

Fisiología poscosecha de tomates orgánicos y convencionales

Carolina N. Reséndiz Nava^{1a}, María G. Rendón Ducoing^{2a}, Ángel R. Flores Sosa^{3a}, Gerardo M. Nava^{4a}, Ma. E. Vázquez Barrios^{5a}, Dulce M. Rivera Pastrana^{6a}, Fernando Alonso Onofre^{7b}, Edmundo M. Mercado Silva^{8a}

^aDepartamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

^bCentro Universitario CEICKOR.

¹carolina.resendiz.90@gmail.com; ²lupitarendon1997@gmail.com; ³angel_ramon08@hotmail.com; ⁴gerardomnava@gmail.com;

⁵mevazquez@uaq.edu.mx;

⁶dulceriverap@gmail.com;

⁷fernando.alonso@centrouniversitarioceickor.edu.mx; ⁸mercado501120@gmail.com

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más comercializada a nivel mundial. En México, 20 % de la producción nacional se produce bajo cultivos hidropónicos, ya sea bajo sistemas de producción convencional u orgánico. La producción de tomate orgánico se ha triplicado en la última década debido a la demanda de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles. Sin embargo, existe escasa información acerca de la fisiología poscosecha y la vida de anaquel de tomates producidos en sistemas de cultivo convencional y orgánico. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento poscosecha de tomates (cv. *Merlice*) cultivados en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos durante su almacenamiento por 16 días a 12 °C. Al final del periodo de almacenamiento, los tomates convencionales y orgánicos presentaron índices de color (a^*) comparables. Sin embargo, el porcentaje de pérdida de peso fue mayor en tomate orgánico que en el convencional (5 % y 2 %, respectivamente) al igual que la pérdida de firmeza (48 % y 27 %, respectivamente). Los resultados obtenidos indicaron que el tomate hidropónico orgánico posee menor vida de anaquel que los frutos del sistema hidropónico convencional. Estas diferencias podrían estar asociadas a una mayor tasa de respiración, transpiración y actividad de enzimas degradadoras de pared celular en los frutos orgánicos. Esta información puede servir como un marco de referencia para establecer estrategias pre y poscosecha para aumentar la vida de anaquel de los frutos orgánicos.

Palabras clave: hidroponía, orgánico, poscosecha, tomate.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the second most traded vegetable worldwide. In Mexico, 20% of the national production is produced under hydroponic crops, either under conventional or organic production systems. Organic tomato production has tripled in the last decade due to consumer demand for healthier and more sustainable food. However, there is scarce information about postharvest physiology and shelf life of tomatoes produced in conventional and organic farming systems. The objective of this work was to study the postharvest behavior of tomatoes (cv. *Merlice*) grown in conventional and organic hydroponic systems during storage for 16 days at 12 °C. At the end of the storage period, conventional and organic tomatoes showed comparable color indices (a^*). However, the percentage of weight loss was higher in organic tomatoes than in conventional tomatoes (5 % and 2 %, respectively) as was the loss of firmness (48 % and 27 %, respectively). The results obtained indicated that the organic hydroponic tomato has a shorter shelf life than fruits from the conventional hydroponic system. These differences could be associated with a higher rate of respiration, transpiration and cell wall degrading enzyme activity in organic fruits. This information can serve as a frame of reference to establish pre- and postharvest strategies to increase the shelf life of organic fruit.

Key words: hydroponic, organic, postharvest, tomato

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más comercializada a nivel mundial; anualmente se producen ~182 millones de toneladas de frutos de tomate (FAOSTAT, 2019; Quinet et al., 2019). En México, el tomate es la hortaliza de mayor producción; se estima que, en promedio, se cosechan ~3.5 millones de toneladas anualmente (SIAP, 2020). Actualmente, ~20 % de la producción nacional, se lleva a cabo en cultivos hidropónicos, ya sea bajo sistemas de cultivo convencionales u orgánicos (AMHPAC, 2018).

Los sistemas de producción orgánicos, a diferencia de los convencionales, no permiten el uso de fertilizantes, pesticidas, ni herbicidas químicos sintéticos (Araujo & Telhado, 2015); con lo que se pretende disminuir la contaminación de los mantos freáticos y suelo, así como mejorar la salud de los consumidores (Araujo & Telhado, 2015).

A nivel mundial, la producción de tomates orgánicos se ha triplicado en la última década (Araujo & Telhado, 2015). En México, la producción anual promedio de tomates orgánicos es de ~17 mil toneladas (CEDRSSA, 2015); con esto, se coloca como la hortaliza orgánica de mayor producción en el país.

