Efecto del Metil Jasmonato sobre la calidad postcosecha de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*)

Colaboración
López-Aranda Erika; Sánchez-Bravo Samara; Pacheco-Contreras Víctor Inocencio; Romero-Cruz Anabel; Escamilla-Ramírez Rosalinda, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

Fecha de recepción: 17 de julio del 2023
Fecha de aceptación: 09 de noviembre del 2023

RESUMEN: La presente investigación se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto del Metil Jasmonato sobre las propiedades fisicoquímicas de frutos de pitaya de mayo (Stenocereus griseus) durante su manejo postcosecha almacenadas a temperaturas de 5 y 12°C por un período de 20 días. Para ello, se empleó un diseño factorial (AxBxC), con tiempo de almacenamiento, concentración (MJ) y temperatura como factores y pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y pH como variables de respuesta.

Existió diferencia significativa de las propiedades fisicoquímicas de los frutos de pitaya debido al efecto de los factores y sus interacciones.

A menor temperatura de almacenamiento, los frutos tratados con MJ a 10-6 M y almacenados hasta 16 días, presentaron menor pérdida de peso y menor porcentaje de acidez y de SST, además presentaron un valor promedio de pH similar al valor inicial, característica deseable en el experimento con la finalidad de conservar el sabor de la pitaya.

Los resultados obtenidos indican que MJ a una concentración de 10-6 M, presenta actividad potencial para conservar las propiedades fisicoquímicas de la pitaya almacenándolas a 5 °C hasta por 16 días.

PALABRAS CLAVE: Pitaya, Metil Jasmonato.

ABSTRACT: The present research was developed with the purpose of evaluating the effect of Methyl Jasmonate on the physicochemical properties of pitaya de mayo fruits (Stenocereus griseus) during postharvest handling stored at temperatures of 5 and 12°C for a period of 20 days. For this, a factorial design (AxBxC) was used, with storage time, concentration (MJ) and temperature as factors and weight loss, total soluble solids (TSS), titratable acidity and pH as response variables.

There was a significant difference in the physicochemical properties of pitaya fruits due to the effect of the factors and their interactions.

At a lower storage temperature, the fruits treated with MJ at 10-6 M and stored for up to 16 days, presented less weight loss and a lower percentage of acidity and TSS, and also presented an average pH value similar to the initial value, desirable characteristic in the experiment in order to preserve the flavor of the pitaya.

The results obtained indicate that MJ at a concentration of 10-6 M, presents potential activity to preserve the physicochemical properties of pitaya by storing them at 5 °C for up to 16 days.

KEYWORDS: Pitaya, Methyl Jasmonate.

INTRODUCCIÓN

La pitaya (Stenocereus) es una cactácea que se distribuye en las regiones áridas y semiáridas del continente americano, en México se distribuye principalmente en dos regiones productoras: la Subcuenca de Sayula y la Mixteca Baja (Oaxaca y Puebla). En el estado de Puebla, los municipios que destacan en la producción de este fruto son: Huitziltepec, Tehuitzingo, Caltepec, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Yehualtepec, San Jerónimo Xayacatlán, Xayacatlán de Bravo, Santiago Miahuatlán,

Totoltepec de Guerrero y Zapotitlán, con una superficie cosechada de pitaya de 173 hectáreas, obteniendo una producción anual de 514.2 toneladas por hectárea [1].

Los frutos se consumen en fresco o en distintas preparaciones (mermeladas, gelatinas, jamoncillo, jarabes, bebidas fermentadas, bebidas refrescantes) y representa un ingreso económico al ser comercializada en los mercados regionales. El fruto se caracteriza por ser pulposo y jugoso, de coloración roja, amarilla, blanca y solferina [2, 3]. Es una fruta no climatérica pues no presenta variaciones durante la etapa de maduración ni tampoco síntesis de etileno.

Es cosechada desde el mes de abril hasta mayo y debido a sus características fisicoquímicas, presenta ciertos problemas en el período de postcosecha que se relacionan con actividades de respiración y transpiración que provocan su rápida descomposición, al mantener una elevada actividad del agua, provocando la proliferación de bacterias, además durante la recolección y transporte se provocan cortes en la cáscara y golpes que implican pérdida de peso [4].

Actualmente existen diferentes tratamientos de postcosecha para poder incrementar la vida útil de los productos hortofrutícolas, tales como: atmosferas controladas, recubrimientos comestibles, calentamientos intermitentes, sustancias químicas como el ácido salicílico (SA) y los Ácidos jasmónicos (JA).

El ácido jasmónico y su derivado, metil jasmonato (MJ), denominados colectivamente jasmonatos, son hormonas que se encuentran en diferentes partes de las plantas, pero en mayor concentración en flores y frutos. El metil jasmonato es un compuesto a base de ciclopentanona y producto final de la oxidación enzimática del ácido linolénico por la lipoxigenasa (LOX) [5]. Los jasmonatos, regulan una amplia variedad de procesos fisiológicos en plantas, incluidos el crecimiento, fotosíntesis, desarrollo reproductivo, actúan como moléculas de señalización en las respuestas celulares en los mecanismos de defensa al estrés abiótico y biótico como el ataque de patógenos/insectos, la sequía, daños mecánicos y daños por frío [6, 7] en frutos durante la postcosecha.

