

USO DE EXTRACTOS DE *Persea americana* Mill. EN FRUTOS DE AGUACATE PARA RETRASAR SU MADURACIÓN

Tochihuitl-Martíñón, Anahi¹; Chávez-Franco, Sergio Humberto¹; Saucedo-Veloz, Crescenciano¹; Suarez-Espinosa, Javier¹; Guerra-Ramírez, Diana²

¹Colegio de Postgraduados-Fruticultura. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México 56230, México. Correo-e: tochihuitl.anahi@hotmail.com, ²Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Resumen

Los frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) son muy apreciados a nivel mundial tanto para su consumo en fresco como en la obtención de productos industrializados. La mayoría de las investigaciones postcosecha de estos frutos están enfocadas en retardar su maduración con el fin de colocar el producto en un mejor mercado. En este trabajo se estudió el efecto de la aplicación de extractos no polares obtenidos de ramas, pedúnculo y hojas de aguacate 'Hass', en el retraso de maduración del fruto con y sin pedúnculo. Las variables medidas en los frutos fueron firmeza, respiración, diámetro ecuatorial y color. La firmeza fue determinada a través de una escala hedónica de 5 a 1, donde: 5= duro, 4= inicia ablandamiento, 3= ligeramente blando, 2= blando y 1= suave y muy blando. Se evaluó velocidad de respiración ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), variables de color (L,a,b), y el diámetro ecuatorial el fruto. La presencia del pedúnculo en frutos atrasó su maduración, con una firmeza promedio de 4.3 y coloración verde a los 10d postcosecha. Los extractos de pedúnculo a 100 y 200 ppm tuvieron un efecto significativo en mantener la coloración verde de los frutos hasta 10d después de cosecha.

Palabras Clave adicionales: Respiración, color, firmeza, postcosecha.

USE OF *Persea americana* Mill SOLUTION-EXTRACTS IN AVOCADO FRUIT TO DELAY RIPENING

Abstract

The fruit of avocado are highly appreciated worldwide for both fresh consumption and production of industrial products. Most postharvest research in avocado fruit are focused on delaying maturation, in order to place the product in a better market. In this work the effect of the application of non-polar extracts from branches, stem and leaves of 'Hass' avocado in delaying fruit ripening in avocado 'Hass' with and without peduncle was studied. Variables evaluated in fruits were firmness, respiration, equatorial diameter and color. Firmness was measured through a hedonic scale of 5 to 1, where levels 5 = hard 4 = starts softening, 3 = slightly soft, 2 = soft and 1 = soft and very soft, respiration rate ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) was measured, as well as color variables (L, a, b) and equatorial fruit diameter. Presence of peduncle delayed ripening with an average firmness of 4.3 and green coloration for ten days after harvest. The peduncle extracts at 100 and 200 ppm had a significant effect on the green coloration of the fruits up to ten days after harvest.

Additional keywords: Respiration, color, firmness, postharvest.

Introducción

A nivel nacional e internacional el aguacate juega un papel muy importante en la economía aunque su consumo es sensible a cambios en el precio. De la producción nacional, 69% de los frutos se destina al consumo en fresco, 19% para la industria y 12% a exportación. Se reporta un consumo *per cápita* anual de 10 kg (BANCOMEXT, 2010).

Las zonas productoras del aguacate en el mundo se encuentran lejanas de las zonas de comercio, por lo que es importante retardar la maduración entre la cosecha y el arribo del fruto al punto de consumo (Román y Yahia, 2002). A través de los años se han utilizado diversas metodologías para retardar la maduración y conservar el fruto o la pulpa. Ejemplos de éstas incluyen refrigeración, atmósferas controladas, aplicación de ceras y reducción de presión (Trejo, et al., 1992).

Actualmente, se sabe que algunos frutos maduran con mayor rapidez cuando se desprenden del árbol que cuando se mantienen unidos a éste. El aguacate es un ejemplo clásico, ya que sus frutos no maduran o no muestran niveles climatéricos de la producción de etileno mientras están unidos al árbol. Abeles (1973) acuñó el término "factor de árbol" para describir un supuesto inhibidor de la producción de etileno en el tejido de la fruta carnosa unida al árbol.

