

## Efecto del aceite esencial de orégano sobre el fruto de aguacate *Persea americana*

J. Martínez-Rojas\*<sup>1</sup>, S.R. Sinagawa-García<sup>1</sup>, P. Preciado-González<sup>2</sup>, J.C. López-Puga<sup>3</sup>, D.S. Rico-Costilla<sup>3</sup>, A.I. Luna-Maldonado<sup>1</sup>, J.R. Kawas<sup>1</sup> y G. Méndez-Zamora<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex Hacienda el Canadá, General Escobedo, Nuevo León, México. C.P. 66050. Tel. (81) 1340 4399.

\*[jimena.martinezrjs@uanl.edu.mx](mailto:jimena.martinezrjs@uanl.edu.mx)

### RESUMEN

México es el principal productor mundial de aguacate, con desafíos en la cadena de suministro: reducir pérdidas en su producción. El objetivo del presente estudio se desarrolló para evaluar el aceite de orégano emulsificado (AEOE) en el aguacate analizando el peso, características métricas, color de la cáscara, pH y firmeza de la pulpa. Los grupos experimentales fueron T0: aguacates inmersos en agua sin AEOE, T200, T400 y T600: aguacates inmersos en agua con 200, 400 y 600 mg/L de AEOE, respectivamente. El peso más alto lo representó T400 y T200 menor pérdida de peso (PP). T200 y T600 presentaron mayor diámetro, y T200 la circunferencia más grande. L\*, a\*, b\* y Chroma (saturación) de la cáscara de los aguacates aumentaron para los aguacates tratados con AEOE. El efecto de los tratamientos fue significativo ( $p < 0.05$ ) para la firmeza, no así ( $p > 0.05$ ) en el pH, siendo T600 el mayor. El AEOE a una concentración de 600 y 400 mg/L en agua podría ser utilizado para retardar el cambio de color de los aguacates, mientras que a una concentración de 200 mg/L de AEO controlaría la pérdida de peso.

**Palabras clave:** calidad, color, emulsificación, firmeza, peso, pH.

### ABSTRACT

Mexico is the world's leading avocado producer, with challenges in the supply chain: reducing production losses. The present study was developed with the objective of applying emulsified oregano oil on avocado to evaluate its effect on peel by evaluating weight, metric characteristics, peel color, pH and firmness. The experimental groups were T0: avocados immersed in water without oregano essential oil (AEO), T200, T400 and T600: avocados immersed in water with 200, 400 and 600 mg/L of AEO, respectively. T400 had the highest weight and T200 the lowest weight loss (WL). T200 and T600 had the largest diameter, and T200 the largest circumference. L\*, a\*, b\* and Chroma (saturation) of avocado peel increased for those treated with AEOE. In pH and firmness, the effect of treatments was significant ( $p < 0.05$ ) for firmness, not so ( $p > 0.05$ ) in pH, with T600 being the highest. AEOE at a concentration of 600 or 400 mg/L applied in water immersion could be used to delay the color change of avocados, while at a concentration of 200 mg/L AEOE would control weight loss.

**Keywords:** quality, color, emulsification, firmness, weight, pH.

## INTRODUCCIÓN

México es el principal productor de aguacate en el mundo con el 30% de la producción (FAOSTAT, 2022). Este hecho destaca la importancia del aguacate en el sector agrícola y la cadena de suministro para satisfacer las necesidades de la población brindando un alimento de alta calidad al consumidor. El principal líder exportador y consumidor es México, con un total anual per cápita acerca de 8 kg (FAO, 2009). El aguacate (*Persea americana*) es un fruto climatérico que es utilizado en la industria alimentaria como producto procesado en pasta, salsa, trozos congelados, deshidratados y guacamole (Zafar y Sidhu, 2011; Duarte *et al.*, 2016).

En las cadenas de suministro alimentarias existen varios problemas relacionados con la conservación y la vida útil de los alimentos durante el transcurso de su producción y manejo. De la comida producida mundialmente para el consumo humano se estima que un tercio es desperdiciada, además de que las frutas y verduras tienen la tasa de desperdicio más alta (40-50%) entre las diferentes categorías de alimentos (FAO, 2011).