En los últimos años, se ha reportado que los jasmonatos aplicados como pretratamientos a las plantas antes de la cosecha tienen efectos variados, dependiendo el cultivo, dosis y estado fenológico [4, 9]. Los tratamientos con MJ mejoran la apariencia del color debido a que promueven el aumento de las antocianinas que reducen el pardeamiento de la piel [4] y mejora el contenido de betacianina que mejora la apariencia del color [10]. En almacenamiento a bajas temperaturas, los frutos tratados con MJ disminuyeron la pérdida de peso, esto se asocia con el efecto que tiene esta fitohormona en reducir la transpiración durante el período de almacenamiento [11]. Los frutos sometidos a la acción de MJ han presentado aumento en su firmeza, que se relaciona con la activación de enzimas relacionadas con la integridad de la pared celular [12], tales como fenilalanina amoniaco-liasa y quitina sintasa, además, el MJ promueve la remodelación de fosfolípidos, que mejoran la pared celular y la disminución de la fuga de electrolitos [13]; activa la pectina metilesterasa y celulosa [14], enzimas relacionada con la integración de la pared celular. Los tratamientos postcosecha se frutos con MJ permiten mejorar y aumentar la capacidad antióxidante del fruto, mediante actividades mejoradas de superóxido dismutasa, polifenol oxidasa, catalasa, ascorbato peroxidasa y cinamil-alcohol de hidrogenasa [15]; en varios casos, esta actividad antioxidante mejorada fue acompañada por el aumento de compuestos antioxidantes, como el ácido ascórbico, glutatión, compuestos fenólicos y flavonoides [12].

Se ha reportado que el tratamiento con MJ afecta muchas variables de calidad como los sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable y el pH [16]. El efecto del MJ sobre el contenido soluble no siempre fue proporcional a la concentración de uso, tal como ocurrió a los 12 días de aplicado el tratamiento con MJ, se registró un aumento del contenido fenólico en el magostan empleando una concentración de 200 μmol/L que al emplear 500 μmol/L [10].

La maduración del fruto está modulada principalmente por la biosíntesis del etileno, que potencia el proceso normal de senescencia en frutos climatéricos, al aumentar la tasa de respiración y la solubilización de polisacáridos, entre otros [9]. La síntesis de etileno se puede reducir almacenando frutas climatéricas a 5 °C o menos [17]. La senescencia de los frutos depende de la concentración de agentes antioxidantes y etileno [4, 16], el MJ retrasa este proceso principalmente debido a su capacidad de inducir la actividad antioxidante de los frutos [4, 18].

Además del efecto sobre la maduración de la fruta y los parámetros de calidad en la cosecha y durante su almacenamiento [19], se ha comprobado que los tratamientos con MJ extienden la conservación de la fruta al reducir una amplia variedad de lesiones inducidas por el estrés durante los períodos de postcosecha como lesiones por frío, daños mecánicos, así como a mejorar la resistencia innata a las enfermedades de la fruta [16] e infecciones por algunos patógenos, entre otros [4]. Se plantea que el Metil Jasmonato en frutos de pitaya de mayo almacenados a dos temperaturas de refrigeración, reduce daños por frío y prolongan la vida de anaquel sin alterar las propiedades fisicoquímicas, tal como se ha evidenciado en el efecto benéficos que ha tenido en el manejo postcosecha de mango [20], papaya [8], guayaba [21, 22], uvas [4], entre otros. Considerando lo anterior, este proyecto se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto de emulsiones de

Metil Jasmonato sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, sólidos solubles totales, pérdida de peso y acidez titulable) durante el manejo postcosecha a 5 y 12°C de frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*), como una alternativa de método químicos y físicos que productores de la mixteca pueden emplear para prolongar su tiempo de vida útil, permitiendo su transporte sin afectar sus características físicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio.

Obtención de frutos de pitaya de mayo (Stenocereus griseus)

Los frutos de pitaya de mayo fueron adquiridos a finales de abril y durante el mes de mayo en huertos de traspatio de Acatlán de Osorio. Los frutos empleados fueron seleccionados con un grado de madurez óptima, aquellos que presentaban color de cáscara y firmeza característicos, que los productores emplean como indicador para iniciar la cosecha y realizar la venta en fresco en los mercados locales.

Preparación de soluciones de Metil Jasmonato (MJ)

El Metil Jasmonato (Methyl 3-oxo-2-(2-pentenyl) cyclopentaneacetate) empleado fue adquirido de Sigma-Aldrich Chemical Co (USA), con 95% de pureza, presentación de 5 mL, peso molecular de 224.30 g/mol y una densidad de 1.03 g/mL.

En los cálculos matemáticos para determinar la cantidad de MJ para preparar 4 L de solución, se emplearon las propiedades físicas de la fitohormona y la concentración requerida, así es como 87.1, 8.71 y 0.871 µL de MJ fueron necesarios para preparar las soluciones al 10-6 M , 10-5 M, 10-4 M; el volumen de MJ medido con micropipeta fue disuelto en 50 mL de agua destilada hasta su total homogenización, posteriormente esta mezcla se incorporó al volumen restante de agua hasta total mezclado. Este procedimiento se realizó para preparar las tres emulsiones

Acondicionamiento de las muestras

A los frutos de Pitaya de Mayo (Stenocereus griseus), se le retiraron las espinas y fueron lavadas con agua potable para eliminar rastros de tierra o insectos, desinfectadas con hipoclorito de sodio (100 ppm) y secados con toallas de papel absorbente. Los frutos fueron pesados empleando una balanza electrónica OHAUS AS200 y registrados para su posterior tratamiento.

