Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Aplicación de soluciones para retrasar la maduración de aguacate 'Hass' en poscosecha

Anahi Tochihuitl-Martiñón [1]
Sergio Humberto Chávez-Franco [1, §]
Diana Guerra-Ramírez [2]
Víctor Arturo González-Hernández [3]
Juan Manuel González-Camacho [4]
María de Lourdes Arévalo-Galarza [1]

1 Fruticultura. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230.

2 Laboratorio de Productos Naturales-Área de Química-Departamento de Preparatoria Agrícola-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230.

3 Genética-PREGEP. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. C

4 Cómputo Aplicado-PSEI. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230.

Autor para correspondencia: sergiocf@colpos.mx

Resumen

El aguacate es un cultivo de gran relevancia económica para México, las exportaciones del fruto llegan a mercados de Norteamérica, Asia, Europa y Latinoamérica. Esta actividad tiene como reto principal los largos tiempos de traslado del fruto, y en virtud de ello existe la necesidad del desarrollo de nuevas tecnologías que prolonguen la vida de anaquel del fruto. El objetivo de la investigación fue retrasar el proceso de maduración postcosecha de aguacate aplicando soluciones acuosas a base de extracto de pedúnculo, reguladores de crecimiento vegetal y ácido acetilsalicílico en diferentes concentraciones. La cosecha se realizó en el mes de diciembre de 2022 en el 'Huerto La Labor', Temascaltepec de González, Estado de México (19° 02' 39.40" latitud norte y 99° 58' 35.62" longitud oeste). A los frutos se les aplicaron ocho tratamientos: seis soluciones acuosas formuladas con extracto de pedúnculo, auxinas (AIA + AIB), ácido giberélico 3 y ácido acetilsalicílico, así como un tratamiento con 1-metilciloropeno y el testigo. Las variables de respuesta evaluadas fueron pérdida de peso (%), firmeza, velocidad de respiración, color de pulpa y cáscara. Se empleó un diseño experimental completamente al azar y un análisis estadístico con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. De acuerdo con los resultados obtenidos, las soluciones acuosas permitieron un menor porcentaje de pérdida de peso, mayor firmeza y menor velocidad de respiración, una coloración más verde en la pulpa y cáscara, en comparación a frutos sin tratamiento, permitiendo retardar el proceso de maduración; en contraste, hasta el día once poscosechas el control se mantuvo inmaduro.

Palabras clave:

1-metilciclopropeno, ácido giberélico 3, auxinas.

License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Introducción

El aguacate es un cultivo de suma importancia económica para México debido a la captación de divisas que genera, es uno de los tres frutales más relevantes del país. La superficie sembrada fue de 263 212.06 ha y la cosechada de 253 043.65 ha, generando una producción de 2 761 327.85 t (SIAP, 2024). En 2024 las exportaciones representaron 3 783 millones de dólares (FAO, 2024).

La exportación a los Estados Unidos de América requiere un tiempo de traslado promedio de 48 a 72 h cuando se realiza desde Michoacán, otros estados productores como México y Nayarit destinan su fruto a mercados más lejanos en Canadá, Japón, Asia, Europa, así como Centro y Sudamérica, donde en la mayoría de los casos su transporte es marítimo y con tiempos de traslado de 28 a 40 días (Herrera-González *et al*., 2020).

La necesidad de llegar a mercados más lejanos requiere desarrollar tecnologías postcosecha que permitan retardar la maduración y preservar la calidad del fruto, ya que en condiciones de temperatura ambiente (20 °C) su vida útil es de ocho días. Algunas tecnologías empleadas se basan en la aplicación de 1-metilcilopropeno, el cual es un antagonista de la acción del etileno (hormona de la maduración), lo cual, disminuye su producción, afectando la síntesis autocatalítica y señalización (Balaguera-López *et al*., 2014; Dias *et al*., 2021).

Por ejemplo, la aplicación de una solución acuosa de 1-metilcilopropeno en aguacate y posterior almacenamiento a 20 °C, logró retrasar la pérdida de firmeza (21.3 N), prolongó el tiempo en alcanzar la producción máxima de etileno (siete días), acumulación de fenólicos solubles totales (nueve días), flavonoides (seis días) y la capacidad antioxidante total (seis días) (Zhang *et al*., 2013).