Peter et al. (1975) realizaron estudios sobre la inhibición de la maduración en el fruto de aguacate unido al árbol donde encontraron que el pedúnculo y el tallo pueden suministrar un inhibidor de maduración a la fruta, además que una auxina es al menos un factor implicado en la inhibición de la maduración.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el proceso de maduración de frutos de aguacate, mediante la aplicación de extractos no polares, de diferentes partes del árbol de *aguacate* 'Hass', para determinar si su uso postcosecha permite la conservación de los frutos.

Materiales y Métodos

Material vegetal. Cien frutos de aguacate 'Hass' con pedúnculo y 25.9% de materia seca, fueron recolectados de árboles hortícolamente similares en noviembre de 2015, en el "Huerto La Labor" de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. en Temascaltepec de González, Estado de México (19°02'39.4"N 099°58'35.62"W). El traslado de los frutos fue a temperatura ambiente, al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Preparación de extractos. Las ramas, pedúnculos y hojas de aguacate 'Hass', fueron maceradas por separado en hexano durante 48 h. Transcurrido dicho tiempo las mezclas se filtraron. El filtrado obtenido fue evaporado al vacío en un rotavapor (Buchi® Rotavapor® R-3), para obtener el extracto y hexano. El hexano recuperado se utilizó para hacer una segunda extracción del material vegetal y se siguieron los mismos procedimientos de maceración, extracción, filtración y evaporación. El proceso se repitió una vez más y al final se juntaron los extractos. Cada uno de los extractos de rama, pedúnculos y hojas fueron suspendidos en agua usando Tween 20 como dispersante para obtener suspensiones a concentraciones de 100 y 200 ppm.

Tratamientos. Los frutos de aguacate 'Hass' con pedúnculos (FP) y sin pedúnculo (FSP) se trataron con los diferentes extractos no polares de ramas, pedúnculo y hojas de 'Hass' a 100 y 200 ppm. En vasos de plástico se colocaron cada una de las suspensiones de los extractos, posteriormente los frutos de aguacate fueron fijados a los vasos (Figura 1). De cada tratamiento se hicieron cuatro repeticiones, como testigo se utilizó ácido acetilsalicílico a 0.25 y 1 mg mL⁻¹ y como blanco, agua destilada y disolución acuosa de Tween 20 a 8.33 x 10⁻⁵ mL.

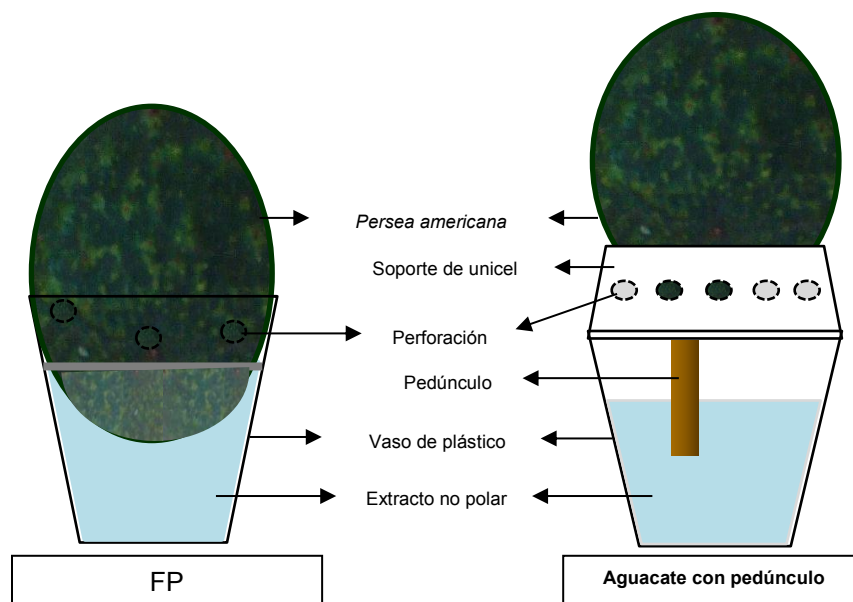


Figura 1. Frutos de aguacate 'Hass' en extractos no polares.