En total se emplearon 96 frutos, los cuales, para cada tratamiento, se dividieron en ocho lotes formados por 12 pitayas (Stenocereus griseus). Cuatro sublotes se almacenaron en un enfriador (IMBERA VR35 C BMAD) a 5°C y los restantes, se colocaron en un refrigerador doméstico (WHIRLPOOL WT1636N) a 12°C, durante un período de 20 días.

Análisis fisicoquímicos

En cada tratamiento, a los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días, se tomó una pitaya (*Stenocereus griseus)* se determinaron parámetros fisicoquímicos como pérdida de peso, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales, esto se hizo por duplicado.

Pérdida de peso

En una balanza electrónica marca (VE-500) equilibrada, se pesaron cada uno de frutos de pitaya (Stenocereus griseus). Los valores fueron registrados en una base de datos del programa Excel© y por diferencia de pesos se estimó la pérdida de peso del fruto.

Acidez titulable (At)

Se empleó el método 942.15 de la AOAC [23, 4, 20], para determinar la acidez titulable como porcentaje de ácido cítrico por gramo de jugo de pulpa del fruto, se realizó la valoración con NaOH a 0.1N, hasta pH 8.1 y usando 2-3 gotas de fenolftaleína, como indicador.

pH

Se utilizó el método 981.12 de la AOAC [1], empleando un potenciómetro portátil marca PC 18, previamente calibrado con solución amortiguadora de pH 7, la medición se realizó por triplicado [20].

Sólidos Solubles Totales (SST)

Se empleó un refractómetro ABBE digital a 20°C, el resultado se reportó como el por ciento (%) de sólidos solubles [24, 20].

Análisis de datos

Para estimar el efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de MJ, así como la interacción de estos factores sobre las variables de respuesta (pérdida de peso, SST, acidez titulable y pH), se empleó un diseño factorial con tres factores (AxBxC). El factor concentración con cuatro niveles de concentración (MJ, 10^{-4} M, 10^{-5} M, 10^{-6} de MJ), seis niveles de tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16, 20 días) y dos niveles de temperatura (5°C y 12°C) con un total de 48 unidades experimentales.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), utilizando el procedimiento de modelos lineales generales (GLM). Para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias usando la prueba de comparación de Tukey. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Minitab (Versión 17), considerando un valor de Alpha ≤ 0.05 como efecto significativo.

RESULTADOS

Evaluación de propiedades físicas de frutos tratados con MJ almacenados a dos temperaturas de refrigeración.

El daño por frío (DF) es un proceso fisiológico que se evidencia a partir de un conjunto de síntomas provo-

cados por estrés por el almacenamiento a bajas temperaturas que afectan la calidad de los frutos. Frutos de pitaya (Stenocereus griceus) expuestos a soluciones de Metil Jasmonato sometidos a temperaturas de refrigeración presentaron lesiones superficiales por DF, principalmente manchas, hundimientos y pérdida de firmeza, estos cambios físicos son similares en la evaluación de los índices de madurez de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus Haw.) durante el manejo postcosecha a dos temperaturas de almacenamiento, 8 y 19 °C, por 25 días [25].

Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 5°C

En los frutos tratados con MJ y almacenados a 5°C, se observó que aquellos que fueron tratados a una concentración de 10^{-6} M, para el día 16, presentaron menor número de manchas y pérdida de forma, con respecto a frutos tratados a una concentración 10^{-4} M (Figura 1). Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con el efecto del Metil Jasmonato sobre las respuestas fisiológicas y bioquímicas de guayaba (Psidium guajava L) almacenadas a bajas temperaturas; los frutos sometidos a emulsiones de mayor concentración (10^{-5} M) presentaron daños moderados por frío aceptables para ser comercializados con respecto a los que fueron tratados con MJ a 10^{-4} M, a una temperatura de 5°C en un período de almacenamiento de 15 días [32].

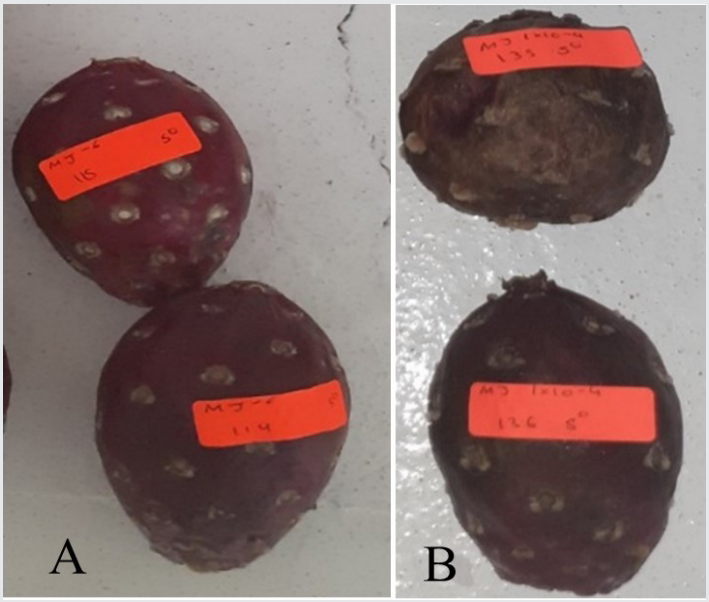

Figura 1. Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 16 días de almacenamiento: A) MJ a 10-6M; B) MJ a 10-4M.
Fuente: Elaboración propia

Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 12°C

En los frutos tratados con MJ y almacenados a 12°C, se observó que aquellos que fueron sometidos a una concentración de 10^{-4} M , para el día 12, presentaron menor cantidad de manchas de pigmentación marrón a negra y una textura más firme, a diferencia de aquellos tratados con una solución de 10^{-6} M, los cuales presentaron manchas de coloración amarilla hasta negra y hundimientos (Figura 2). Resultados similares fueron encontrados en la evaluación de los daños por frío y calidad de frutos de pomelo (Rio red) sujetos a temperaturas de acondicionamiento, encerado y Metil Jasmonato a 10^{-3} M [10].