El ácido salicílico (fitohormona fenólica) también se ha empleado, teniendo un efecto reductor en la producción de etileno, porque modula las vías de señalización del estrés, activador de la ruta de los fenilpropanoides, potenciador de los sistemas enzimáticos antioxidantes y un antifúngico (Rodríguez-Guzmán *et al*., 2021; Sharma *et al*., 2026).

Cuando se sumergen frutos de aguacate en una solución de ácido salicílico y después se almacenan a 15 °C y 85% HR, se observa una disminución en la actividad respiratoria (dos días), menor pérdida de peso (8.56%), firmeza (321.09 gF), síntesis de azúcares (al día ocho de almacenamiento) y degradación de ácidos orgánicos (29.87 µg GAE 100 g^{-1}, 29.26 DPPH%) (Sanches y Repolho, 2022).

Otras hormonas empleadas son las auxinas (AIA y ANA), estas disminuyen la tasa de respiración y la producción de etileno (Ramos *et al*., 2019), además del uso de ácido giberélico 3, el cual, controla la producción de etileno, así como la actividad enzimática, lo que ralentiza el proceso de maduración (Yadav *et al*., 2022).

El objetivo de esta investigación fue retrasar el proceso de maduración poscosecha de aguacate aplicando soluciones acuosas a base de extracto de pedúnculo, reguladores de crecimiento vegetal y ácido acetilsalicílico en diferentes concentraciones.



DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Materiales y métodos

Material vegetal

En diciembre de 2022 fueron cosechados 280 frutos de aguacate 'Hass' con pedúnculo y 31 ± 0.97% de materia seca en promedio, en el 'Huerto La Labor' de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, SC, en Temascaltepec de González, Estado de México, con coordenadas 19°02' 39.40" latitud norte y 099° 58' 35.62" longitud oeste y altitud de 2 080 m.

Los frutos se trasladaron en hieleras a temperatura ambiente al laboratorio de Fisiología Poscosecha del Colegio de Postgraduados para su análisis, en un viaje de 5 h.

Preparación de soluciones

Pedúnculos previamente separados de los frutos fueron pesados en una balanza digital alsep ey-2200 (873 g) y triturados con un procesador de alimentos Nutribullet® (Pro 900-Magic bullet), posteriormente se maceraron (24 h, x 4) con 3.5 L de hexano (J. T. Baker).

Cada 24 h la mezcla se filtró con papel filtro Whatman®, grado 1. Los filtrados se juntaron y evaporaron a presión reducida de 25 KPa en un rotavapor (Buchi® Rotavapor® R-300) a 36 °C el residuo vegetal se maceró y extrajo por segunda ocasión con metanol (J. T. Baker®) bajo las mismas condiciones (24 h, x 4; 36 °C), el cual posteriormente se sometió a tres particiones sucesivas con 350 ml de agua destilada (J.T. Baker®) y 700 ml de cloruro de metileno (J. T. Baker®).

La mezcla se colocó en un embudo de separación cubierto para evitar la degradación de los compuestos por efecto de la luz, se agitó y dejó reposar durante 24 h, posteriormente la fase inferior de cloruro de metileno se recolectó y evaporó a presión reducida. La fase acuosa se sometió a tres extracciones con acetato de etilo (J. T. Baker®) siguiendo el procedimiento descrito para cloruro de metileno, el acetato de etilo se eliminó a presión reducida y finalmente la fase acuosa residual se evaporó para obtener un extracto acuoso de pedúnculo (EP).

Adicionalmente, para la formulación de soluciones químicas se utilizó ácido indol-3-acético (AIA, pureza 99%), ácido indol-3-butírico (AIB, pureza ≥ 98%), ácido giberélico 3 (AG_3, pureza 90%), ácido acetilsalicílico (AAS, pureza ≥ 95%) y 1-metilciclopropeno 3.3% ± 0.33%.

Tratamientos

El 1-metilciclopropeno se empleó a 200 nl L^{-1} (1-MCP), mientras que el resto de los compuestos fueron mezclados de forma homogénea en agua potable hasta obtener las siguientes concentraciones: EP= extracto acuoso de pedúnculo a 200 ppm; A1= AIA a 100 ppm + AIB a 10 ppm; A2= AIA a 10 ppm + AIB a 100 ppm; G1= AG_3 a 20 ppm; G2= AG_3 a 100 ppm y AAS= ácido acetilsalicílico a 3 g L^{-1}.