Variables medidas. Firmeza, color y diámetro ecuatorial se midieron diariamente, mientras que la velocidad de respiración se midió cada tercer día hasta que los frutos llegaron a una firmeza de 1. La firmeza se determinó de manera manual, empleando una escala hedónica de 5 a 1, donde niveles de 5= duro, 4= inicia ablandamiento, 3= ligeramente blando, 2=

blando y 1= suave y muy blando. Se empleó la aplicación para Android “Color Grab”, para determinar el ángulo de tono Hue y el índice de saturación, usando la escala L, a, b. La medición de CO₂ se llevó a cabo con un monitor de dióxido de carbono y temperatura (Telaire® 7001) con base en la metodología de (Saltveit y Sharaf, 1992). El diámetro ecuatorial fue medido con un vernier digital marca Truper. Para esto se etiquetaron los extremos de la zona ecuatorial con la finalidad de llevar un control de las mediciones.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se hizo un análisis transversal a través de un diseño experimental de bloques factorial de 2x2; considerando como bloques los árboles de donde fueron colectados los frutos y como tratamientos los extractos hexánicos a los que fueron sometidos los aguacates. Adicionalmente se llevó a cabo un análisis longitudinal en relación a la firmeza y diámetro ecuatorial. Se empleó una comparación de vectores de medias usando un análisis multivariado para las mediciones de color.

Resultados y Discusión

Firmeza. La firmeza inicial que presentaron los frutos, una vez cosechados y colocados en los extractos, fue de 5. Conforme transcurrieron los días, ésta disminuyó hasta llegar a 1. El análisis longitudinal indica que los extractos no presentaron diferencia significativa en relación a la firmeza (Cuadro 1). Sin embargo, la presencia de pedúnculo en los frutos sí mostró diferencia significativa en la firmeza, cumpliéndose el criterio de convergencia (Cuadro 2).

En el análisis transversal, la presencia o no de pedúnculo en los aguacates, indujo diferencias significativas en la firmeza conforme pasaron los días (Cuadro 3).

El análisis transversal a partir del día 10 después de la cosecha mostró que la presencia de pedúnculo mantiene más firme al fruto respecto a los frutos sin pedúnculo. Proctor y Miesle (1991) mencionan que la maduración de un fruto se debe a la pérdida de firmeza, la cual está estrechamente relacionada con la alteración enzimática de la laminilla media y pared celular de los frutos, las cuales están constituidas principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa. Dicho lo anterior, se puede hacer referencia a que la presencia del pedúnculo evita una rápida maduración en el fruto, actuando como un retardador de ésta.

Color. Se observó una disminución en los valores de la coordenada “L” (luminosidad), un cambio de valores negativos a positivos en el caso de la coordenada “a” y una disminución de la coordenada “b”. A partir de los ocho y hasta los 14d después de la cosecha, se encontraron diferencias significativas en las coordenadas de color (L, a, b) respecto a la

presencia de pedúnculo en los frutos, esto con una comparación de vectores de medias, usando un análisis multivariado con un $Pr > F = <.0001$ (Figura 1).

Cuadro 1. Prueba tipo 3 de efectos fijos sobre efecto de los extractos no polares en la firmeza de frutos de aguacate 'Hass'.

Efecto	Numerador DF	Denominador DF	Chi- Cuadrada	F-Valor	Pr > Chi- cuadrada	Pr > F
Extractos	9	47	1.33	0.15	0.9982	0.9978
Tiempo	7	47	949.53	135.65	<.0001	<.0001
Extractos* Tiempo	63	47	52.03	0.83	0.8364	0.7625

Cuadro 2. Prueba tipo 3 de efectos fijos sobre el efecto de la presencia de pedúnculo en la firmeza de frutos de aguacate 'Hass'.