El color del aguacate cambia durante la maduración de verde a negro, así mismo el porcentaje de la humedad es modificado. La calidad está intrínsecamente relacionada al consumidor, debido a que poca calidad del producto repercute en no ser aceptable para su compra, sin importar el valor nutricional que contenga y finalmente será desperdiciado (Zafar y Sidhu, 2011). Lo cual representa una pérdida alimentaria, a causa de esto se está estudiando la incorporación de compuestos naturales, como sustitutos de los compuestos químicos sintéticos, proporcionando mejores atributos de calidad a los productos finales alimenticios (Paredes *et al.*, 2007).

Un constituyente que puede brindar mejor calidad física al fruto de aguacate pudiera ser el uso del aceite esencial de orégano (AEO). En México, el género más estudiado es *Lippia* (*L. berlanideri* o *L. graveolens*) perteneciente a la familia Verbenaceae, siendo el principal cultivo comercial en el mercado con una producción total del 35-40% mundial (Dunford y Silva, 2005; Cid-Pérez *et al.*, 2016), el cual posee propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Cui *et al.*, 2019; Aguilar-Sánchez *et al.*, 2019) debido a los principales componentes que posee como lo son el carvacrol y timol.

En el siglo XXI se ha incrementado la utilización de especies herbáceas, el AEO se ha utilizado en la industria alimentaria como potenciador de sabor, suplemento dietético, para conservación de alimentos crudos y procesados, reducción de hongos, aflatoxinas y esporas, así mismo para elevar la capacidad antioxidante y como uso antimicrobiano elevando la vida útil del producto y evitando tanto el crecimiento microbiano como la descomposición del mismo (Adame-Gallegos *et al.*, 2016; Portillo-Ruiz *et al.*, 2005; Gómez-Ramírez *et al.*, 2013).

La aplicación del AEO en la conservación del aguacate podría mejorar sus características biológicas manteniendo sus características físicas que pueden ser atractivas tanto para los proveedores como para los consumidores al apreciar los frutos con mejor calidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del aceite de orégano emulsificado en el peso, variables métricas, color de la cáscara, pH y firmeza de los aguacates.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Preparación del aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE) y soluciones.** El AEO (*Lippia berlandieri* Schauer) se obtuvo de la empresa Natural Solutions S.M.I., Ciudad Jiménez, Chihuahua, México; el AEO tuvo una composición principal de 60 % carvacrol y 3.5 % timol (36.5 % otros componentes minoritarios). La preparación de la solución con AEO fue realizado según el procedimiento realizado por Hashemi *et al.* (2017) con algunas modificaciones. El AEO fue emulsionado con Tween20 en una relación 50:50 (AEOE) mezclándolo manualmente en vaso de precipitado y temperatura ambiente ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) durante 15 min. Una vez preparado, el AEOE se colocó en un tubo eppendorf de 50 mL con tapa para almacenarlo y usarlo hasta la preparación de los tratamientos.

**Diseño experimental.** Un total de 60 aguacates (*Persea americana*) “Hass” fueron seleccionados de acuerdo a su tamaño, estado de madurez, ausentes de deterioro ocasionados por microorganismos y daños en la cáscara por manejo. Posteriormente, los aguacates fueron desinfectados como lo realizaron González-Cuello *et al.* (2017), mediante una solución de sanitizante cítrico orgánico (10 mL/L) durante 5 min y secados a temperatura ambiente, en seguida fueron divididos en cuatro grupos experimentales (un grupo control y tres tratamientos). Los tratamientos con AEOE consistieron en la preparación de tres soluciones en 12 L de agua purificada por tratamiento y los aguacates se sometieron a inmersión en la solución preparada con el AEOE durante 1 min.

Los grupos experimentales fueron T0: aguacates control en inmersión sin aceite esencial de orégano (AEO), T200: aguacates en inmersión con 200 mg/L de AEOE, T400: aguacates en inmersión con 400 mg/L de AEOE, y T600: aguacates en inmersión con 600 mg/L de AEOE. Cada tratamiento consistió en 15 aguacates. Una vez que los aguacates fueron tratados experimentalmente, se colocaron en toallas secantes, escurridos y secados a temperatura ambiente, evitando secarlos directamente. Después, los aguacates fueron colocados en anaqueles. El peso inicial de cada aguacate fue determinado antes de aplicar los tratamientos y se usó como efecto covariable en los análisis de los datos. Las variables se evaluaron 24 h después de haber aplicado los tratamientos.