Se aplicaron ocho tratamientos a los frutos con cinco repeticiones, las soluciones acuosas fueron EP, A1, A2, G1, G2 y AAS, el testigo (TE) consistió en frutos sin la aplicación de alguna solución y el control fue 1-MCP.

Cada una de las soluciones EP, A1, A2, G1, G2 y AAS fueron colocadas en tinas de 5 L, en las cuales se sumergieron los frutos de aguacate durante 5 min. En el caso del control (1-MCP), la aplicación se realizó en un contenedor hermético de 0.125 m^3 a 20 °C durante 10 h; el compuesto (0.04 g) fue disuelto en agua tibia (2 ml, 40 °C).



DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Las variables evaluadas fueron peso diario, velocidad de respiración y color de cáscara, mientras que la firmeza y color de pulpa se midieron cada tercer día hasta que los frutos maduraron en condiciones de temperatura ambiente (20 °C).

El peso fue registrado en gramos con una balanza digital (alseo ey-2200), para posteriormente determinar el porcentaje de pérdida de peso con la ecuación 1:

$$\text{Pérdida de peso } (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \text{ x } 100$$

Donde: P_i = peso inicial del fruto (g); P_f = peso final del fruto (g).

La firmeza se midió en Newton (N) con un texturómetro (Wagner Force Five modelo FDV30) de puntal cónico de 7 mm de diámetro (Tesfay y Magwaza, 2017).

Para la determinación de velocidad de respiración (ecuación 2), se obtuvo la concentración de CO_2 producida por los frutos de aguacate en un recipiente de 5 L sellado herméticamente durante treinta minutos, con la ayuda del dispositivo Telaire® 7001 a temperatura ambiente (Saltveit y Sharaf, 1992).

Ecuación 2:

$$\text{Velocidad de respiración}\left(\text{ml}CO_2\text{kg}^{-1}h^{-1}\right) = \frac{\left(\%\ CO_2 \text{ x VolTotal}\right)}{\left(100 \text{ x Peso x Tiempo}\right)}$$

Donde: $\%CO_2$= porcentaje de CO_2 determinado con el dispositivo Telaire® 7001; VolTotal= volumen total del recipiente (ml); Peso= peso del fruto (kg); Tiempo= tiempo en el que se determinó el CO_2 (h).

Los parámetros de color de pulpa y cáscara se evaluaron con el colorímetro portátil Linshang® LS170, con los valores de L, a y b, se determinaron la luminosidad (L), el índice de saturación y ángulo Hue con las ecuaciones 3 y 4 (Lancaster *et al*., 1997).

Ecuación 3:

$$IS = \sqrt{\left(a^2 + b^2\right)}$$

Donde: IS = índice de saturación; a= coordenada cromática (a); b= coordenada cromática (b).

Ecuación 4:

$$^\circ \text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

Donde: Hue= ángulo Hue; b= coordenada cromática (b); a= coordenada cromática (a).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, en el que se consideraron como unidad experimental al fruto, mientras que los tratamientos correspondieron a las seis soluciones acuosas, él TE y 1-MCP. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El procesamiento de los datos se realizó con el software SAS OnDemand for Academics (SAS Institute) y se consideró un nivel de significancia de $p< 0.05$ (Richards *et al*., 2006).