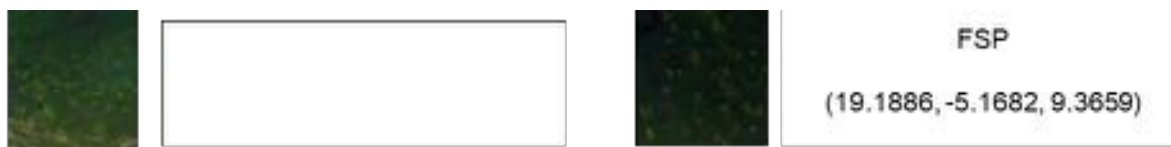
Efecto	Numerador DF	Denominador DF	Chi- Cuadrada	F-Valor	Pr > Chi- cuadrada	Pr > F
Pedúnculo	1	55	15.71	15.71	<.0001	0.0002
Tiempo	7	55	1247.18	178.17	<.0001	<.0001
Pedúnculo * Tiempo	7	55	16.20	2.31	0.0234	0.0384

Cuadro 3. Firmeza de aguacate 'Hass' con y sin pedúnculo a los 10, 12 y 14d postcosecha.

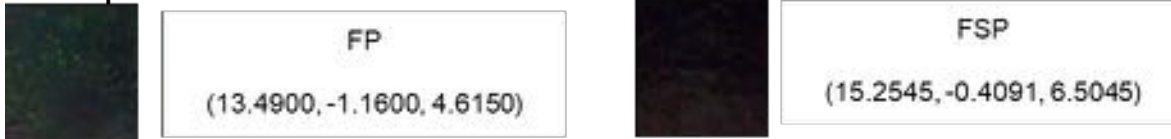
Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y			
N	Media ^z	Pedúnculo	Días postcosecha
30	4.3 a	FP	10
33	3.8 b	FSP	
30	3.3 a	FP	12
33	2.9 b	FSP	
30	2.1 a	FP	14
33	1.4 b	FSP	

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05)

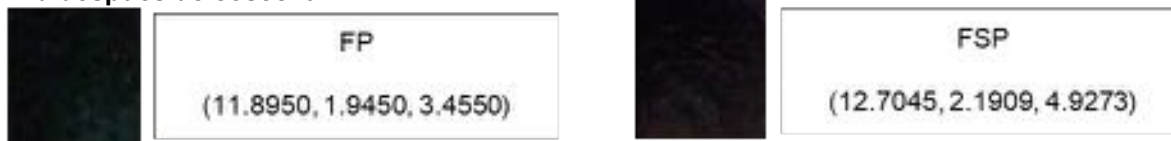
8d después de cosecha



10d después de cosecha



12d después de cosecha



14d después de cosecha

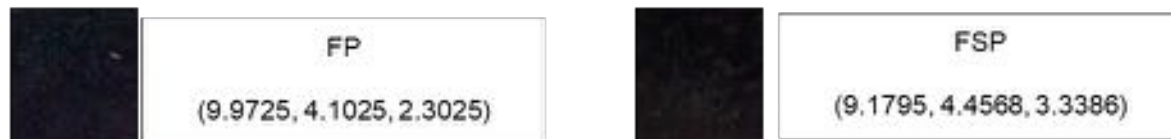


Figura 1. Cambios de color (coordenadas L, a, b) en la piel de frutos de 'Hass' a los 8, 10, 12 y 14 d postcosecha.

Algunos extractos aplicados a los frutos permitieron ver diferencias significativas en el color de la piel a los 8, 10 y 14d postcosecha, a través de las coordenadas de color (L, a, b). El ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y agua destilada mostraron una diferencia significativa a los 8d postcosecha con un valor de $Pr > F = 0.0059$ (Figura 2).