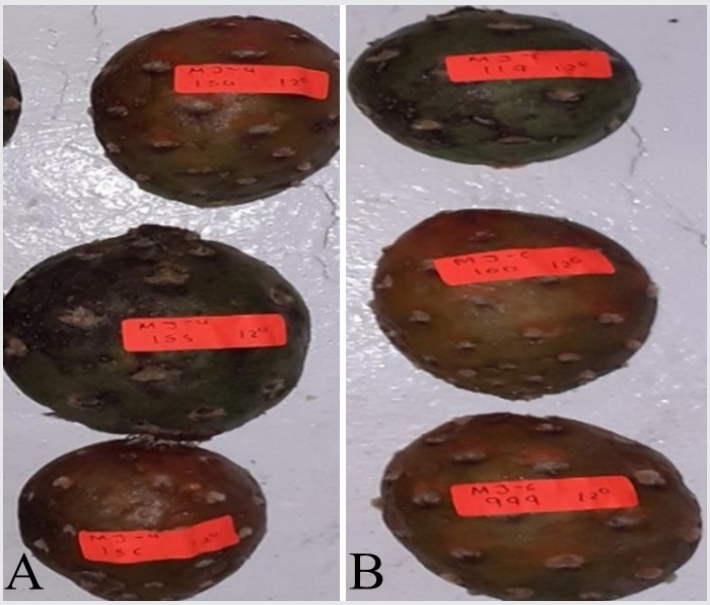

Figura 2. Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 12 días de almacenamiento MJ: A) MJ a 10-4M; B) MJ a 10-6M.
Fuente: Elaboración propia

Análisis fisicoquímicos en frutos tratados con MJ

Diferencias significativas fueron encontradas en los valores promedio de pérdida de peso, acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico, SST y pH debido a la concentración de MJ, tiempo y temperatura de almacenamiento y a la interacción de éstos (p=0.000).

Pérdida de peso

En la gráfica de superficie de la pérdida de peso debida a las interacciones del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ, a dos temperaturas de almacenamiento (Figura 3), se puede observar que los frutos de pitaya de mayo (Stenocereus griseus) perdieron peso conforme transcurrían los días de almacenamiento, este comportamiento coincide con lo reportado por Barriga [27] en la evaluación de la pérdida de peso en frutos de guayaba tratadas con diferentes concentraciones de Metil Jasmonato y cloruro de calcio, quien observó pérdida de peso conforme aumenta el tiempo de almacenamiento; efecto similar fue observado en frutos de granada debido a MJ [28]. Los frutos sin tratamiento de MJ presentaron menor pérdida de peso en comparación con los frutos tratados con soluciones de esta fitohormona, así los frutos sometidos a concentraciones de 10^{-5} M y 10^{-6} M registraron menor pérdida de peso, este comportamiento es similar a lo repor-

tado por Palomós [28] en frutos de granada impregnados con soluciones de 10^{-3} M y 10^{-2} M de MJ, a dos temperaturas. Aquellos frutos almacenados a 5°C presentaron menor pérdida de peso en comparación a los frutos mantenidos a 12°C; este resultado coincide con lo publicado por Zapata et al. [29] al evaluar la pérdida de peso en calabacín tratado con MJ y ácido salicílico, refrigerados a 4°C y 12°C, quienes reportaron que aquellos que fueron refrigerados a menor temperatura presentaron menor pérdida de peso.

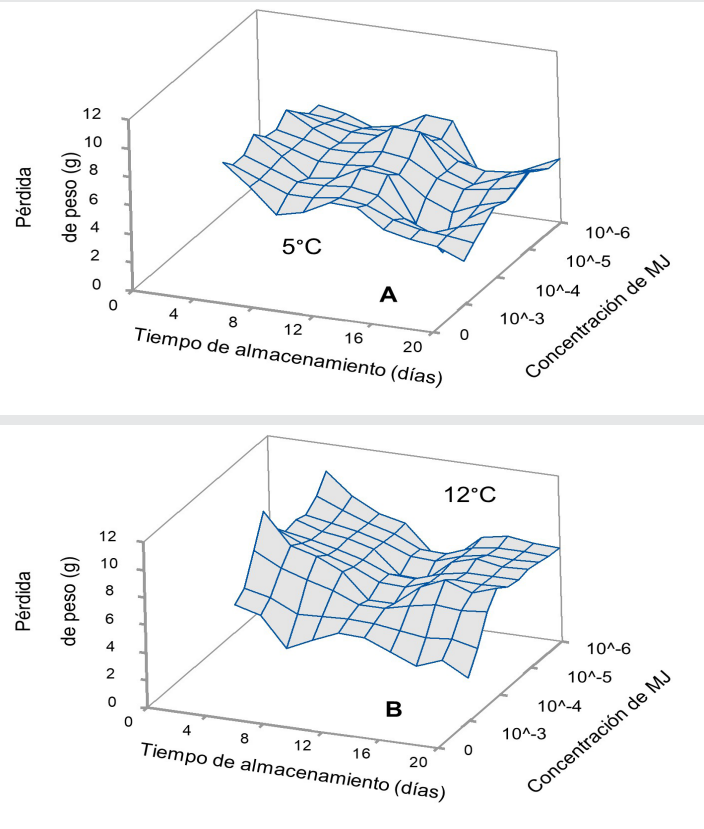

Figura 3. Superficie de respuesta para el efecto del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ sobre la pérdida de peso: A) 5°C y B)12°C
Fuente: Elaboración propia