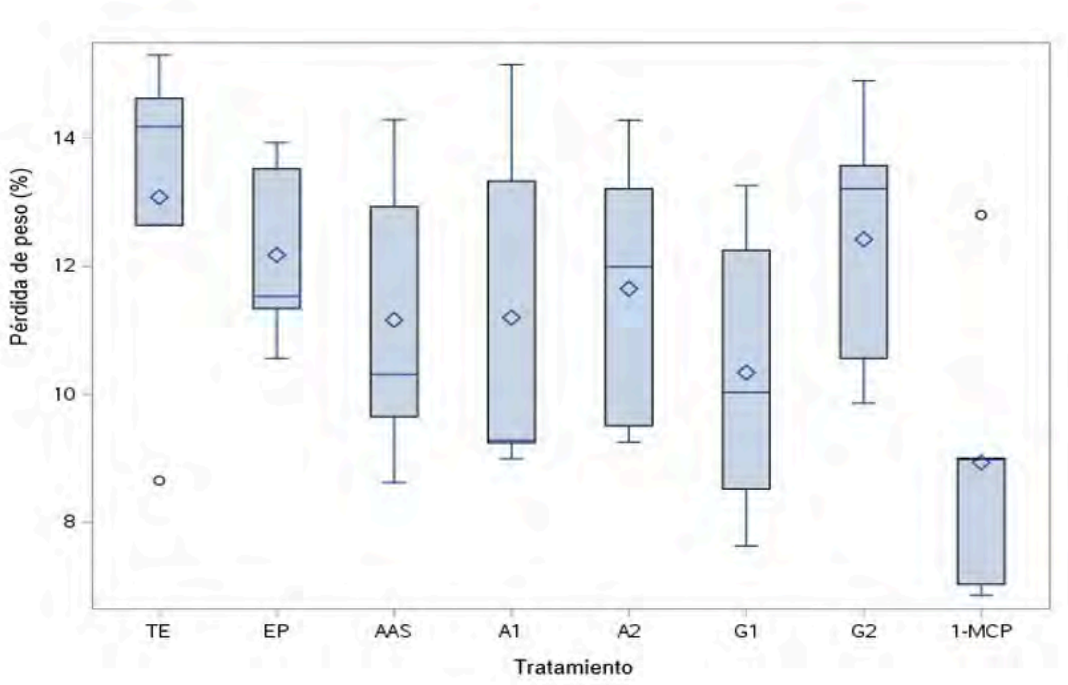
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Resultados y discusión

Pérdida de peso

Los frutos TE tuvieron las mayores pérdidas promedio con un 13.08% a los 11 días postcosecha, mientras que 1-MCP tuvo las menores (8.93%), seguido por los tratamientos G1, AAS, A1, A2, EP y G2, con valores de 10.34, 11.16, 11.2, 11.65, 12.18 y 12.42% respectivamente (Figura 1). Sin embargo, la prueba de Kruskal-Wallis no indicó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p= 0.1764).

Figura 1. Porcentaje de pérdida de peso de frutos de aguacate 'Hass'. Donde: TE= testigo; EP= extracto acuoso de pedúnculo (200 ppm); A1= AIA (100 ppm) + AIB (10 ppm); A2= AIA (10 ppm) + AIB (100 ppm); G1= AG_3 (20 ppm); G2= AG_3 (100 ppm); AAS= ácido acetilsalicílico (3 g L^{-1}) y 1-MCP= 1-metilciclopropeno (200 nl L^{-1}).



La pérdida de peso en frutos es atribuida principalmente a la pérdida de agua durante postcosecha (Kathimba *et al*., 2022); Osuna *et al*. (2017) reportaron 9.9% de pérdida de peso en frutos 'Hass' (con un contenido de materia seca inferior al 28%), este valor es menor al obtenido en él TE (13.08%), lo cual se debe al contenido de materia seca, pues frutos con mayor materia seca tienen más actividad metabólica y pérdida de peso (Lufu *et al*., 2024).

Respecto a la aplicación de 1-metilciclopropeno, Ruiz-Aracil *et al*. (2024) mencionaron que en aguacate 'Hass' retarda la pérdida de peso debido al inicio tardío de la fase climatérica respiratoria en los frutos, lo cual coincide con los resultados obtenidos, de los ocho tratamientos aplicados, 1-MCP tuvo la menor pérdida de peso con una diferencia de 4.15% respecto al TE. Con relación a las soluciones acuosas, el tratamiento G1 fue favorable con la menor pérdida de peso del fruto, con una diferencia de 2.74% respecto al TE.