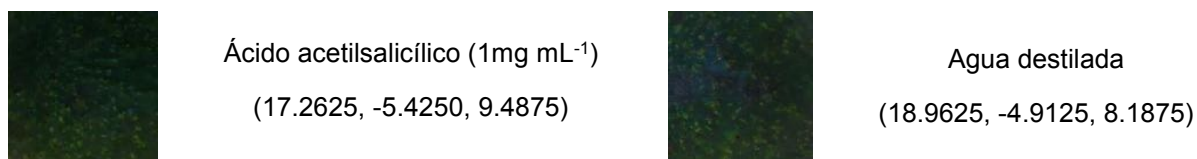


Figura 2. Color (coordenadas L, a, b) en la piel de frutos 'Hass' tratados con ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y agua destilada.

A los 10 d postcosecha los frutos de los tratamientos con ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (200 ppm) tuvieron diferencia significativa con un valor de $Pr > F =$

0.0083 (Figura 3). Comportamiento similar ocurrió entre ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y el extracto pedúnculo (100 ppm) con un $\text{Pr} > \text{F} = 0.0074$ (Figura 4).

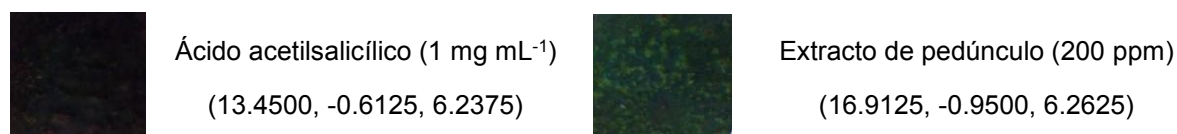


Figura 3. Color (coordenadas L, a, b) en la piel de frutos de 'Hass' tratados con ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (200 ppm).

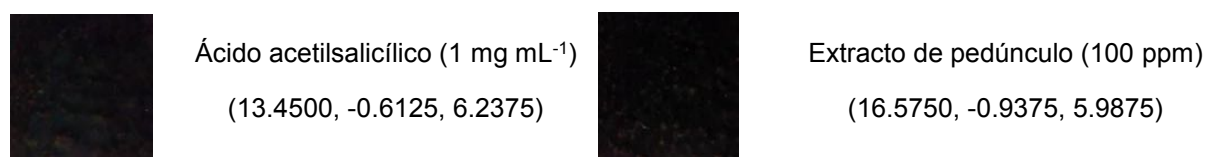


Figura 4. Color (coordenadas L, a, b) en la piel de frutos "Hass" tratados con ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (100 ppm).

Los tratamientos de extracto de pedúnculo (200 ppm) y rama (200 ppm) mostraron diferencias significativas a los 14d postcosecha con un valor de $\text{Pr} > \text{F} = 0.0061$ (Figura 5).

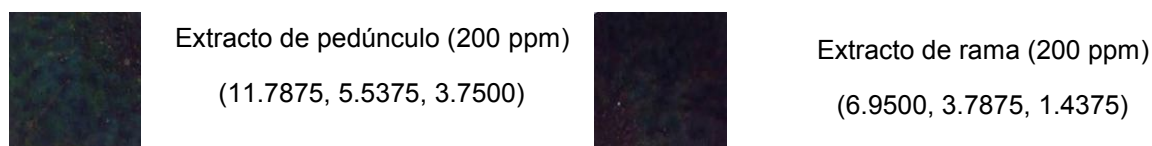


Figura 5. Color (coordenadas L, a, b) en la piel de frutos "Hass" tratados con extracto de pedúnculo (200 ppm) y rama (200 ppm).

La presencia de pedúnculo en el aguacate durante su evaluación con los diferentes extractos permitió que el fruto mantenga con una mayor coloración verde a diferencia de los frutos sin pedúnculo que adquirieron de manera más rápida la tonalidad oscura (Figura 1).