Frutos que fueron almacenados durante 16 días a una temperatura de 5°C presentaron una menor pérdida de peso (2.41 g) y una apariencia general aceptable, así como aquellos frutos que fueron tratados con MJ a 10^{-6} M y almacenados a esta temperatura, (4.97 g); los frutos almacenados a 12°C, presentaron menor pérdida de peso, 4.92 g a los 12 días de almacenamiento y 7.097 g empleando 10^{-5} M de MJ; estos resultados indican que la temperatura de refrigeración y concentración de MJ influyen en la pérdida de peso del fruto, este comportamiento coincide con lo reportado en mango "Kent" tratados con 10^{-4} M y 10^{-5} M y almacenados a 5, 12 y 21°C [20]

Acidez titulable (At)

Los frutos de pitaya de mayo almacenados hasta por 16 días tuvieron un ligero incremento de acidez, tal como se aprecia en las gráficas de superficie de esta variable debido al efecto del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ a 5°C (Figura 4a) y 12°C (Figura 4b), al día 12 de almacenamiento se observa un incremento mayor en la acidez, esta variación puede ser atribuida al grado de maduración de los frutos al inicio del experimento.

Los frutos de pitaya de mayo sin tratamiento de MJ presentaron mayor acidez titulable (14.98%), mientras que los frutos que fueron tratados con una concentración de 10^{-6} M de MJ presentaron menor porcentaje de acidez (9.17%) en comparación con el 11.36 % de ácido cítrico reportado en frutos impregnados con solución 10^{-4} M de MJ. Además, se encontró que frutos mantenidos a una temperatura de 5°C presentaron menor porcentaje de acidez (Figura 4a), los resultados encontrados en esta investigación sobre la At en frutos de pitaya de mayo con respecto a las temperaturas de almacenamiento permiten establecer que, a temperaturas superiores a 4°C [22], aumenta la acidez, este comportamiento es similar a lo publicado por González-Aguilar et al. [21] al evaluar el efecto del MJ 10^{-4} M y 10^{-5} M sobre las respuestas fisiológicas de guayaba, almacenadas a temperaturas de 5°C y 25°C, obteniendo menores valores de acidez titulable con la menor temperatura. El aumento en el porcentaje de At es debido a la degradación de las sustancias pécticas y hemicelulosas que provoca que se debiliten las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas las células [30]. Por otro lado, los ácidos libres en los frutos aumentan al comenzar el crecimiento, a medida que incrementa la temperatura de almacenamiento, aumenta el contenido de ácido cítrico en el fruto, debido al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso de respiración de la fruta, lo cual aumenta con la temperatura.

Frutos tratados a una concentración de MJ 10^{-6} M y refrigerados a una temperatura de 5°C con un período de almacenamiento de 16 días presentaron menor porcentaje de acidez (10.25%), mientras que los frutos tratados con 10^{-4} M de MJ y almacenadas 12°C, al día 8 presentaron menor valor de At (9.81%); este comportamiento es similar a lo reportado en la evaluación del efecto del MJ (8, 16 y 24 µl/L de MJ) sobre la capacidad antioxidante, calidad interna y vida postcosecha de la frambuesa almacenadas a temperatura de refrigeración, los frutos refrigerados a una temperatura de 4°C por siete días presentaron menor porcentaje de acidez (0.9%), no así para la concentración de MJ ya que no se encontró efecto significativo sobre el porcentaje de acidez y pH [24].

Sólidos solubles totales (SST)

Aunque mayor contenido de sólidos solubles totales fue registrado a los 20 días de almacenamiento (Figura 5), su apariencia general no era aceptable para su consumo y comercialización en cambio a los 12 días

de almacenamiento los frutos conservaban su apariencia general y concentración de SST, efecto similar fue observado en frutos tratados con MJ a 10^{-6} M y refrigerados a 5°C. La variación progresiva de SST no visto en frutos de pitaya puede ser atribuido a que estos frutos pertenecen a las frutas no climatéricas, que se caracterizan por presentar cambios mínimos debido a la relación inversamente proporcional entre la acidez y los sólidos solubles totales, es decir, a medida que madura la fruta, la acidez y los contenidos de almidón disminuyen y los sólidos solubles se incrementan [31].