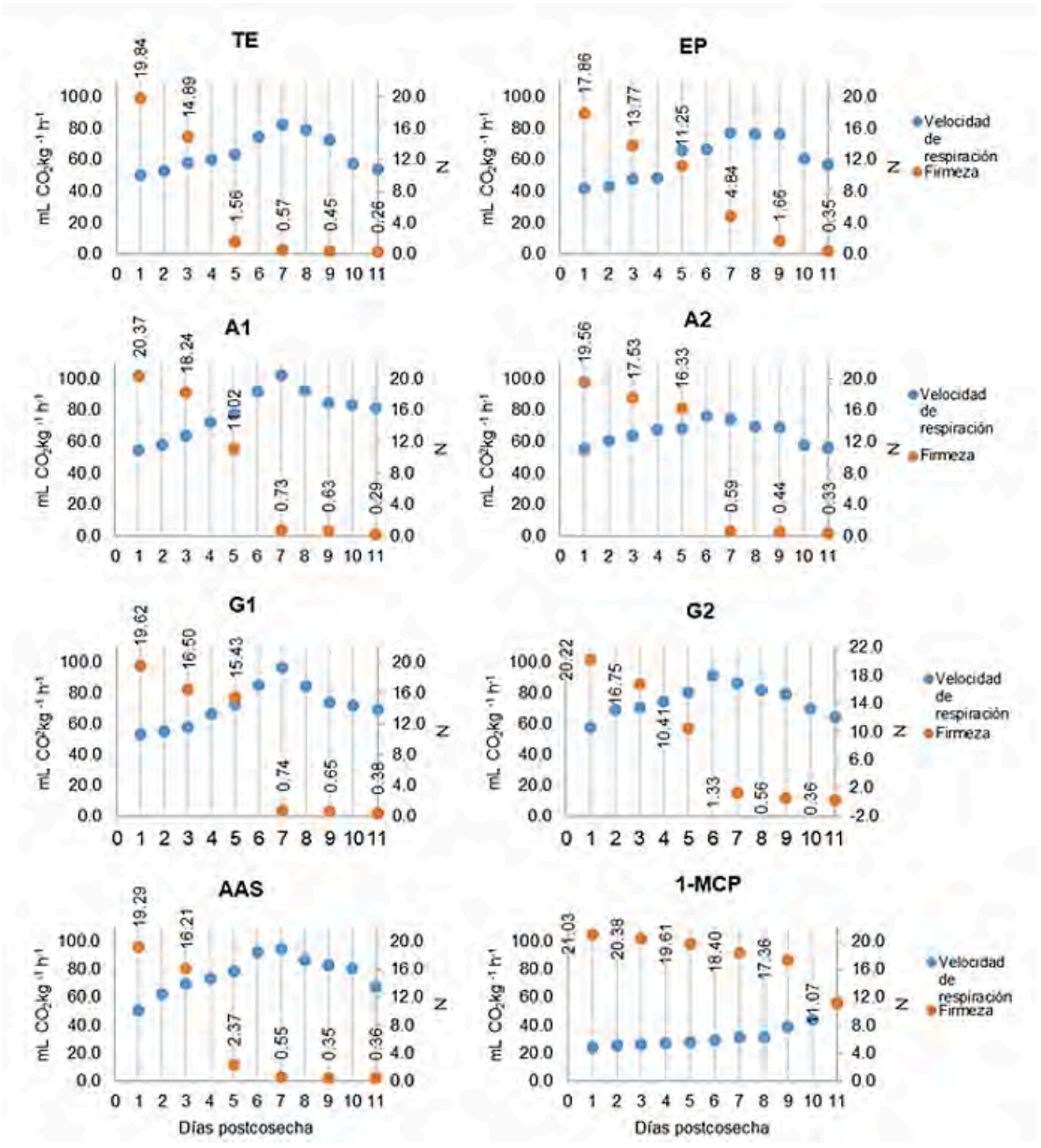
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Firmeza y velocidad de respiración

En el día 5 postcosecha él TE y AAS tuvieron una disminución drástica de firmeza, pasando de 19.84 a 1.56 N y de 19.29 a 2.37 N, respectivamente. Los valores de 1-MCP fueron superiores a los demás tratamientos, durante los 11 días postcosecha (Figura 2).

Figura 2. Velocidad de respiración y firmeza de frutos de aguacate 'Hass'. Donde TE= testigo; EP= extracto acuoso de pedúnculo (200 ppm); A1: AIA (100 ppm) + AIB (10 ppm); A2= AIA (10 ppm) + AIB (100 ppm); G1= AG_3 (20 ppm); G2= AG_3 (100 ppm); AAS= ácido acetilsalicílico (3 g L^{-1}) y 1-MCP= 1-metilciclopropeno (200 nL L^{-1}).