Inicialmente el ácido acetilsalicílico (1 mg mL^{-1}) mostró la mayor efectividad para mantener la coloración verde del fruto (Figura 2), pero conforme transcurrieron los días (10 y 14 postcosecha) el extracto hexánico de pedúnculo a 100 y 200 ppm, al igual que el extracto de rama a 200 ppm mostraron un mayor efecto en la coloración. Considerando la relación que existe entre el color de la cáscara del fruto y su grado de madurez, se observa que el ácido acetilsalicílico y los extractos hexánicos de pedúnculo y rama, así como la presencia

de pedúnculo retardaron la maduración. Estos resultados concuerdan con trabajos previos (Peter et al., 1975; Biale, 1960), que demostraron que el pedúnculo y el tallo de aguacate pueden actuar como una fuente de inhibidores de la maduración. Por otro lado, el ácido acetilsalicílico, derivado del ácido salicílico, reduce la síntesis de etileno y en algunas especies origina un retardo de la senescencia (Martínez et al., 2004).

Velocidad respiratoria. Los frutos tratados con los extractos no polares presentaron un patrón climatérico típico, alcanzando un máximo climatérico al día nueve después de cosecha con un valor de $85.57 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 6), lo que concuerda con López-López y Cajuste-Bontemps (1999).

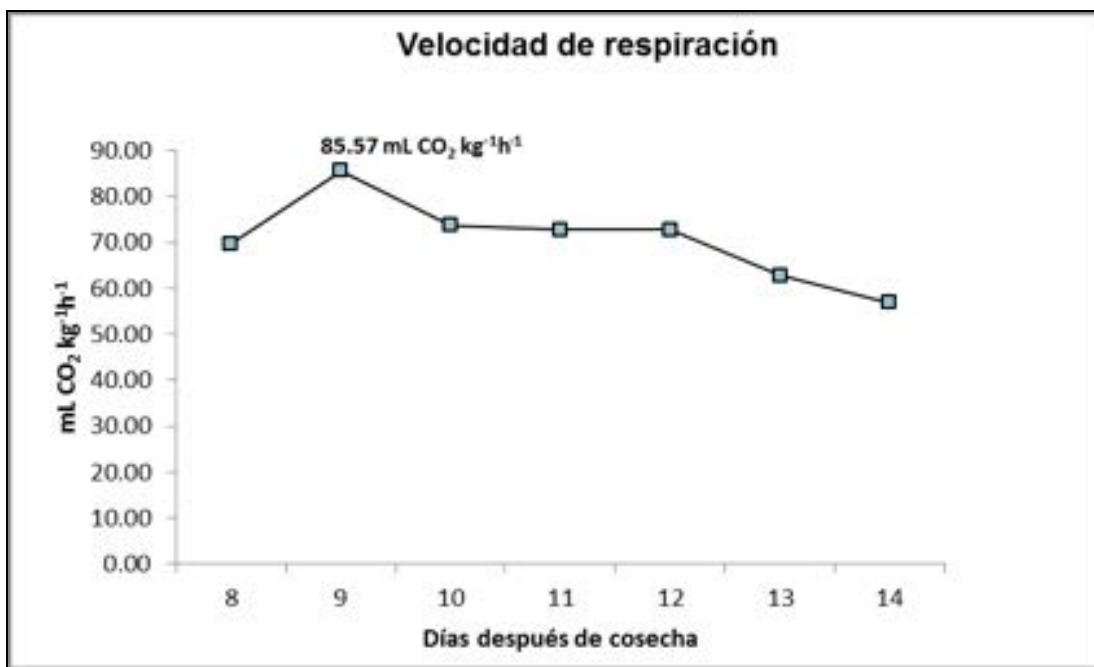


Figura 6. Comportamiento de la respiración de frutos de 'Hass' en condiciones de temperatura ambiente.

Diámetro ecuatorial. El diámetro ecuatorial disminuyó en promedio 3 mm a los 14d postcosecha (Figura 7), lo que se atribuye a la pérdida de agua en los frutos, ocasionado por el proceso de transpiración, donde factores internos; características morfológicas, anatómicas, la relación entre la superficie y el volumen, daños en la superficie, y el estado de madurez del fruto influyen (Kader, 2002).

