a su alto costo en los mercados europeos y asiáticos (Ramírez, 1999). No se encontraron estudios que estimen el potencial productivo de esta especie en el desierto sonorense. Sin embargo, en el estado de Oaxaca, donde existen hasta 11 variedades diferentes de pitaya (*Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb), se han reportado una productividad de 13.8 t por hectárea (Mercado y Granados, 1999). Además, se ha estimado que una planta adulta de ciertas especies de *Stenocereus* puede mantener la producción comercial por más de 100 años (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994). Si a lo anteriormente mencionado, añadimos que la pitaya se encuentra distribuida en la mayor parte del estado de Sonora (Turner *et al.*, 1995) podemos concluir que existe un potencial comercial importante no explotado en la pitaya sonorense. Ojeda y Barrera (1988) definieron subjetivamente cuatro estados de desarrollo del fruto del pitayo en función del tiempo aproximado de floración provenientes de cuatro zonas del desierto sonorense. Durante el desarrollo del fruto ellos encontraron un aumento en tamaño, peso, pH, SST y una disminución en la acidez titulable. Los análisis de la producción de CO_2 y etileno no permitieron confirmar un patrón de fruto climatérico. Además, los resultados del análisis de cenizas, humedad, proteína y fibra cruda en semillas no mostraron cambios para los cuatro estados de desarrollo en las cuatro zonas de muestreo. Por su parte, Muy (1991) también estudió pitaya proveniente de una región localizada al noreste de Hermosillo, Sonora. En su experimento marcó flores abiertas (Fig. 1) tomando en cuenta el período de desarrollo del fruto en días después de floración (DDF). En base a los parámetros evaluados, la fruta presentó un crecimiento doble sigmoide y un patrón de respiración climatérico. Los principales pigmentos identificados fueron betalaínas y betaxantinas, observados inicialmente en frutos con 40 DDF, que aumentaron su concentración al avanzar el desarrollo de la pitaya. Mientras que β -caroteno solo se identificó en frutos con 40 DDF. En contraste con lo obtenido por Ojeda y Barrera (1988), Muy encontró una disminución del pH y un aumento en la acidez titulable. Cruz (1985) concluyó que el fruto de *Stenocereus stellatus*, una especie relacionada a *S. thurberi*, mostró un patrón de respiración no climatérico, en oposición a lo reportado por Muy (1991). Debido a las contradicciones en la literatura de la fisiología de desarrollo del fruto y a su potencial importancia comercial, el presente trabajo tiene como objetivo general estudiar la fisiología de desarrollo del fruto de *Stenocereus thurberi* en la zona del desierto sonorense donde se continúa cosechando este fruto.



FIGURA 1

Pitayo con fruto y flor

Foto 2: Ad Konings

En: <https://www.naturalista.mx/photos/85349568>.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Flores abiertas de *Stenocereus thurberi* que no presentaban signos de senescencia fueron etiquetadas en una zona de aproximadamente 3 km² localizada a 40 km al norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

Muestreo

Se cosecharon al menos 10 frutos al azar en diferentes individuos de *S. thurberi* después de 10, 20, 30 y 40 días después de floración (DDF). Además, se cosechó fruto maduro (abscisión de espinas, turgencia en la cáscara, forma redondeada (diámetro/longitud > 1), sin mostrar rupturas en la cáscara, según Muy, (1991) y sobremaduro (con signos claros de madurez y áreas expuestas de la pulpa) (Fig. 2). Los frutos fueron trasladados inmediatamente al laboratorio para su análisis en un recipiente conteniendo hielo, con el fin de reducir el efecto de calor de campo sobre la respiración y por el tiempo de transporte.



FIGURA 2

Pitaya sobremadura, abierta y fruto cerrado maduro

Foto 1: Southwestwanderer

En: <https://www.naturalista.mx/photos/6161091>. Foto 2. <https://sonorasilvestre.com/pages/pitaya>.