En comparación al TE, los demás tratamientos permitieron una mayor firmeza en los frutos de aguacate en el día once y el EP presentó una mayor firmeza en el día siete (4.84 N). La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos durante postcosecha ($p< 0.0001$).

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

El tratamiento 1-MCP presentó la mayor mediana (38). En contraste, los valores más bajos de mediana se observaron en EP durante los días 1 y 3 (3), él TE en los días 5 y 11 (3), además de AAS en los días 7 y 9 (5.1 y 3, respectivamente).

Las pérdidas postcosecha más importantes de frutas se deben a su ablandamiento excesivo (El-Sharkawy *et al*., 2016), lo que limita su almacenamiento y vida útil. La aplicación de 1-metilciclopropeno permitió una menor degradación de la pared celular del fruto al disminuir la actividad enzimática de celulasa y poligalacturonasa (Feng *et al*., 2000).

La velocidad de respiración de los frutos tratados con soluciones y él TE, resultó en un patrón climatérico típico con un pico en el día 6 postcosecha para A2 y G2, y día 7 para él TE, EP, AAS, A1 y G1.

Si bien, la síntesis autocatalíca de etileno se efectuó de manera similar entre los tratamientos, el EP y A2 tuvieron un pico de 77.2 y 76.4 m CO_2 kg^{-1} h^{-1}, mientras que el TE fue de 82.1 ml CO_2 kg^{-1} h^{-1}; por lo que, los frutos de EP y A2 tuvieron una menor actividad metabólica respecto al testigo.

En el caso de 1-MCP hasta el día 11 postcosecha aún existía un incremento paulatino en la respiración, lo que confirma su antagonismo a la acción del etileno, permitiendo retardar la maduración de los frutos (Figura 2).

Color de pulpa y cáscara

La pulpa de los frutos TE presentó la menor luminosidad al transcurrir los 11 días postcosecha. Los valores de 'a' incrementaron, mientras que los de 'b' disminuyeron (Figura 3), indicando un cambio en la coloración hacia tonalidades menos verdes y más amarillas.

En el ángulo Hue, la prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p= 0.0392, 0.0073, 0.0251, 0.0065 y 0.0014). El tratamiento de AAS presentó la mayor mediana en el día 3 (27.5) y G2 en los días 5, 7, 9 y 11 (30, 32.2, 33.4 y 32.5, respectivamente). En contraste, los valores más bajos se observaron en él TE en los días 3 y 5 (6.8 y 5.8), además de 1-MCP en los días 7, 9 y 11 (9.6, 6.8 y 5).

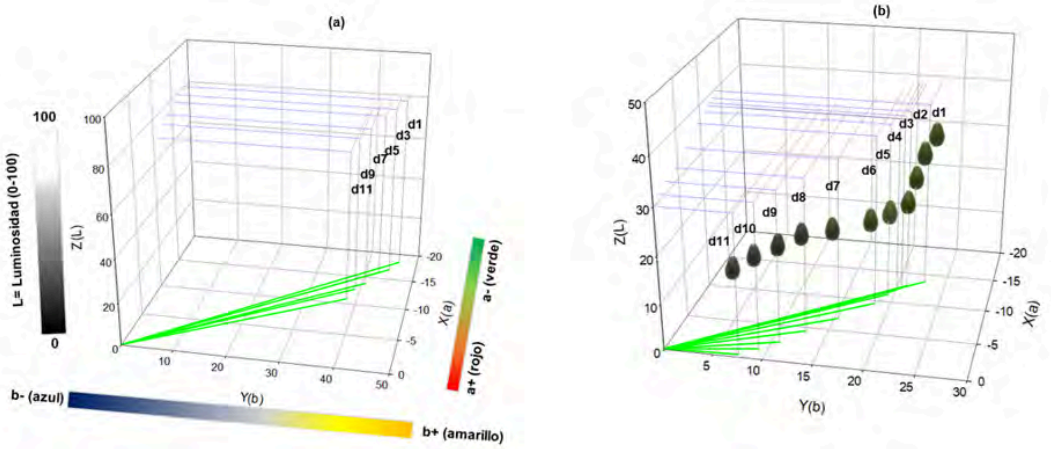
En el índice de saturación, la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos durante los 11 días poscosecha (p= 0.0216, 0.0022, 0.0017, 0.0005, 0.0057 y 0.0011).