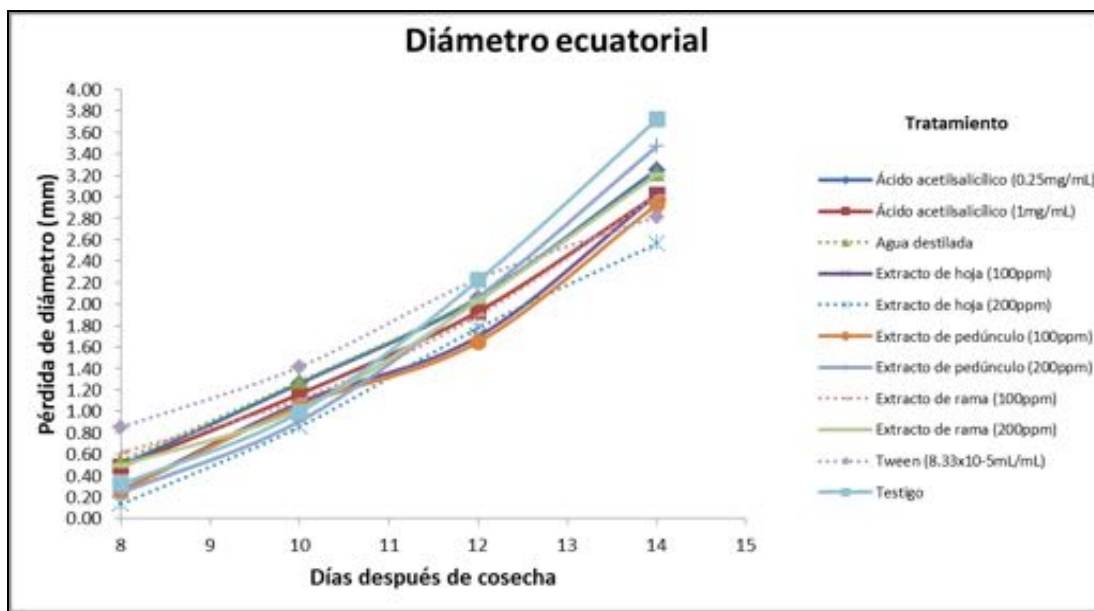


Figura 7. Pérdida de diámetro ecuatorial en frutos 'Hass' tratados con extractos no polares.

Conclusiones

La presencia de pedúnculo en los frutos de aguacate 'Hass' permitió retrasar su maduración, manifestándose como mayor firmeza y coloración verde a diferencia de los frutos sin pedúnculo. El ácido acetilsalicílico, los extractos pedúnculo y rama permitieron que la coloración verde de la piel de los aguacates se mantuviera dos días más que el testigo. La pérdida de agua en los frutos ocasionó una disminución en su diámetro ecuatorial.

Agradecimientos

A la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. por su apoyo para la realización de este proyecto.

Literatura Citada

- Abeles, F.B. 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York.
- BANCOMEXT. 2010. Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C. <http://www.bancomext.com/Bancomext/secciones.html>. (Consulta el 9 de febrero 2010).
- Biale, J. B. 1960. Respiration of fruits. Handbuch der Pflanzenphysiologie 12:536-592.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 41 p
- López-López, L. y J. F. Cajuste-Bontemps. 1999. Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. Revista Chapingo, Serie Horticultura 5:365-371.
- Martínez C, E Pons, G Prats, and J Leon. 2004. Salicylic acid regulates flowering time and links defence responses and reproductive development. Plant Journal 37: 209-17.
- Peter O. Tingwa and R. E. Young. 1975. Studies on the inhibition of ripening in attached avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science

100(5):447-449.

Proctor A., T. Miesle. 1991. Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities in developing highbush blueberries. HortScience 26(5):579-581.

Román M., E. A. y E. Yahia K. 2002. Manejo Postcosecha del Aguacate. Vitae 9:5-16.

Saltveit, M. E., and A. R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. Journal of the American Society for Horticultural Science 117:793-798.