

## Evaluación de calidad poscosecha de frutos de aguacate recubiertos con una nanoemulsión W/O

A.J. Cenobio-Galindo<sup>1</sup>, A.D. Hernández-Fuentes<sup>1</sup>, J.A Barrera-Jiménez<sup>1</sup>, D.E. Islas-Pérez<sup>1</sup>, J. Ocampo-López<sup>1</sup> y R.G. Campos-Montiel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario s/n Km.1 C.P. 43760, Tulancingo, Hgo., México. [anjec\\_hs@hotmail.com](mailto:anjec_hs@hotmail.com)

**RESUMEN:** El aguacate es un fruto ampliamente distribuido y consumido a nivel mundial, pero presenta una vida de anaquel bastante limitada, por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de una nanoemulsión de aceite esencial de naranja y extracto de *Opuntia oligacantha* en frutos de aguacate. La nanoemulsión se aplicó mediante un barnizado en tres tratamientos (nanoemulsión directa, nanoemulsión 1-2 y nanoemulsión 1-4) y se contó con un testigo, evaluando la pérdida de peso, color de cáscara, y la acidez titulable del fruto durante su almacenamiento (40 días), encontrando que la nanoemulsión resultó ser un recubrimiento eficaz ( $2.31 \pm 0.18$ ,  $2.13 \pm 0.99$  y  $2.26 \pm 0.62\%$  respectivamente) para evitar la pérdida de peso comparado contra el testigo ( $9.81 \pm 1.93\%$ ) desde el día 10. El color de la cáscara no se vio afectado durante el almacenamiento, logrando retardar la pérdida de la clorofila y la síntesis de compuestos oscuros, además que la acidez del fruto disminuyó más lenta que en el testigo. Los resultados indican que la aplicación de la nanoemulsión a los frutos de aguacate resultó adecuada al lograr retrasar los parámetros fisiológicos, siendo una alternativa muy prometedora para la prolongación de la vida útil de los frutos.

**Palabras clave:** *Opuntia oligacantha*, aceite esencial de naranja, maduración.

**ABSTRACT:** Avocado is a fruit widely distributed and consumed worldwide, but has a shelf life quite limited, therefore, the present study aims to determine the effect of the application of a nanoemulsion of orange essential oil and *Opuntia oligacantha* extract in avocado fruits. The dispersion was applied by means of a coating in three treatments (direct nanoemulsion, nanoemulsion 1:2 and nanoemulsion 1:4) and a control, evaluating weight loss, skin color, and titratable acidity of the fruit during storage (40 days), observing that was an effective coating ( $31.02 \pm 0.18$ ,  $2.13 \pm 0.99$  and  $2.26 \pm 0.62\%$  respectively) to prevent weight loss compared against the control ( $9.81 \pm 1.93\%$ ) from day 10. The color of the skin was not affected during storage, delaying the degradation of chlorophyll and the synthesis of dark compounds, the acidity of the fruit decreased more slowly than in the control. The results indicate that the application of nanoemulsion to avocado fruits was adequate to achieve delayed physiological parameters, being a very promising alternative for the prolongation of the useful life of the fruits.

**Keywords:** *Opuntia oligacantha*, orange essential oil, maturation.

**Área:** Frutas y hortalizas

### INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto originario de México, pero con un consumo global (Melgar et al., 2018). La demanda del aguacate está en constante aumento, ya que se reconoce como un alimento con características nutricionales excelentes (Zhou et al., 2016). Desafortunadamente, el principal problema al que se enfrentan los productores, comercializadores y consumidores de aguacate es la corta vida de anaquel, solo dura 3-5 semanas en condiciones óptimas de almacenamiento (temperatura, manejo y humedad relativa). Por tanto, es necesario desarrollar productos que ayuden a mejorar el tiempo de vida de estos frutos, que además sean naturales y respetuosos con el medio ambiente (Tesfay y Magwaza, 2017).

Existe un interés creciente en la formulación, preparación y utilización de nanoemulsiones de grado alimenticio debido a sus propiedades fisicoquímicas y mayor biodisponibilidad de los ingredientes activos encapsulados (Zhang et al., 2017). Gracias al tamaño de partícula pequeño, estas dispersiones tienen una excelente estabilidad a la separación y agregación (McClements y Rao, 2011).