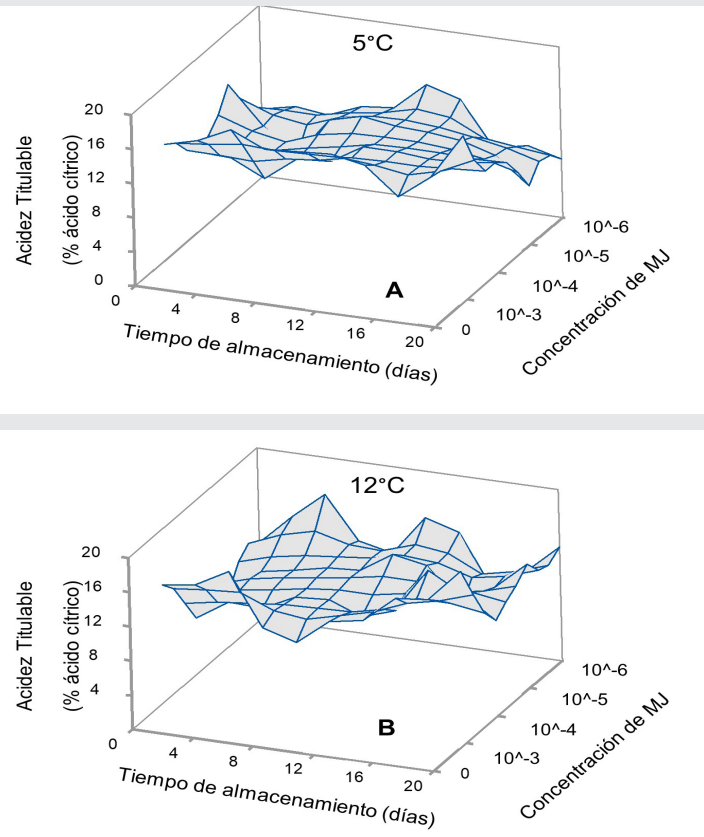

Figura 4. Superficie de respuesta para el efecto del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ sobre la acidez titulable: A) 5°C y B)12°C
Fuente: Elaboración propia.

Mayor contenido de sólidos solubles totales fueron registrado a los 20 días de almacenamiento, su apariencia general no era aceptable para consumo y comercialización, en cambio a los 12 días de almacenamiento los frutos conservaban su apariencia general y concentración de SST, en promedio de 9.37° Brix (Figura 5). A los 12 días de almacenamiento, los frutos de pitaya de mayo con 0 MJ, 10^{-4} M, 10^{-5} M y 10^{-6} M de MJ, presentaron ligero aumento cercado al 11% con respecto al valor inicial. La variación progresiva de SST no visto en frutos de pitaya puede ser atribuido a que estos frutos pertenecen a las frutas no climatéricas, que se caracterizan por presentar cambios mínimos debido a la relación inversamente proporcional entre la acidez y los sólidos solubles totales, es decir, a medida que madura la fruta, la acidez y los contenidos de almidón disminuyen y los sólidos solubles se incrementan [32]. Los frutos tratados con MJ a concentración de $1x10^{-6}$ M refrigerados a 5°C por 12 días presentaron una concentración promedio de SST de 9.4°Brix, mientras que, a 12°C, se alcanzaron 9.33°Brix, empleando la misma concentración de MJ.

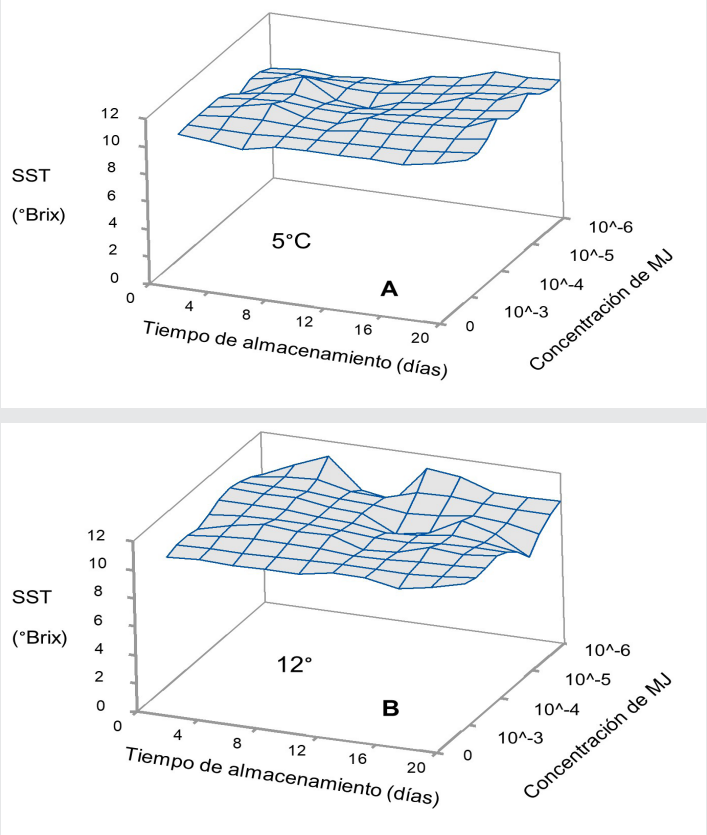

Figura 5. Superficie de respuesta para el efecto del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ sobre la SST A) 5°C y B)12°C.
Fuente: Elaboración propia.

pH

Valores de pH mostraron la misma tendencia que la de acidez, el tratamiento con mayor acidez tiene valores de pH más bajos, en este estudio (Figura 6). La variación del pH que se observó durante los días de almacenamiento puede ser atribuida al grado de maduración inicial del fruto, sin embargo, al día 16 de almacenamiento se registró un valor de pH inferior (5.05) al pH inicial (5.59), pero con apariencia general aceptable para su consumo; con respecto a la concentración de MJ, los frutos que no fueron sometidos a los tratamientos de MJ y los que sí, presentaron en promedio un pH, ligeramente menor al pH inicial, los frutos que fueron tratados a una concentración de 10^{-6} M presentaron un pH similar al inicial, almacenados a las temperaturas de estudio.

Frutos que fueron almacenados a una temperatura de 5°C (Figura 6a) y 12°C (Figura 6b) almacenados durante 16 días, presentaron en promedio 5.43 y 5.37 de pH,

ligeramente similar al pH inicial del fruto. Los resultados obtenidos en el presente son acordes a lo reportado por Ghasemnezhad y Javaherdashti [24] quienes evaluaron el efecto del Metil Jasmonato (8, 16 y 24 M) en frambuesa a una temperatura de refrigeración de 4°C, indicaron diferencia significativa durante los días de almacenamiento de esta variable, pero no para la concentración de MJ utilizada, es decir que el pH al final de experimento es similar al pH inicial.