Evaluación de los Parámetros de Calidad

Las variables analizadas en este estudio fueron la firmeza que se determinó en dos puntos opuestos de la parte media del fruto en áreas donde se había eliminado previamente la cáscara y las espinas. Para ello, se utilizó un punzón de punta roma en un equipo Chatillon (kgf). También se registró el peso (g), densidad (g mL^{-1}), diámetro ecuatorial y diámetro polar. Para el color en cáscara se retiraron las espinas y se midió tres veces en dos zonas diferentes del fruto. Para el color en pulpa, se cortó la fruta en dos partes para realizar la determinación por duplicado (parámetros L^* , a^* y b^* ; MINOLTA Chroma Meter CR-300). Las variables de pH, SST y acidez titulable total, sobre todo en las etapas tempranas de desarrollo de la pitaya, requirieron de una adaptación para la toma de la muestra. La pulpa se colocó en una tela porosa dentro de un tubo de centrifuga de 50 mL, fijando la tela con el tapón, de tal manera que existiera un espacio entre la tela y el fondo del tubo. El tubo con la pulpa se centrifugó a baja velocidad por 10 min para obtener el jugo sin la interferencia de semillas o partes de la misma pulpa. Los SST se midieron en un refractómetro de Abbe (%) utilizando unas gotas del jugo, mientras que el pH y la acidez titulable total (% ácido cítrico) se midieron con un titulador automático (Mettler DL21).

Respiración y Producción de Etileno (C_2H_4)

Para la evaluación de estos gases metabólicos se utilizaron seis frutas de cada muestreo. Cada fruto se colocó en un sistema cerrado durante un tiempo entre 15 min y 1 h en función de su etapa de desarrollo. Posteriormente, 1 mL del espacio de cabeza del recipiente se inyectó en un cromatógrafo de gases VARIAN (Star 3400) provisto de una columna Hayesep N 80/100 Mesh y equipado con detectores de ionización de flama y conductividad térmica. Los resultados se expresaron como $\text{mL CO}_2 \text{ kg h}^{-1}$ y $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ Kg h}^{-1}$. Para la

observación del pico climatérico, diez frutos de 40 DDF fueron almacenados por 14 días en una cámara a 25 °C y 80 % HR, evaluando diariamente estos gases.

Análisis de los resultados

Se utilizó un diseño muestral completamente al azar donde las unidades experimentales fueron frutas marcadas y cosechadas al azar provenientes de diferentes individuos. Los datos se analizaron considerando la variable DDF como tratamiento, mediante análisis de varianza con un nivel de error del 5 %. La prueba de rangos múltiples de Tukey se utilizó para encontrar las diferencias entre medias usando em paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System. SAS Institute Inc., Cary, N.C.).

RESULTADOS

Parámetros de Calidad

Las variaciones en firmeza, peso, tamaño de fruta (diámetros ecuatorial y polar), así como color en cáscara y pulpa a diferentes DDF se muestran en el cuadro 1. El parámetro de firmeza se relaciona directamente con la madurez de la fruta, sobre todo si se trata de la pulpa la cual se vuelve más suave a medida que los azúcares son desdoblados (Nerd *et al*, 1999). Sin embargo, esto no se reflejó con el instrumento utilizado. A juzgar por la desviación estándar de los datos se obtuvieron buenos resultados, pero el método resultó poco sensible a los cambios relacionados con la fisiología del fruto. La compresión podría resultar útil para este tipo de fruto, aunque también podría emplearse punzones más delgados. Quizás un aspecto a rescatar sería la variación de los resultados que fue mayor en los de 40 DDF. En cuanto al peso, el diámetro polar y ecuatorial de la pitaya, reflejaron un aumento en la medida de que aumentaron los DDF. El peso incrementó un poco más de 2 veces del día 10 al 20 DDF, pero solo subió 1.13 veces para las siguientes fechas, lo cual no representó una diferencia estadística. El peso encontrado en este estudio para todos los estados de desarrollo de la fruta, es menor que el reportado por Ojeda y Barrera (1988) y Muy (1991). Este último estudio reporta variaciones en peso desde 13.7 g para frutos con 10 DDF hasta 36.82 g para frutos con 40 DDF. Son muchas las razones que pudieron influir para los pesos encontrados en este experimento, desde la cantidad de lluvia recibida en la formación del fruto, hasta el hecho de que la población de *S. thurberi* estudiada es completamente silvestre. Por ejemplo, Cruz (1984) reportó valores de peso desde 178 hasta 419 g para diferentes cultivares de *Stenocereus* spp, aunque en poblaciones ya mejoradas. Por otra parte, el diámetro ecuatorial se incrementó igualmente a los 20 DDF, pero significativamente más a los 40 DDF. Mientras que el diámetro polar, a pesar de haber resultado mayor ($p \leq 0.05$) que a 10 DDF, no fue clara su tendencia. Los cambios de tamaño evaluados en este estudio implican un aumento más rápido en longitud que en diámetro. El mismo comportamiento encontró Muy (1991), donde la relación diámetro/ longitud varió desde 0.92 hasta 0.95 cm para frutos con 10 y 40 DDF. En cuanto a la densidad de los frutos, esta disminuyó conforme avanzó la maduración de la pitaya. Así, para 10 DDF la densidad fue de $1.33 \text{ g mL}^{-1} \pm 0.019$; para 20 DDF $1.04 \text{ g mL}^{-1} \pm 0.165$; para 30 DDF $1.007 \text{ g mL}^{-1} \pm 0.026$ y para 40 DDF fue de $0.94 \text{ g mL}^{-1} \pm 0.056$. Lo cual es de esperarse al incrementarse el tejido parenquimatoso. En algunas especies de *Stenocereus*, al crecer la fruta, el porcentaje de su gruesa cáscara decrece, mientras que el de la pulpa se incrementa (Cruz, 1985; Ojeda y Barrera, 1988). Se observó también que los frutos con 10 y 20 DDF se hundieron en agua, los de 30 DDF se mantuvieron fluidizados y los de 40 DDF flotaron en agua. Esto implica que se podría utilizar este comportamiento de los frutos en agua para determinar su estado de desarrollo.