El xoconostle (*Opuntia oligacantha*) es un fruto de clima semiárido, originario de la zona central de México, el cual se caracteriza por tener un sabor ácido (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2011). Existen reportes de que este fruto presenta un importante contenido de compuestos bioactivos, como polifenoles, y por esta razón se considera con un alto valor nutracéutico. Aún así, este fruto no se considera un alimento convencional en la dieta de los mexicanos, sin embargo, la producción de xoconostle y otros productos de *Opuntia* garantiza la subsistencia de un sector de la población en las regiones áridas y semiáridas de México. A pesar de todos los beneficios de este fruto, los compuestos bioactivos presentes en el fruto son afectados por el pH, oxígeno, exposición a la luz o temperatura, limitando su uso en la industria alimentaria (Pérez-Alonso *et al.*, 2015).

El aceite esencial de naranja (*Citrus X sinensis*) se encuentra entre los aceites esenciales importantes más comunes que se utilizan en las industrias de alimentos, cosméticos y farmacéuticas. Sus componentes incluyen limoneno (94%), mirceno (2%), linalol (0.5%), octanal (0.4%), decanal (0.4%) entre otros (Hashtjin y Abbasi, 2015). Aunque presenta propiedades interesantes, sus aplicaciones en la industria se ven normalmente afectadas por ciertos problemas, como su baja solubilidad en diversas matrices alimentarias, volatilidad e inestabilidad durante el procesamiento y almacenaje. Por tanto, es necesario incorporar este aceite en un sistema estable, como una nanoemulsión, que permita mantener sus características (Zhang *et al.*, 2014; Hashtjin y Abbasi, 2015).

En el presente trabajo se muestra que la nanoemulsión logró mantener las características poscosecha de los frutos de aguacate, evitando la pérdida de peso, manteniendo una acidez mayor que el testigo, así como una mejora en el color durante su almacenamiento. Por tanto, la nanoemulsión es un método eficaz para mantener la calidad durante el almacenamiento de frutos, siendo una alternativa muy prometedora para la prolongación de la vida útil de los frutos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron xoconostle variedad *Opuntia oligacantha* var. Ulapa, obtenido en el municipio de Tetepango, Hidalgo, México. Se utilizaron frutos en estado de madurez fisiológica, la extracción del filtrado de xoconostle se realizó de acuerdo con el trabajo realizado por Pérez-Alonso *et al.*, (2015). Como fase continua se utilizó aceite esencial de naranja (REASOL, México) y como emulsificante fue utilizada lecitina de soya (REASOL, México).

Para elaborar la nanoemulsión (W/O) los porcentajes que se utilizaron fueron 70% de aceite de naranja, 10% del filtrado de xoconostle y 20% lecitina de soya en estado líquido como tensoactivo. Esta mezcla se sometió a ultrasonido (Sonics Vibra-cell, EUA) con sonda de 6 mm de diámetro durante 20 intervalos de 50 segundos de sonicación con periodos de descanso de 10 segundos usando 80% de amplitud con una frecuencia de 20 kHz, una vez obtenida la nanoemulsión se conservó en refrigeración protegida de la luz hasta su análisis y utilización.

Los frutos de aguacate “Hass” fueron obtenidos de la zona productora de Uruapan, Michoacán, México. Se utilizaron frutos en madurez fisiológica homogéneos en peso y tamaño y fueron inmediatamente transportados bajo condiciones de refrigeración (6°C) hasta el laboratorio localizado en la ciudad de Tulancingo, Hidalgo, México. Los frutos fueron lavados y sanitizados con agua clorada (200 ppm) y secados a temperatura ambiente. Los frutos fueron recubiertos con nanoemulsión de forma directa, nanoemulsión diluida 1:2 con aceite mineral grado alimenticio (REASOL, México), nanoemulsión diluida 1:4 con aceite mineral grado alimenticio y un testigo sin la adición de nanoemulsión. Los frutos fueron conservados a 6°C y analizados 40 días.