El tratamiento 1-MCP tuvo las mayores medianas a lo largo del periodo evaluado (33.8, 36.2 y 36.9, en los días 1, 3, y 5, respectivamente, además de 38 en los días 7, 9 y 11). En contraste, los valores más bajos se observaron en G1 en el día 1 (9.4), AAS y G1 en el día 3 (10.8), AAS en el día 5 (8) y G2 en los días 7, 9 y 11 (8.5, 10.4 y 7.9, respectivamente).



DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Figura 3. Evolución del color en pulpa (a) y cáscara (b) de aguacate 'Hass', en el tratamiento testigo (TE). Donde: d1= día 1 poscosecha.



En la cáscara se registraron valores de luminosidad inferiores a los de pulpa, los frutos con EP, AAS y A2 retardaron dos días el cambio de color verde a negro, en comparación al TE, que ocurrió en el día 7 postcosecha (Figura 3). En el caso de 1-MCP la cáscara se mantuvo de color verde, lo cual se debe principalmente al retraso de la degradación de clorofilas.

La variable 'a' paso de valores más a menos negativos y 'b' fue disminuyendo al transcurrir los días, esto se vio reflejado en el cambio de color de la cáscara, de verde a púrpura oscuro o negro y se atribuye a la degradación de clorofilas que permiten visualizar la presencia de antocianinas.

En el ángulo Hue existió un desplazamiento hacia el origen del plano (Figura 3), y la prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en los días 6 y 7 ($p= 0.0128$ y 0.0208, respectivamente). El tratamiento 1-MCP presentó las mayores medianas (37.2 y 37.4), mientras que los valores más bajos se observaron en A1 en el día 6 (10), y G2 en el día 7 (8.8).

El índice de saturación mostró una disminución en sus valores durante postcosecha, y la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en los días 9, 10 y 11 ($p= 0.0280$, 0.0325 y 0.0302). El tratamiento 1-MCP tuvo la mayor mediana (38), mientras que él TE registró los valores más bajos (11.4, 11.6 y 12, respectivamente).

Conclusiones

Las soluciones acuosas permitieron conservar por más tiempo la firmeza y retardar el cambio de color en la cáscara de verde a negro en comparación con el testigo, destacando los tratamientos G2 y AAS como las alternativas más eficaces. Sin embargo, el tratamiento con 1-metilciclopropeno tuvo un efecto superior en prolongar la vida de anaquel y conservar la calidad del fruto.

Agradecimientos

A la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, SC., que a través de la Dra. María de la Cruz Espíndola Barquera brindó apoyo para la realización de este proyecto.

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Bibliografía

1 Balaguera-López, H. E.; Salamanca-Gutiérrez, F. A.; García, J. C. y Herrera-Árevalo, A. 2014. Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 8(2):302-313. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias-horticolas/article/view/3222.

2 Días, C.; Ribeiro, T.; Rodríguez, A. C.; Ferrante, A.; Vasconcelos, M. W. and Pintado, M. 2021. Improving the ripening process after 1-MCP application: implications and strategies. Trends in Food Science and Technology. 113:382-396. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.012.

3 El-Sharkawy, I.; Sherif, S.; Qubbaj, T.; Sullivan, A. J. and Jayasankar, S. 2016. Stimulated auxin levels enhance plum fruit ripening, but limit shelf#life characteristics. Postharvest Biology and Technology. 112:215-223. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.012.

4 Feng, X.; Apelbaum, A.; Sisler, E. C. and Goren, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 20(2):143-150. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00126-5.

5 Herrera-González, J. A.; Bautista-Baños, S.; Salazar-García, S. y Gutiérrez-Martínez, P. 2020. Manejo postcosecha aguacate: situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate 'Hass' para exportación en Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11(7):1647-1660. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2402.

6 Kathimba, F. K.; Kimani, P. M.; Narla, R. D. and Kiirika, L. M. 2022. Effect of storage temperature on fruit firmness and weight loss of nine tomato lines. African Journal of Plant Science. 16(10):276-284. https://academicjournals.org/journal/AJPS/article-full-text/79AAA1E70042.

7 Lancaster, J. E.; Lister, C. E.; Reay, P. F. and Triggs, C. M. 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. Journal of the American Society for Horticultural Science. 122(4):594-598. https://doi.org/10.21273/JASHS.122.4.594.