CUADRO 1
Variables de calidad y características físicas de la cáscara y pulpa de frutos de pitaya cosechados a diferentes días después de floración (DDF).

DDF	Firmeza (kgf)	Peso (g)	Diámetro (cm)		Color en cáscara			Color en pulpa		
			Ecuatorial	Polar	L*	a*	b*	L*	a*	b*
10	6.66 ^a ±1.75	8.096 ^a ±1.74	2.86 ^a ± 0.34	2.75 ^a ±0.19	45.171 ^a ±1.95	-8.88 ^a ±1.98	24.59 ^a ± 2.94	74.62 ^a ± 1.72	2.01 ^a ±0.25	17.33 ^a ±1.16
20	6.27 ^a ±0.92	16.60 ^b ± 5.67	3.47 ^a ± 0.45	3.73 ^b ±0.45	51.84 ^b ±3.54	-6.14 ^a ±3.62	20.58 ^b ±4.54	81.19 ^b ±2.78	1.96 ^a ±1.06	21.51 ^b ±2.57
30	6.31 ^a ±1.35	18.87 ^b ±8.70	3.41 ^a ± 0.63	3.70 ^b ±0.71	43.34 ^a ± 2.93	-5.41 ^a ±2.87	17.31 ^c ± 3.57	42.69 ^c ± 10.44	2.96 ^a ±4.57	6.49 ^c ± 4.07
40	7.44 ^a ± 2.29	18.08 ^b ± 6.95	5.86 ^b ±7.72	3.25 ^c ± 0.44	37.41 ^c ± 11.75	-2.75 ^b ± 13.7	14.67 ^d ±6.70	33.81 ^d ±11.22	12.58 ^b ±10.15	11.78 ^d ±7.19

* Medias con diferente superíndice en cada columna son diferentes ($p \leq 0.5$). Desviación estándar (\pm).

Respecto al color, se esperaba que la luminosidad disminuyera en cáscara, al hacerse más oscuro el fruto por la madurez, lo que efectivamente sucedió. A los 40 DDF se redujo 1.2 veces L^* , mientras que en pulpa fue de 2.2 veces ya que hay un cambio importante del color verde al rojo. En otros frutos el aumento de L^* se asocia con la turgencia, ya que a mayor lozanía mayor será el valor de luminosidad. Asimismo, los parámetros a^* y b^* disminuyeron en cáscara de 10 DDF a 40 DDF en 3.2 veces para a^* y de 1.7 veces para b^* con diferencias significativas. El método colorimétrico percibió más la pérdida del color verde de la cáscara en el valor de a^* , con cambios ligeros al amarillo en el b^* . En pulpa el cambio relevante fue en el parámetro de a^* al aumentar 6.3 veces ($p \leq 0.05$) a los 40 DDF, aunque en el valor de b^* también hubo diferencias significativas, no fue del todo claro el comportamiento (1.5 veces menos a los 40 DDF). La pulpa de la fruta cambia de blanca a rosa al inicio del desarrollo y con ausencia de semillas negras. Posteriormente, la pulpa alcanza colores rojos oscuros y semillas negras hacia el final del desarrollo. En etapas intermedias de maduración, se observaron semillas de coloración café y pulpa con un color de rosa a roja. De esta forma, el parámetro a^* tiende a valores positivos para frutas cercanas a la senescencia, por lo que este podría ser un valioso indicador del avance en la maduración.