El efecto no significativo del MJ sobre el pH fue reportado también por González-Aguilar et al. [21] al evaluar el efecto del Metil Jasmonato (10^{-4} M y 10^{-5} M) en frutos de guayaba refrigeradas a 5°C; este efecto del MJ sobre el pH es favorable porque no altera significativamente el pH del fruto y por ende el sabor de la pitaya, característica que se deseaba conservar.

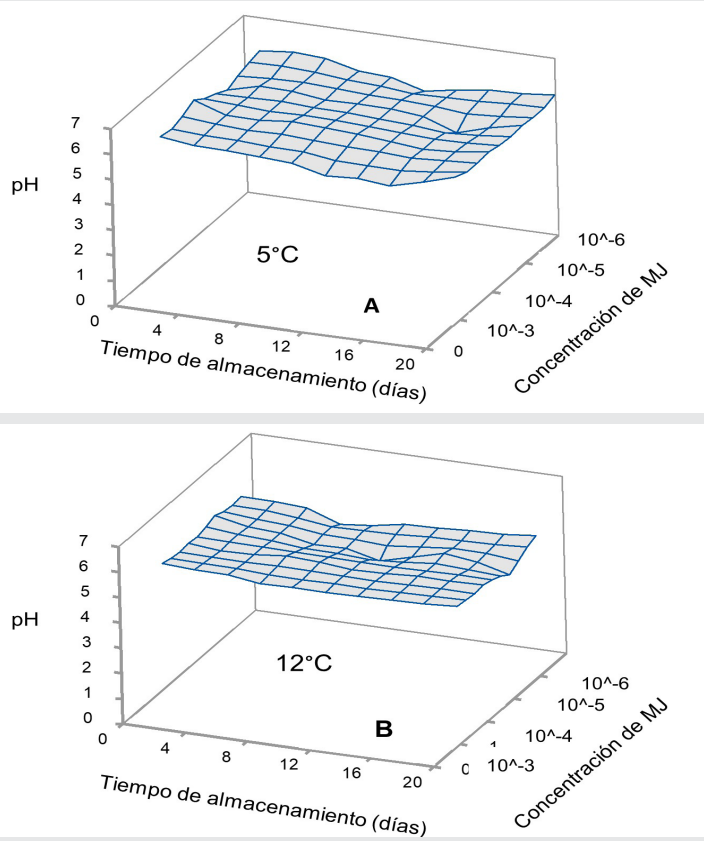

Figura 6. Superficie de respuesta para el efecto del tiempo de almacenamiento y concentración de MJ sobre el pH A)5 °C y B) 12 °C
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que emplear Metil Jasmonato en una concentración 10^{-6} M en frutos de pitaya de mayo (Stenocereus griseus) y en combinación con temperatura de refrigeración de 5°C, permiten un óptimo manejo post cosecha durante 16 días, y esto da como resultado menor pérdida de peso, ligera disminución del porcentaje de acidez, SST y pH, que son necesario para permitir conservar una apariencia aceptable para consumo y comercialización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México (TeCNM) y TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, por el financiamiento concedido para el desarrollo de esta investigación y a la Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

BIBLIOGRAFÍA

[1] SAGARPA. (13 de junio de 2016). Gabierno de México. Obtenido de https://www.gob.mx/agricultura%7Cpuebla/articulos/sagarpa-impulsa-produccion-de-pitaya-y-pitahaya-en-puebla.

[2] Bravo, HH. Y H. Sánchez M. (1991). Las cactáceas de Mexico. 3. Ed. Vol. 1 Y 3. UNAM, México. Pp. 643.

[3] Bravo-Hollis, H. (1978). Las Cactáceas de México. 2^a. Ed. Instituto de Biología. UNAM. México. Pp. 62-83.

[4] García-Pastor, M. E., Serrano, M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., & Zapata, P. J. (2019). Methyl jasmonate effects on table grape ripening, vine yield, berry quality and bioactive compounds depend on applied concentration. Scientia Horticulturae, 247, 380–389.

[5] Creelman R. A., Mullet, J.E. (1997). Biosynthesis and action of jasmonates in plants. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. Jun; 48:355-381.

[6] Dar, T. A., Uddin, M., Khan, M. M. A., Hakeem, K. R., & Jaleel, H. (2015). Jasmonates counter plant stress: a review. Environmental and experimental Botany, 115, 49-57.

[7] Qin, G. H., Wei, S. W., Tao, S. T., Zhang, H. P., Huang, W. J., Yao, G. F., Sha, S.F. & Zhang, S. L. (2017). Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on aromatic volatile biosynthesis by 'Nanguoli'fruit at different harvest maturity stages. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 45(3), 191-201.

[8] González-Aguilar, G.; Buta, J.; Wang, C. (2003) Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya "Sunrise". Postharvest Biol. Technol. 2003, 28, 361–370.

[9] Reyes-Díaz, M., Lobos, T., Cardemil, L., Nunes-Nesi, A., Retamales, J., Jaakola, L., ... & Ribera-Fonseca, A. (2016). Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. Molecules, 21(6), 567, 2-18.

http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1978.