**Variables evaluadas.** El peso, diámetro y circunferencia de cada aguacate fueron medidos. El pH de la pulpa del aguacate fue determinado con un electrodo de punción (HANNA; HI99163, Woonsocket RI, USA). La firmeza de los aguacates fue determinada utilizando un texturómetro TA.XT.Plus (Stable Micro Systems Serrey, England) por el método de Maftoonazad *et al.* (2007) con algunas modificaciones. Una sonda geometría Dia cylinder P15 (Stable Micro Systems, Serrey, England) fue utilizada para evaluar la firmeza. Las condiciones utilizadas en el instrumento fueron una velocidad pre-prueba de 5 mm/s, 2 mm/s durante la prueba y post-prueba, y una distancia de 10 mm. Curvas de fuerza-tiempo de deformación fueron obtenidas y la firmeza fue presentada en Newtons/mm. Las variables de color se determinaron directamente en la cáscara del fruto usando un colorímetro (SADT®, Chin Spec®, Color Difference Meter, Colorimeter-SC20, Beijing, China) midiendo  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (componente de verde a rojo),  $b^*$  (componente de azul a amarillo), Chroma (índice de saturación) y ángulo Hue (tonalidad).

**Análisis de datos.** En el análisis de los datos se consideró el peso inicial de los aguacates ( $\lambda$ ) como covariable y efecto del tratamiento ( $\tau_i$ ) en el modelo estadístico, expresado como  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \lambda + \varepsilon_{ij}$ . Después del análisis de la varianza (GLM; Minitab® (versión 17.3.0, 2014)) para cada variable por

influencia de los efectos fijos, la  $H_0$  se rechazó cuando el valor de probabilidad fue menor a 0.05 ( $P < 0.05$ ), y cuando ocurrió esto, una comparación de medias se realizó con la prueba estadística Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Peso y características métricas.** La Tabla 1 muestra el efecto del AEOE en el peso de los frutos, mientras que la Figura 1 presenta las características métricas (diámetro y circunferencia). El efecto de los tratamientos no fue significativo ( $p > 0.05$ ) sobre el peso, pérdida de peso (PP) y características métricas; sin embargo, T200 (200 mL/L de AEOE) presentó el valor alto del peso. T0 (tratamiento control sin AEOE) perdió más peso. T200 (200 mL/L de AEOE) y T600 (600 mL/L de AEOE) presentaron el mayor diámetro, y T200 obtuvo la circunferencia más grande y T600 la menor. T400 (400 mL/L de AEOE) presentó menor diámetro.

**Tabla 1.** Efecto del aceite esencial de orégano emulsificado en el peso de los aguacates.

Tratamientos <sup>1</sup>	Variables <sup>2</sup>		
	PI (g)	Peso (g)	PP (%)
T0	274.20 <sup>a</sup>	269.32 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>
T200	273.20 <sup>a</sup>	269.74 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>
T400	278.07 <sup>a</sup>	269.67 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>
T600	270.73 <sup>a</sup>	269.31 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>
EEM	6.07	0.95	0.35
P-values			
Tratamiento ( $\tau_i$ )	0.486	0.472	0.499

<sup>1</sup>T0: aguacates control en inmersión sin aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE); T200: aguacates en inmersión con 200 mg/L de AEOE; T400: aguacates en inmersión con 400 mg/L de AEOE; T600: aguacates en inmersión con 600 mg/L de AEOE. EEM: error estándar de la media. <sup>a</sup> Medias en columnas con diferente superíndice difieren estadísticamente entre tratamientos ( $p < 0.05$ ).