En cuanto a las muestras a 10, 20 y 30 DDF no se logró obtener jugo suficiente para realizar los análisis que se muestran en el cuadro 2. En pitaya madura sin conocer los DDF el pH fue mayor (6.9) al reportado por otros autores (Muy, 1991; Ojeda y Barrera, 1988) de 4.3 y 4.6 respectivamente (Cuadro 2). En pitaya *S. pruinosa* el pH fue de 5.8 (García-Cruz *et al.*, 2016) y en *S. griseus* fue de 5.2 (Mercado y Granados, 1999). pH menos ácidos favorecen la preferencia de los consumidores (Quiroz-González, 2018). Esto se suma a que en los frutos maduros se encontró 13.77 % de SST, semejante a lo reportado por Ojeda y Barrera (1988) con 14.4 %. Arnaud *et al.*, 1997 y Armella *et al.*, 2003, mencionan que cuando la fruta alcanza el 13.0 %, está lista para ser cosechada. Se ha propuesto que la acidez está relacionada con la madurez de la fruta; por tanto, la acidez también se utiliza como indicador de calidad o cosecha (Pérez-Loredo *et al.*, 2016). Stintzing *et al.* (2003), sugieren que una relación azúcar: ácido entre 10: 1 y 18: 1 es indicativa de un buen sabor y aceptabilidad de una fruta. En este experimento, el 0.14 % de ácido cítrico en pitaya madura fue semejante a lo encontrado por Ojeda y Barrera (1988) con 0.19 %. Sin embargo, otros investigadores reportaron valores entre 0.61 y 0.64 % (Muy, 1991; Bravo y Sánchez, 1991). Los ácidos en general disminuyeron hacia el final del almacenamiento, debido posiblemente a su uso como sustratos respiratorios durante la maduración (Tucker *et al.*, 1993). Los resultados muestran semejanza entre los frutos con sobremadurez a los 40 DDF y los frutos sin registro de DDF, los cuales fueron diferentes ($p \leq 0.05$) respecto a los maduros sin registro de DDF.

CUADRO 2
Comparación de pH, SST y acidez total entre frutos de pitaya con 40 DDF sobremaduros y frutos cosechados sin marcar en estado maduro y sobremaduro.

Pitaya	40 DDF			Fruta No Marcada		
	pH*	% SST	% Ác. Cítrico	pH	% SST	% Ác. Cítrico
Madura	-	-	-	6.94±0.5 ^a	13.77±1.31 ^a	0.14±0.1 ^a
Sobremadura	7.57±0.78 ^b	16.03±1.3 ^b	0.097±0.1 ^b	7.34±0.69 ^b	16.56±4.21 ^b	0.11±0.16 ^b

* Valores con diferente superíndice son estadísticamente diferentes. Media y desviación estándar (\pm).

Respiración y Producción de Etileno (C₂H₄)

En la velocidad de respiración y producción de etileno de la pitaya se observó una relación directa con las etapas de desarrollo monitoreadas (Cuadro 3). A los 10 DDF, dentro de la etapa temprana de desarrollo, los niveles de CO₂ fueron bajos (0.036 kg h⁻¹), aumentaron cerca de 10 veces (0.371 kg h⁻¹) a los 30 DDF para volver a disminuir ligeramente en 2.2 veces (0.164 kg h⁻¹). El patrón general de un fruto no climatérico, en especial en la etapa de maduración cercana a la senescencia (“ripening”), no presenta cambios importantes tanto en la respiración como en etileno, siendo valores generalmente bajos (Will *et al.*, 2007). Por una parte, aunque los niveles de CO₂ durante el muestreo no alcanzaron ni el mL kg h⁻¹, fueron manifiestos los cambios. Pero, por otro lado, esta diferencia también se podría explicar por la coincidencia, en un momento determinado, de varias fases de desarrollo en una misma planta: frutas maduras, frutas con 12 a 20 días de desarrollo, flores a punto de abrirse, flores con dos días después de la fluoración y yemas florales recién iniciadas (Barbeau, 1997). También, la variación de etileno que presentó la pitaya, da indicios de un patrón distinto al no climatérico. Se registró un descenso casi de la mitad a los 20 DDF con respecto a los 10 DDF, para terminar con casi 10 veces más etileno a los 40 DDF. Sin embargo, en esta última fecha se tuvo una variación alta en los resultados. Por su parte, Rodríguez-Irepan *et al.*, (2011) identificaron un gen de la enzima ACC oxidasa (enzima que participa en la síntesis de etileno) en pitaya *S. stellatus* durante el estado de madurez “ripening”.