[10] Mustafa, M. A., Ali, A., Seymour, G., & Tucker, G. (2018). Treatment of dragonfruit (Hylocereus polyrhizus) with salicylic acid and methyl jasmonate improves postharvest physico-chemical properties and antioxidant activity during cold storage. Scientia Horticulturae, 231, 89-96.

[11] González-Aguilar, G. A., Tiznado-Hernandez, M., & Wang, C. Y. (2006). Physiological and biochemical responses of horticultural products to methyl jasmonate. Stewart postharvest review, 2(1), 1-9.

[12] Wang, K., Jin, P. Shifeng Cao, S., Shang H., Yang, Z. & Zheng, Y.(2009). Methyl Jasmonate Reduces Decay and Enhances Antioxidant Capacity in Chinese Bayberries.Journal of Agricultural and Food Chemistry 57 (13), 5809-5815.

[13] Chen, M., Guo, H., Chen, S., Li,T., Li M., Rashid, A., Changjie Xu, C. & Wang K. (2019). Methyl Jasmonate Promotes Phospholipid Remodeling and Jasmonic Acid Signaling To Alleviate Chilling Injury in Peach Fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 67 (35), 9958-9966.

[14] Baswal, A. K., Dhaliwal, H. S., Singh, Z., Mahajan, B. V. C., & Gill, K. S. (2020). Postharvest application of methyl jasmonate, 1-methylcyclopropene and salicylic acid extends the cold storage life and maintain the quality of 'Kinnow'mandarin (Citrus nobilis L. X C. deliciosa L.) fruit. Postharvest Biology and Technology, 161, 111064.

[15] Asghari, M., & Hasanlooe, A. R. (2016). Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and Total Antioxidant content in harvested "Sabrosa" strawberry fruit. Food science & nutrition, 4(3), 377-383.

[16] Wang, S. Y., Shi, X. C., Liu, F. Q., & Laborda, P. (2021). Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. Food Chemistry, 353, 129482. 1-12.

[17] Jin, C.H.; Suo, B.; Kan, J.; Wang, H.M.; Wang, Z.J. Changes in cell wall polysaccharide of harvested peach. fruit during storage. J. Plant Physiol. Mol. Biol. 2006, 32, 657–664.

[18] González-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernández, M.E., Zavaleta-Gatica R & Martínez-Téllez, M.A. (2004), Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and actívate the defense response of guava fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications, 313: 704-711.

[19] Serrano, M., Martínez-Esplá, A., Zapata, P., Castillo, S., R., Martínez-Romero, D., Guillén, F., & Valero, D. (2018). Effects of methyl jasmonate treatment on fruit quality properties. Emerging postharvest treatment of fruits and vegetables, 85-106.

[20] González-Aguilar, G. A., Buta, J. G., & Wang, C. Y. (2001). Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of 'Kent'mangoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(13), 1244-1249.

[21] González-Aguilar, GA, Zavaleta-Gatica, R. & Tiznado-Hernández, ME (2007). Efecto del Metil Jasmonato en las respuestas fisiológicas de guayaba (Psidum guajava) almacenada a bajas temperaturas. Revista Chapingo Serie Horticultura, 13 (1), 63-69.

[22] Zavaleta -Gatica, R. Z. (2001). Efecto del Metil Jasmonato en las Respuestas Fisiológicas Y Bioquímicas de Guayaba (Psidium guajava L.) Almacenada a Bajas Temperaturas. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

[23] AOAC. (1996). Official Methods of Analysis. 16th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.

[24] Ghasemnezhad, M., & Javaherdashti, M. (2008). Effect of methyl jasmonate treatment on antioxidant capacity, internal quality and postharvest life of raspberry fruit. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6(1), 73-78.

[25]Rodríguez, D. A. R., Gutiérrez, M. D. P. P., Lasprilla, D. M., Fischer, G., & Vanegas, J. A. G. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus Haw.). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín, 58(2), 2837-2857.

[26]Franco-Gaytán, I. (2012). Daños por frío y calidad de frutos de pomelo "Río Red" sujetos a temperaturas de acondicionamiento, encerado y Metil Jasmonato. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. http://193.122.196.39:8080/xmlui/handle/10521/1763

[27] Barriga-Téllez, L. M. (2010). Efecto del Metil Jasmonato y cloruro de calcio sobre las propiedades del fruto de guayaba (Psidium guajava) monitoreadas con ensayos destructivos y no destructivos. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

[28] Palamós C. D. (2017). Efecto Sobre la Calidad Postcosecha de Granada Ecologica por la Aplicaciòn de Jasmonato de Metilo. Tesis de Maestría. Universidad Miguel Hernàndez de el Elche.

[29] Zapata, S., Carrera, R., Manzano, S., García, A., Aguado, E., Garrido, D. & Valenzuela, J. L. (2016). Efectos de los tratamientos de Metil Jasmonato y Ácido Salicílico en la reducción del daño por frío en calabacín. Actas Port. Hortic, 28, 232-238.

[30] Karder, A. (2002). Postharvest biology and technology: An overview. En Kader, A. (Ed) postharvest of horticultural crops, (pp. 39-48). Oakland, California, USA: Univesity of California.

[31] Rincón-Gutiérrez, V. (2014). Diseño de una biopelícula para la conservación de fresa silvestre (fragaraia vesca): una estrategia encaminada a la sustitución de empaques plásticos. Tesis de Maestría. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

[32] Ruan, J., Zhou, Y., Zhou, M., Yan, J., Khurshid, M., Weng, W., & Zhang, K. (2019). Jasmonic acid signaling pathway in plants. International journal of molecular sciences, 20(10), 2479.