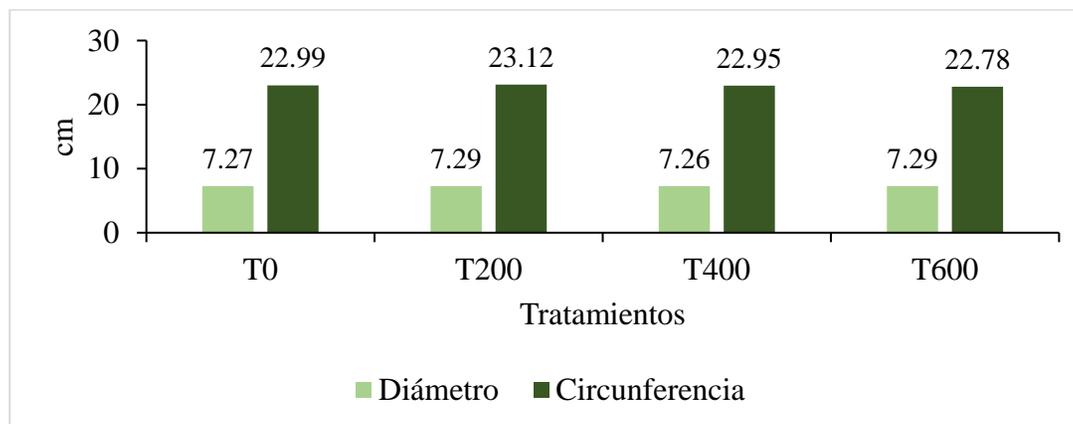
Como se ha mostrado en otras investigaciones en aguacate (Pérez *et al.*, 2004; Aguilar-Méndez *et al.*, 2008; Maftoonazad & Ramaswamy, 2008; Iñiguez-Moreno *et al.*, 2020) y en uva (Pastor, 2011), la PP incrementa durante el almacenamiento. En esta investigación el peso, PP, diámetro y circunferencia no se afectaron por los tratamientos. Aunque en pocas investigaciones (Ge *et al.*, 2017; Abraham *et al.*, 2018) han reportado el comportamiento del peso, diámetro y circunferencia en aguacates, los resultados de la presente investigación están dentro de los datos reportados.

En la investigación realizada por Manuwa y Mahummad (2010) reportaron que el tamaño de los frutos disminuye debido al incremento del contenido de la humedad, por lo cual se puede inferir que T200 tiene la menor humedad ya que es el que presenta mayor circunferencia y diámetro en la investigación. Así mismo, en el estudio realizado por Perdonés *et al.* (2016) en la aplicación de AEO en recubrimientos sobre tomate redujeron la PP de los frutos, sin afectar el peso de los frutos tratados y no tratados como sucedió en esta investigación.

En los frutos la aplicación de los tratamientos no presentó diferencia significativa en el presente estudio; esto se debe a que las nanoemulsiones como recubrimientos comestibles son sistemas de

tamaño submicrométrico, las cuales tienen pesos mínimos casi despreciables (Acosta, 2009; Mora-Huertas *et al.*, 2010; Ranjan *et al.*, 2014).

En el actual estudio fue encontrado que la PP, diámetro y circunferencia presentaron los valores bajos en aguacates tratados con AEOE.



**Figura 1.** Características métricas de los aguacates tratados con aceite esencial de orégano emulsificado.

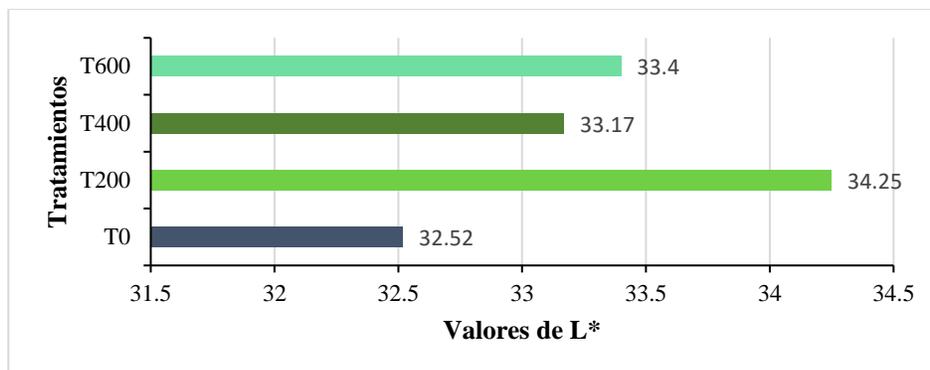
<sup>1</sup>T0: aguacates control en inmersión sin aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE); T200: aguacates en inmersión con 200 mg/L de AEOE; T400: aguacates en inmersión con 400 mg/L de AEOE; T600: aguacates en inmersión con 600 mg/L de AEOE.