CUADRO 3
Valores de respiración y producción de etileno en frutos de pitaya cosechados a diferentes días después de floración (DDF).

DDF	Velocidad de Respiración (mL CO ₂ Kg h ⁻¹)	Producción de Etileno (μL C ₂ H ₄ Kg h ⁻¹)
10	0.036 ± 0.007 ^{a*}	0.826 ± 2.190 ^a
20	0.229 ± 0.080 ^c	0.446 ± 0.210 ^a
30	0.371 ± 0.079 ^d	-
40	0.164 ± 0.024 ^b	7.908 ± 17.55 ^a

* Medias con diferente superíndice en cada columna son diferentes (p≤0.5). Desviación estándar (±). No detectado (-).

La evaluación postcosecha de la pitaya con 40 DDF evidenció un posible comportamiento de un fruto climatérico (Fig. 3). En la velocidad de respiración se observó un incremento desde 0.15 mL CO₂ kg h⁻¹ al día 1 de almacenamiento a 25 °C hasta alcanzar un máximo de 0.3 mL CO₂ kg h⁻¹ a los 5 días. Enseguida disminuyeron los valores cercanos a 0.05 mL CO₂ kg h⁻¹ para el día 14.

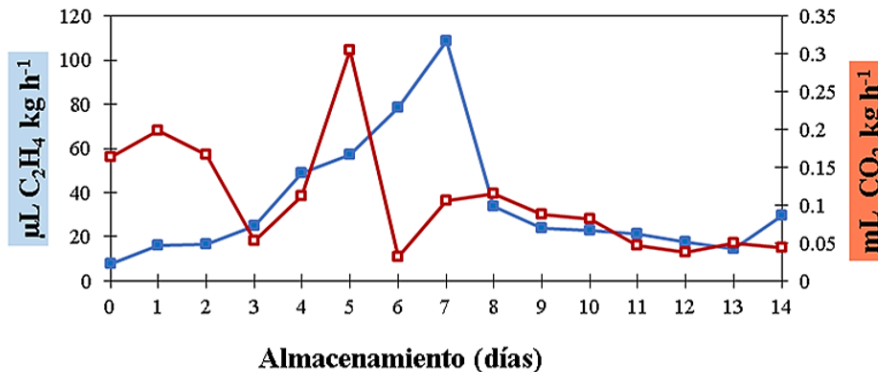


FIGURA 3
Velocidad de Respiración (mL CO₂ kg h⁻¹) y producción de etileno (μL C₂H₄ kg h⁻¹) en pitaya con 40 DDF almacenada por 14 días a 25 °C y 80 % HR. n= 10.

La producción de etileno inició con una media de 20 μL C₂H₄ kg h⁻¹ y para los siguientes días del almacenamiento a 25 °C la producción alcanzó un máximo a los 7 días (110 μL C₂H₄ kg h⁻¹). La producción de este gas se redujo hasta alcanzar aproximadamente 30 μL C₂H₄ kg h⁻¹ para el día 14. Este comportamiento es muy parecido al encontrado por Muy (1991) y Ojeda y Barrera (1988). En estos trabajos el máximo de producción de etileno se presentó a los 6 y 4 días de almacenamiento, respectivamente. Esta diferencia en el retraso de la aparición del máximo de etileno en nuestro estudio podría explicar los valores bajos en peso, y las otras variables de calidad analizadas. Los resultados del presente estudio refuerzan que el comportamiento de la pitaya corresponde a un patrón del tipo climatérico.

CONCLUSIONES

En general, existen grandes variaciones en cuanto a los valores reportados para los parámetros de peso, diámetro, pH, acidez titulable y SST para frutos maduros de *Stenocereus* spp.

Los frutos de *S. thurberi* con 40 DDF muestran un patrón climatérico de maduración en base a la velocidad de respiración y producción de etileno registrados durante su almacenamiento a 25 °C y 80 % HR durante 14 días.

Tanto el comportamiento de los frutos en agua, como los parámetros de color L* y b* en cáscara, y L* y a* para la pulpa son buenos indicadores del avance de la maduración de frutos de *S. thurberi*.