Se determinó la pérdida de peso de acuerdo a Aguilar- Méndez *et al.*, (2008). Se determinó en los frutos por triplicado utilizando una balanza digital (OHAUS, USA). Para el cálculo de la pérdida de peso se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%Pp=(Pi-Pf)/Pi \times 100$$

Dónde: %Pp= porcentaje de pérdida de peso, Pi= peso inicial, Pf= peso final.

Tabla I. Color en cáscara de aguacate									
	Días								
	0	20	40	0	20	40	0	20	40
	L*			a*			b*		
T	35.78±1.70 <sup>a</sup>	29.60±1.03 <sup>a</sup>	27.13±1.64 <sup>a</sup>	-7.38±0.84 <sup>a</sup>	-0.03±0.02 <sup>d</sup>	2.19±0.31 <sup>c</sup>	29.78±1.65 <sup>a</sup>	32.32±1.54 <sup>a</sup>	25.77±0.84 <sup>a</sup>
ND	35.01±1.47 <sup>a</sup>	30.47±1.37 <sup>a</sup>	28.02±0.09 <sup>a</sup>	-6.90±1.53 <sup>a</sup>	-1.26±0.23 <sup>c</sup>	1.49±0.14 <sup>b</sup>	30.08±1.31 <sup>a</sup>	31.72±1.44 <sup>a</sup>	22.51±0.99 <sup>b</sup>
N1-2	34.57±1.52 <sup>a</sup>	31.74±1.33 <sup>a</sup>	28.06±0.23 <sup>a</sup>	-7.11±0.73 <sup>a</sup>	-2.54±0.24 <sup>b</sup>	1.13±0.61 <sup>ab</sup>	30.11±1.81 <sup>a</sup>	28.14±2.32 <sup>a</sup>	26.01±1.46 <sup>a</sup>
N1-4	35.09±2.18 <sup>a</sup>	29.74±1.42 <sup>a</sup>	29.08±1.34 <sup>a</sup>	-7.24±0.6 <sup>a</sup>	-3.51±0.33 <sup>a</sup>	0.82±0.48 <sup>a</sup>	29.83±1.24 <sup>a</sup>	30.73±1.72 <sup>a</sup>	26.70±0.83 <sup>a</sup>

Las diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos (p<0.05) al mismo día de análisis

El color de la cáscara se determinó en la región ecuatorial del fruto, utilizando un colorímetro CM-508d (Minolta, Tokio) para evaluar los parámetros L\*, a\* y b\*. Se realizaron 5 mediciones en cada fruto y se examinaron 10 frutos por tratamiento a cada día de análisis (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

La acidez titulable se determinó siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (1990).

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar en los diferentes parámetros a evaluar, y cuando existieron diferencias significativas se realizó la comparación de medias por el método Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pérdida de peso

La figura 1 muestra el resultado obtenido para la pérdida de peso en frutos de aguacate. Se observa que el testigo presenta un mayor porcentaje de pérdida, acentuándose a partir del día 10 (9.81±0.93) comparado con los demás tratamientos (2.31±0.18, 2.13±0.98, 2.26±0.61 para T, ND, N1-2 y N1-4 respectivamente), esto indica que los aguacates que estaban recubiertos con nanoemulsión pierden peso con menor velocidad. La pérdida de peso en poscosecha se atribuye principalmente a transpiración causada por un déficit de presión de vapor del producto con relación a su entorno (Espinosa-Cruz *et al.*, 2014). Sellamuthu *et al.*, (2013) encontraron que la pérdida de peso disminuía al aplicar vapor de aceite de tomillo y envasado en atmósfera modificada en aguacates de diferentes cultivares.