**Color de la cáscara del aguacate.** El AEOE usado para evaluar el efecto sobre las mediciones de las variables de color en la cáscara de los aguacates es presentado en la Tabla 2. Todas las variables resultaron iguales ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. El T200 (200 mL/L de AEOE) presentó los valores altos para las variables de  $L^*$ ,  $b^*$  y Chroma, mientras que para  $a^*$  y ángulo Hue, T400 (400 mL/L de AEOE) tuvo los valores altos. Los valores bajos de  $L^*$ ,  $b^*$  y Chroma fueron obtenidos por el T0 (aguacates control en inmersión de sin AEO).

Estudios realizados en la aplicación de recubrimientos y biopelículas (Saucedo-Pompa *et al.*, 2009; Mardigan *et al.*, 2014; Aguirre-Joya *et al.*, 2017) para el tratamiento de frutos de aguacate se han observado resultados similares en el color del fruto, conservando los valores para  $L^*$ ,  $a^*$  y Chroma; en otros casos (Jeong *et al.*, 2003; Maftoonazad y Ramaswamg, 2005; Ashton *et al.*, 2006; Aguirre-Joya *et al.*, 2017;) se obtuvo una ligera disminución; mientras que para aquellos frutos que no fueron tratados (frutos control), las variables resultaron menores en contraste a los sumergidos en agua con 200, 400 y 600 ml/L de AEOE.

En el presente estudio se obtuvieron resultados altos para los tratamientos que en el control en los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma (saturación) y el ángulo Hue (tonalidad) de la cáscara del aguacate; lo que puede demostrarse el efecto del AEOE para retardar el cambio de color de la cáscara de los aguacates inmersos en agua con 200, 400 y 600 mL/L de AEOE, ya que los valores de estos indicaron un color menos negro ( $> a^*$  y  $< Hue$ ). El retardo de cambio de color en los aguacates tratados con AEOE es debido al efecto del carvacrol y timol del AEO, los cuales presentan actividad antioxidante (Rodríguez-García *et al.*, 2015), y disminuyen la pérdida de color; datos similares fueron encontrados

por Saucedá-Pompa *et al.* (2009), Cenabio-Galindo *et al.* (2019) y Handayani *et al.* (2018) en recubrimiento de aguacates y disminuyeron la pérdida de color de la cáscara.



**Figura 2.** Luminosidad de los frutos sumergidos en aceite esencial de orégano emulsificado.

T0: aguacates en inmersión control sin aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE); T200: aguacates en inmersión con 200 mg/L de AEOE; T400: aguacates en inmersión con 400 mg/L de AEOE; T600: aguacates en inmersión con 600 mg/L de AEOE.

Los cambios de color presentados en la cáscara del aguacate se deben a la degradación de los pigmentos de clorofila del fruto, lo cual deriva las tendencias de color verde a amarillo y tendencia a tonalidades oscuras (Hndayin *et al.*, 2018). En los resultados obtenidos por Cox *et al.* (2004) mostraron un aumento en metabolitos como las antocianinas y cianidin-3-O-glucosidasa durante la evaluación de los cambios de color en la cáscara y pigmentos, las cuales aumentaban con la tonalidad negra del fruto y disminuyen las concentraciones de clorofila debido a su degradación; esto explica los resultados obtenidos para los aguacates del grupo experimental T0. De acuerdo con Lambert *et al.* (2001) y Dawidowics *et al.* (2014), los aceites esenciales presentan altos porcentajes de carvacrol, eugenol y timol que tienen altas propiedades antioxidantes, siendo reflejadas en T200 y T400.

**Tabla 2.** Aceite esencial de orégano emulsificado en el color de la cáscara de los aguacates.

Tratamientos <sup>1</sup>	Variables de color <sup>2</sup>			
	a*	b*	Chroma	Ángulo Hue
T0	-3.64 <sup>a</sup>	13.96 <sup>a</sup>	14.57 <sup>a</sup>	103.42 <sup>a</sup>
T200	-3.96 <sup>a</sup>	15.40 <sup>a</sup>	15.91 <sup>a</sup>	103.76 <sup>a</sup>
T400	-3.43 <sup>a</sup>	15.10 <sup>a</sup>	15.83 <sup>a</sup>	104.22 <sup>a</sup>
T600	-3.89 <sup>a</sup>	15.23 <sup>a</sup>	15.87 <sup>a</sup>	103.34 <sup>a</sup>
EEM	0.63	1.07	1.09	10.50
P-values				
Tratamiento ( $\tau_i$ )	0.666	0.115	0.484	0.786

<sup>1</sup>T0: aguacates en inmersión control sin aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE); T200: aguacates en inmersión con 200 ppm de AEOE; T400: aguacates en inmersión con 400 ppm de AEOE; T600: aguacates en inmersión con 600 ppm de AEOE. EEM: error estándar de la media.