8 Lufu, R.; Ambaw, A. and Opara, U. L. 2024. Mechanisms and modelling approaches to weight loss in fresh fruit: A review. Technology in Horticulture 4:e006. https://doi.org/10.48130/tihort-0024-0003.

9 FAOSTAT. 2024. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Base de datos estadísticos sobre alimentación y agricultura. https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL.

10 Osuna, J. A.; Nolasco, Y.; Herrera, J. A.; Guzmán, S. H. and Álvarez, A. 2017. Influence of climate and roughness on the tolerance to refrigeration of avocado 'Hass'. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(19):3911-3921. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.660.

11 Ramos, Â. P.; Zanardi, A. M.; Amarante, C. V. T.; Steffens, C. A. and Pereira-Netto, A. B. 2019. Effects of an auxin and a brassinosteroid on physical, chemical and biochemical attributes of 'Galaxy' apples. Ciência Rural. 49(4):1-10. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180311.

12 Richards, A.; Kattelmann, K. K. and Ren, C. 2006. Motivating 18- to 24-year-olds to increase their fruit and vegetable consumption. Journal of the American Dietetic Association. 106(9):1405-1411. https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.06.005.

13 Rodríguez-Guzmán, C. A.; Montaño-Leyva, B.; Velázquez-Estrada, R. M.; Sánchez-Burgos, J. A.; García-Magaña, M. de L.; González-Estrada, R. R. y Gutiérrez-Martínez, P. 2021. Estado actual de métodos alternativos de control de hongos y su efecto en la calidad postcosecha de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*). TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 24:1-15. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.388.

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

14 Ruiz-Aracil, M. C.; Valverde, J. M.; Ilea, M. I. M.; Valero, D.; Castillo, S. and Guillén, F. 2024. Innovative postharvest management for Hass avocado at the preclimacteric stage: A combined technology with GABA and 1-MCP. Foods. 13(16):1-16. https://doi.org/10.3390/foods13162485.

15 Saltveit, M. E. and Sharaf, A. R. 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(5):793-798. https://doi.org/10.21273/JASHS.117.5.793.

16 Sanches, A. and Repolho, R. 2022. Exogenous salicylic acid preserves the quality and antioxidant metabolism of avocado 'Quintal' cultivar. Journal of Horticulture and Postharvest Research. 5(1):79-92. https://doi.org/10.22077/jhpr.2022.4820.1249.

17 SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción mensual agrícola, por cultivo: aguacate. https://nube.agricultura.gob.mx/datosAbiertos/Agricola.php.

18 Sharma, N.; Bakshi, P.; Dhotra, B.; Sheikh, Z. N.; Alharby, H. F.; Hakeem, K. R.; Alzahrani, O. R. and Rahimi, M. 2026. Integrated preharvest salicylic acid maleic hydrazide and postharvest 1-MCP delay softening and preserve strawberry quality during cold storage. Scientific Reports. Advance online publication. 16(4723):1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-026-36487-1.

19 Tesfay, S. Z. and Magwaza, L. S. 2017. Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. Food Packaging and Shelf Life. 11:40-48. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.12.001.

20 Yadav, S.; Yadav, S. P.; Adhikari, N.; Sah, R. K. and Gupta, S. 2022. Effects of gibberellic acid ($GA_{\#}$) on shelf life and physiochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. var Bombay Green). Archives of Agriculture and Environmental Science. 7(4):541-548. https://doi.org/10.26832/24566632.2022.0704010.

21 Zhang, Z.; Huber, D. J. and Rao, J. 2013. Antioxidant systems of ripening avocado (*Persea americana* Mill.) fruit following treatment at the preclimacteric stage with aqueous 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 76:58-64. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.003.



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i6.4259

Aplicación de soluciones para retrasar la maduración de aguacate 'Hass' en poscosecha

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9230
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)

Article/Issue Information
Date received: 01 March 2026
Date accepted: 01 May 2026
Publication date: 01 September 2026
Volume: 17
Issue: 6
Electronic Location Identifier: e4259
DOI: 10.29312/remexca.v17i6.4259

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

1-metilciclopropeno

ácido giberélico 3

auxinas

Counts

Figures: 3

Tables: 0

Equations: 4

References: 21