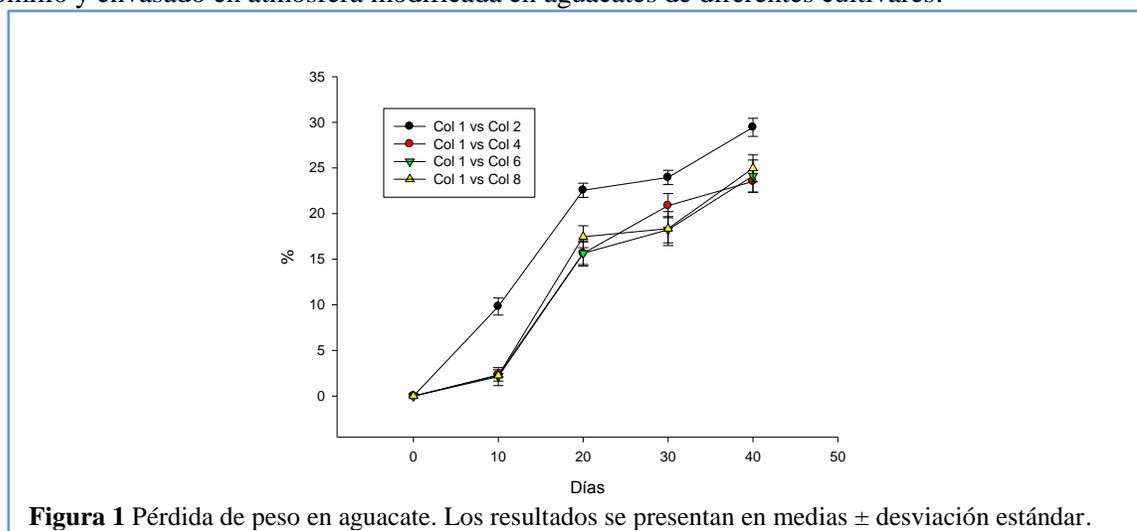


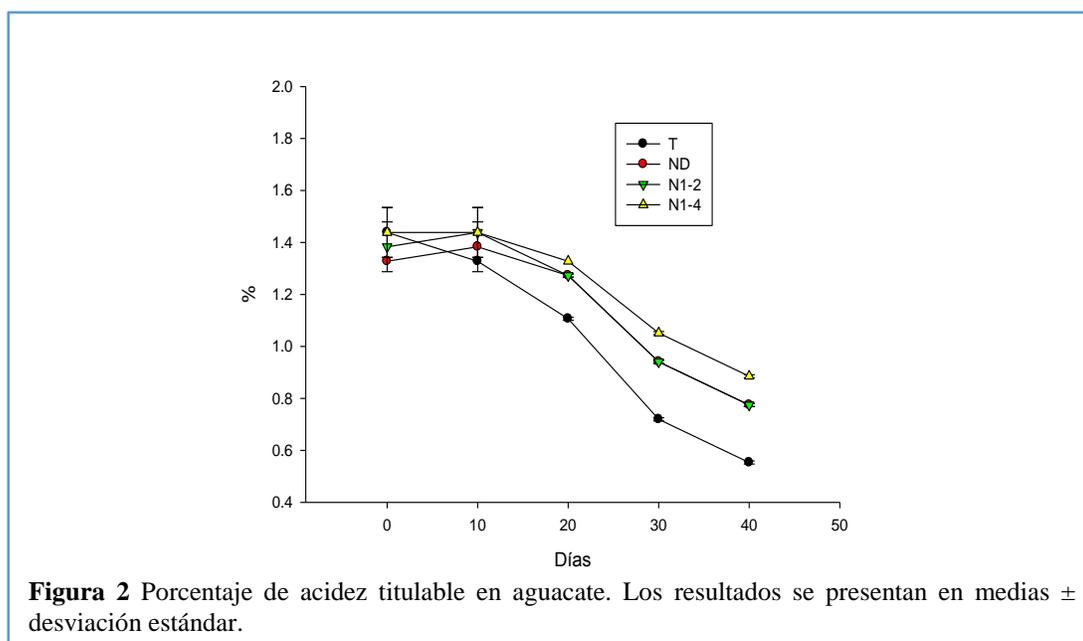
Figura 1 Pérdida de peso en aguacate. Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar.