<sup>a</sup> Medias (n=15/tratamientos) dentro de una misma columna, dentro de cada tratamiento, entre días y con diferentes superíndices en minúsculas son estadísticamente diferentes (p<0.05).

**pH y Firmeza.** El efecto de los tratamientos fue significativo (p<0.05) para la firmeza, no así (p>0.05) en el pH. La firmeza fue mayor (p<0.05) para T600, mientras que T0 fue menor (p<0.05).

La firmeza en los aguacates aumentó en aquellos frutos que fueron sumergidos en agua durante un minuto con 200, 400 y 600 mL/L de AEOE. El pH resultó bajo para T0, lo que indica un efecto de los tratamientos debido al AEO. Posiblemente, los poros de la cáscara del aguacate fueron alterados debido a la presencia de grupos fenólicos OH del aceite de orégano, lo que causó un efecto en la cáscara del aguacate. Por lo tanto, el proceso metabólico de maduración no incrementó. Saucedo-Pompa *et al.* (2009) observó un aumento del pH (7.5) al examinar los recubrimientos de aguacate con 2% de quitosano. Los resultados de pH obtenidos de los frutos en el presente estudio aumentaron, a mayor concentración de AEO en el recubrimiento, mayor fue el pH, lo cual fue similar a los resultados reportados por Saucedo-Pompa *et al.* (2009) al estudiar las propiedades físicas y el contenido microbiológico de la pulpa de aguacate “Hass”. El pH del aguacate tiende a tener valores cercanos a la neutralidad (Aguilo-Aguiayo *et al.*, 2014) a diferencia de la información obtenida para T400 y T600, que dieron los valores más altos de pH, a lo contrario por Pintó *et al.* (2001) quienes sugieren que debido al proceso de maduración del fruto y altos niveles de CO<sub>2</sub> resulta en la acidificación del citoplasma, obteniendo valores más bajos de pH. Los resultados actuales sugieren que los aguacates inmersos en agua con 400 y 600 mL de AEOE retardaron el proceso de maduración, ya que la firmeza fue mayor para esos tratamientos.

**Tabla 3.** Influencia del aceite esencial de orégano emulsificado sobre el pH y la firmeza de los aguacates.

Tratamientos <sup>1</sup>	pH	Firmeza (N)
T0	7.31 <sup>a</sup>	44.70 <sup>b</sup>
T200	7.21 <sup>a</sup>	47.78 <sup>b</sup>
T400	7.47 <sup>a</sup>	60.90 <sup>ab</sup>
T600	7.59 <sup>a</sup>	83.10 <sup>a</sup>
EEM	0.08	6.71
P-values		
Tratamiento ( $\tau_i$ )	0.868	0.015

<sup>1</sup>T0: aguacates en inmersión control sin aceite esencial de orégano emulsificado (AEOE); T200: aguacates en inmersión con 200 ppm de AEOE; T400: aguacates en inmersión con 400 ppm de AEOE; T600: aguacates en inmersión con 600 ppm de AEOE. EEM: error estándar de la media.

<sup>a</sup> Medias (n=15/tratamientos) dentro de una misma columna, dentro de cada tratamiento, entre días y con diferentes superíndices en minúsculas son estadísticamente diferentes (p<0.05).