BIBLIOGRAFÍA

- Armella, M.A., Yáñez-López, L., Soriano, J. y Ramírez, G. 2003. Phenology, postharvest physiology and marketing of pitaya (*Stenocereusgriseus* L.) as a sustainable resource. *Acta Horticulturae*. 598:251-254.
- Arnaud, V.R., Santiago, G.P. y Bautista, P.B. 1997. Agroindustria de algunos frutos. En: *Suculentas Mexicanas Cactáceas*. Rodríguez, P.L. (Ed.). CVS Publishers. México. Pp. 78-85.
- Bravo, H. H. y Sánchez-Mejorada, H. 1991. *Las Cactáceas de México*. 3rd ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 644 p.
- Barbeau, G. 1997. *Frutas Tropicales en Nicaragua* Managua, NI, Dirección general de técnicas agropecuarias, MIDINRA. Ciencias Sociales. 397 p.
- Cruz, H.J.P. 1984. Algunas Características del Cultivo de la Pitaya *Stenocereus* spp en el Estado de Puebla. *Memorias del Simposio sobre Aprovechamiento del Pitayo*. Oaxaca, Oax. México.
- Cruz H., J. P. 1985. Caracterización del fruto de cuatro tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Tesis de M.C., Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 89 p.
- García-Cruz, L., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y. y del Carmen, Luna-Morales C. 2016. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. *Postharvest Biology and Technology* 111:69-76.
- Kays, S.J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Reinhold Publishing, New York, USA. 532 p.
- Mercado, B. A. y Granados, S. D. 1999. La pitaya (*Tribu Pachycerae*): biología, ecología, fisiología sistemática y etnobotánica. Universidad Autónoma de Chapingo. Imprenta Universitaria de la UACH. 194 p.
- Muy Rangel, M.D. 1991. Comportamiento fisiológico del fruto del pitayo (*Stenocereus thurberi*) y caracterización parcial de sus pigmentos. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
- Nerd, A., F. Gutman y Y. Mizrah. 1999. Ripening and Postharvest Behavior of Two *Hylocereus* species (*Cactaceae*). *Posth. Biol. and Technol.* 17:39-45.
- Ojeda C., A. J. y Barrera, M. L. 1988. Caracterización química del fruto del pitayo *Stenocereus thurberi* y su potencial de industrialización. Tesis Profesional. Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad de Sonora. Sonora, México, Pp. 46-52.
- Pérez-Loredo, M.G., García-Ochoa, F. y Barragán-Huerta, B.E. 2016. Comparative analysis of betalain content in *Stenocereus stellatus* fruits and other cactus fruits using principal component analysis. *International Journal of Food Properties*. 19:326-338.
- Pimienta-Barrios, E., y P.S. Nobel. 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp. *Cactaceae*): An Ancient and Modern Fruit Crop of Mexico. *Econ. Bot.* 48:76-83.
- Quiróz-González, B., García-Mateos, R., Corrales-García1, J. y Colinas-León, M. 2018. Pitaya (*Stenocereus* spp.): an under-utilized fruit. *JPACD*, 20:82-100.
- Ramírez F., L. 1999. Potencial de Exportación de las Hortalizas, Frutas y Ornamentales no Tradicionales. SAGAR. VIII Congreso de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C. Manzanillo, Colima, México.

- Rodríguez-Irepan, Y., Suárez-García, F.J., Mercado-Silva, E., Suarez-Rodríguez, L.M., Martínez-Pacheco, M.M., Salgado-Garciglia, R. y López-Gómez, R. 2011. Expresión del gen de la ACC oxidasa en la maduración del fruto de Pitaya (*Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob.) Cactaceae. *Biológicas* 13:54-58.
- Stintzing, F.C., Schieber, A. y Carle, R. 2003. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *European Food Research and Technology* 216:303-311.
- Tucker, G. A., Seymour, G. B. y Taylor, J. E. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman and Hall. 454 p.
- Turner, R. M., Bowers, J. E. y Burgess, T. L. 1995. *Sonoran Desert Plants. An Ecological Atlas*. The University of Arizona Press. Arizona, U.S.A.
- Wills, R. B.H., McGlasson, W. B., Graham, D. y Joyce, D. C. 2007. Physiology and biochemistry. En: *Postharvest: An introduction to physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals*, 5th ed. UK: UNSW Press, CAB International. Pp. 29.