### Color

Los resultados se observan en la tabla 1, donde para el parámetro  $L^*$  no existen diferencias ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos, pero tienden a una disminución respecto al tiempo para todos, esto indica cada vez menos luminosidad, la disminución de  $L^*$  se ha relacionado con la síntesis de algunas antocianinas como cianidina 3-O-glucósido que confiere colores oscuros (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011). El parámetro  $a^*$  indica que el color verde presenta una disminución respecto al tiempo, presentando una mayor disminución del color verde en T, lo que indica una maduración más rápida y se asocia a la degradación de la clorofila (figura 2). El parámetro  $b^*$  indicó una disminución en los tratamientos existiendo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), comportamiento asociado con la degradación de algunos carotenoides presentes en la cáscara. Villa-Rodríguez *et al.* (2011) evaluaron los cambios durante la maduración de frutos de aguacate, encontrando que existe un cambio de color respecto al tiempo, relacionado con la degradación (clorofila principalmente) y síntesis de compuestos.

### Acidez titulable

La figura 2 muestra el resultado para acidez titulable donde se observan diferencias significativas entre los tratamientos a partir de día 20, donde se observa que T presenta valores más bajos para acidez ( $1.10 \pm 0.05$  %) comparado con los demás tratamientos ( $1.27 \pm 0.08$ ,  $1.27 \pm 0.05$ ,  $1.32 \pm 0.01$  % para ND, N1-2 y N1-4 respectivamente). La disminución de la acidez puede atribuirse al consumo de moléculas orgánicas para proporcionar la energía requerida por el fruto, además muchos de los ácidos orgánicos pueden participar como precursores de sustancias volátiles, las cuales aumentan durante este período (Park *et al.*, 2006). Márquez *et al.*, (2014) determinaron acidez en frutos de aguacate encontrando que existe una disminución respecto al tiempo, comportamiento similar al obtenido en el presente estudio.



De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que la nanoemulsión W/O puede ser utilizada como recubrimiento para frutos de aguacate, pues demostró ser un método eficaz para mantener la calidad poscosecha, permitiendo mantener el porcentaje de humedad y la acidez del fruto, así como mantener los atributos de color respecto al tiempo.

### BIBLIOGRAFÍA

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.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. *Association of Official Analytical Chemist*, Washington, DC, 1141 pp.
- Gallegos-Vázquez, C., Barrientos-Priego, A. F., Reyes-Agüero, J. A., Núñez-Colín, C. A., & Mondragón-Jacobo, C. 2011. Clusters of commercial varieties of cactus pear and xoconostle using UPOV morphological traits. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 13(1).
- Hashtjin, A. M., & Abbasi, S. 2015. Nano-emulsification of orange peel essential oil using sonication and native gums. *Food Hydrocolloids*, 44, 40-48.
- 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.
- Márquez, C. J., Yepes, D. P., Sanchez, L., & Osorio, J. A. 2017. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia.
- McClements, D. J., & Rao, J. 2011. Food-grade nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(4), 285-330.
- Melgar, B., Dias, M. I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., Barros, L., & Ferreira, I. C. 2018. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial crops and products*, 111, 212-218.
- Park, Y. S., Jung, S. T., & Gorinstein, S. 2006. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 108(1), 22-28.
- Pérez-Alonso, C., Campos-Montiel, R. G., Morales-Luna, E., Reyes-Munguía, A., Aguirre-Álvarez, G., & Pimentel-González, D. J. 2015. Estabilización de compuestos fenólicos de *Opuntia oligacantha* Först por microencapsulación con agave SAP (aguamiel). *Revista mexicana de ingeniería química*, 14 (3), 579-588.
- Sellamuthu, P. S., Sivakumar, D., Soundy, P., & Korsten, L. 2013. Essential oil vapours suppress the development of anthracnose and enhance defence related and antioxidant enzyme activities in avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81, 66-72.
- Tesfay, S. Z., & 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.
- Villa-Rodríguez, J. A., Molina-Corral, F. J., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., & González-Aguilar, G. A. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International*, 44(5), 1231-1237.
- Zhang, S., Zhang, M., Fang, Z., & Liu, Y. 2017. Preparation and characterization of blended cloves/cinnamon essential oil nanoemulsions. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 316-322.
- Zhang, Z., Vrieskoop, F., Yuan, Q., & Liang, H. 2014. Effects of nisin on the antimicrobial activity of D-limonene and its nanoemulsion. *Food chemistry*, 150, 307-312.
- Zhou, L., Tey, C. Y., Bingol, G., & Bi, J. 2016. Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 61-67.