## CONCLUSIÓN

Los aguacates inmersos en agua con 400 mg/L de aceite de orégano (T400) mejoró el peso y diámetro. Por otra parte, los frutos inmersos en agua con 200 mg/L de aceite de orégano (T200) disminuyeron el diámetro y pérdida de peso, pero una mayor circunferencia. Para las variables de color, 600 (T600) y 400 (T400) mg/L de aceite de orégano en agua retardaron la pérdida de tonalidad de color de la cáscara. Finalmente, el aceite esencial de orégano emulsificado a concentraciones de 400 y 600 ml/L en agua podría ser utilizado sobre aguacates ayudando a retardar los cambios de color sobre la cáscara y a 200 ml/L retarda la pérdida de peso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, J. D., Abraham, J., & Takrama, J. F. (2018). Morphological characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.) in Ghana. *African Journal of Plant Science*, 12(4), 88-97.
- Acosta, E. (2009). Bioavailability of nanoparticles in nutrient and nutraceutical delivery. *Current opinion in colloid & interface science*, 14(1), 3-15.
- Adame-Gallegos, J. R., Andrade-Ochoa, S., & Nevares-Moorillon, G. V. (2016). Potential Use of Mexican Oregano Essential Oil against Parasite, Fungal and Bacterial Pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* (19), 553-567.
- Aguilar-Sánchez, R., Munguía-Pérez, R., Reyes-Jurado, F., Navarro-Cruz, A. R., Cid-Pérez, T. S., Hernández-Carranza, P., Beristain-Bauza, S. C., Ochoa-Velasco, C. E., & Avila-Sosa, R. (2019). Structural, physical, and antifungal characterization of starch edible films added with nanocomposites and Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil. *Molecules*, 24(12), 2340.
- Aguilar-Méndez, M. A., Martín-Martínez, E. S., Tomás, S. A., Cruz-Orea, A., & Jaime-Fonseca, M. R. (2008). Gelatine–starch films: Physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(2), 185-193.
- Aguilo-Aguayo, I., Oms-Oliu, G., Martin-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2014). Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 320-326.
- Aguirre-Joya, J. A., Ventura-Sobrevilla, J., Martínez-Vazquez, G., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2017). Effects of a natural bioactive coating on the quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Food Packaging and Shelf Life*, 14(Part B), 102-107.
- Ashton, O. B., Wong, M., McGhie, T. K., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty P., & Woolf, A. B. (2006). Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 10151-10158.
- Cenobio-Galindo, A. J. de, Ocampo-López, J., Reyes-Munguía, A., Carrillo-Inungaray, M. L., Ca-wood, M., Medina-Pérez, G., Fernández-Luqueño, F., & Campos-Montiel, R. G. (2019). Influence of bioactive com- pounds incorporated in a nanoemulsion as coating on avocado

- fruits (*Persea americana*) during postharvest storage: Antioxidant activity, physicochemical changes and structural evaluation. *Antioxidants*, 8(10), 500.
- Cid-Pérez T. S., Nevárez-Moorillón G. V., Torres-Muñoz J. V., Palou E., & López-Malo A. (2016). Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* and *Poliomintha longiflora*) Oils. In: V. R. Preedy (Ed.). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press. pp. 551-560.
- Cox, K. A., McGhie, T. K., White, A., & Woolf, A. B. (2004). Skin colour and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31(3), 287-294.
- Cui, H., Zhang, C., Li, C., & Lin, L. (2019). Antibacterial mechanism of oregano essential oil. *Industrial Crops and Products*, 139, 111498.
- Dawidowicz, A. L., & Olszowy, M. (2014). Does antioxidant properties of the main component of essential oil reflect its antioxidant properties? The comparison of antioxidant properties of essential oils and their main components. *Natural product research*, 28(22), 1952-1963.
- Duarte, P. F., Chaves, M. A., Borges, C. D., & Mendonça, C. R. B. (2016). Avocado: characteristics, health benefits and uses. *Ciência rural*, 46, 747-754.
- Dunford N. T. and Silva V. R. (2005). Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexico oregano grown under controlled conditions. *Journal Veterinary Research* 15, 110-115.
- FAO (2009). Avocado Production in Asia and Pacific. Food and Agriculture Organization of United Nations Regional Office for Asia and the Pacific Bangkok and Thailand. Rap Publication 2000/09.
- FAO (2011). The State of Food and Agriculture 2011. In *Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*; FAO: Rome, Italy, 2011
- FAOSTAT (2022). Producción de cultivos. Obtenido de fao.org.com. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Acceso abril de 2022.
- Ge, Y., Si, X. Y., Cao, J. Q., Zhou, Z. X., Wang, W. L., & Ma, W. H. (2017). Morphological characteristics, nutritional quality, and bioactive constituents in fruits of two avocado (*Persea americana*) varieties from Hainan province, China. *Journal of Agricultural Science*, 9(2).
- Gómez-Ramírez C., Sosa-Morales M. E., Paulo E. and López-Malo A. (2013). *Aspergillus niger* time to growth in dried tomatoes 164, 23-25.
- González-Cuello, R., Pérez Mendoza, J., & Gelvez Ordóñez, V. (2017). Incremento en la vida útil post cosecha del aguacate (*Persea americana*) utilizando recubrimientos a base de goma gelana. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 101-110.
- Handayani, M. N., Karlina, S., Sugiarti, Y., & Cakrawati, D. (2018). Application of edible coating from cassava peel-bay leaf on avocado. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012168). IOP Publishing.
- Iniíguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., Barros-Castillo, J. C., Sandoval-Contreras, T., & Calderón-Santoyo, M. (2020). Sodium alginate coatings added with *Meyerozyma caribbica*: Postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111123.

- Jeong, J., Huber, D. J., & Sargent, S. A. (2003). Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biology and Technology* 28, 247-257.
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology*, 91(3), 453-462.
- Maftoonazad N., Ramaswamy. H. S., Moalemiyan. M., & Kushalappa A. C. (2007). Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydrate polymers* 68, 341-349.
- Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. *LWT - Food Science and Technology*, 38(6), 617-624.
- Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2008). Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados. *Journal of food processing and preservation*, 32(4), 621-643.
- Manuwa, S. I., & Muhammad, H. A. (2010). Moisture content and compression axis effects on mechanical properties of shea kernel. *Journal of Food Technology*, 8(3), 89-94.
- Mardigan, L., Kwiatkowski, A., Castro, J., & Clemente, E. (2014). Application of biofilms on fruits of avocado (*Persea Americana* Miller) in Postharvest. *International Journal of Sciences*.
- Mora-Huertas, C. E., Fessi, H., & Elaissari, A. (2010). Polymer-based nanocapsules for drug delivery. *International journal of pharmaceutics*, 385(1-2), 113-142.
- Paredes-Aguilar, M. C., Gastélum-Franco, M. G., Silva-Vázquez, R., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2007). Antimicrobial effect of mexican oregano (*Lippia Berlandieri* Schauer) and its essential oil against five vibrio species. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(3), 261-267.
- Pastor, C., Sánchez-González, L., Marcilla, A., Chiralt, A., Cháfer, M., & González-Martínez, C. (2011). Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 64-70.
- Perdones, Á., Tur, N., Chiralt, A., & Vargas, M. (2016). Effect on tomato plant and fruit of the application of biopolymer–oregano essential oil coatings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4505-4513.
- Perez, K., Mercado, J., & Soto-Valdez, H. (2004). Note. Effect of Storage Temperature on the Shelf Life of Hass Avocado (*Persea americana*). *Food Science and Technology International*, 10(2), 73-77.
- Pintó, E., Lenthalic, I., Vendrell, M., & Larrigaudière, C. (2001). Role of fermentative and antioxidant metabolisms in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(3), 364-370.
- Portillo-Ruiz, M. C., Viramontes-Ramos, S., Muñoz-Castellanos, L. N., Gastelum-Franco, M. G., & Nevarez-Moorillon, G. V. (2005). Antifungal activity of Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Shauer). *Journal of food protection*, 68(12), 2713-2717.

- Ranjan, S., Dasgupta, N., Chakraborty, A. R., Melvin Samuel, S., Ramalingam, C., Shanker, R., & Kumar, A. (2014). Nanoscience and nanotechnologies in food industries: opportunities and research trends. *Journal of nanoparticle research*, 16(6), 1-23.
- Rodríguez-García, I., Cruz-Valenzuela, M. R., Silva-Espinoza, B. A., González-Aguilar, G. A., Moctezuma, E., Gutiérrez-Pacheco, M. M., Tapia-Rodríguez M.R. Ortega-Ramírez L. A. & Ayala-Zavala, J. F. (2016). Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3772-3778.
- Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A. F., Saenz-Galindo, A., de La Garza, H., Jasso-Cantú, D., & Aguilar, C. N. (2009). Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, 42(4), 511-515.
- Zafar, T., & Sidhu, J. S. (2011). Avocado: production, quality, and major processed products. *Handbook of vegetables and vegetable processing*, 525-543.