El aumento en la demanda y producción de frutos orgánicos se debe principalmente a la exigencia de los consumidores por adquirir alimentos más saludables y sustentables (Araujo & Telhado, 2015). Sin embargo, diversos estudios han documentado que las diferencias en el manejo precosecha en los sistemas de producción convencional y orgánico impactan el rendimiento y la calidad poscosecha de los frutos (Ronga et al., 2015). Por ejemplo, se ha demostrado que el sistema de producción de tomate orgánico tiene de 16 % a 60 % menor rendimiento que el sistema de producción convencional (Mubarok et al., 2019; Ronga et al., 2015).

Algunos reportes revelan que los frutos producidos bajo los sistemas convencionales y orgánicos poseen valor nutricional comparable; esto es, niveles de β -caroteno, licopeno, ácido ascórbico y compuestos fenólicos (Kapoulas, Ilić, Đurovka, Trajković, & Milenković, 2011; Mubarok et al., 2019). Sin embargo, existe limitada evidencia acerca de la calidad y la fisiología poscosecha durante el almacenamiento de tomates cultivados en sistemas de producción hidropónico convencional y orgánico. Esta información es fundamental para estimar el valor comercial y establecer estrategias para alargar la vida de anaquel de estos frutos. A saber, la vida de anaquel del tomate está determinada por cambios fisiológicos en el fruto como la pérdida de la firmeza, pérdida de peso y la evolución del color. La alteración de estos parámetros disminuye el valor comercial de los frutos (Salas Méndez et al., 2019).

Para comparar la fisiología y vida de anaquel de tomates producidos en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos, el presente trabajo evaluó la evolución del color, la pérdida de peso y la disminución de firmeza, de frutos de tomate durante 16 días de almacenamiento a 12 °C.

METODOLOGÍA

Diseño experimental

Los frutos de tomate fueron recolectados de invernaderos ubicados en el Centro de Investigación y Capacitación Koppert Rapel en el Municipio de Colón, Querétaro. (20°42'22.5"N 99°56'27.6"W). Se cosecharon ~100 racimos de tomate cv. *Merlice*, de sistemas convencional y orgánico. Se seleccionaron los racimos con frutos en estado de madurez 3 (*turning*), de acuerdo con el índice de color de la USDA (USDA, 1991). Los frutos se almacenaron por 24 h a 12 °C para retirar el calor de campo. Los frutos seleccionados de cada sistema de producción (n = 45, por grupo) se pesaron individualmente y se almacenaron a 12 °C. La evaluación de la fisiología poscosecha se realizó a los días 0, 4, 8, 12 y 16 (n = 9/día/grupo) de almacenamiento continuo a 12 °C. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Evaluación de color

Se realizó la medición de color en tres puntos del diámetro ecuatorial de cada fruto, empleando un espectrofotómetro de reflectancia Konica Minolta modelo 600d (Osaka, Japón). El valor de a^* se registró para analizar el cambio de color rojo de los frutos de tomate durante los días de almacenamiento.

Evaluación de la pérdida de peso y firmeza

Los frutos se pesaron cada 4 días para determinar el porcentaje de pérdida de peso (%PP) mediante la siguiente fórmula:

$$\%PP = (W_i - W_f) / W_i * 100$$

Donde W_i es el peso inicial del fruto y W_f es el peso final en cada periodo de muestreo (Salas Méndez et al., 2019).

La firmeza de los frutos se evaluó mediante pruebas de compresión empleando un texturómetro Brookfield CT3 (MA., EE.UU.). Cada tomate se colocó de tal forma que la sonda del texturómetro penetrara, de manera perpendicular, el eje longitudinal del fruto. Se empleó una sonda cilíndrica de acrílico de 50.8 mm de diámetro y 2 cm de altura, viajando a una velocidad de 1 mm·s⁻¹; así, se obtuvo el registro de la fuerza necesaria hasta alcanzar una deformación en la altura de la muestra del 10 %. Los resultados de firmeza se expresaron en Newtons (N).

Análisis estadístico

El diseño experimental consistió de un solo factor (sistema de cultivo) con dos tratamientos, sistema de producción convencional y orgánico. Las variables respuesta se midieron por triplicado. Los datos fueron evaluados por un ANOVA; cuando se registraron diferencias significativas, se realizó una comparación de medias con la prueba t de *student*, con un valor de significancia $p < 0.05$. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa StatView 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de la fisiología poscosecha de frutos convencionales y orgánicos, reveló que al final del almacenamiento a 12 °C (16 días), no se observaron diferencias ($p > 0.05$) en la evolución del color rojo, expresado como índice a^* (Figuras 1 y 2). Al día 8 de almacenamiento, se observó mayor ($p < 0.05$) índice de color rojo en los frutos orgánicos, lo que sugiere un aumento en la tasa de maduración del fruto (Salas Méndez et al., 2019). Estos resultados contrastan con las observaciones de color reportadas para el cultivar *Vesuvian Piennolo* (Caruso et al., 2019); con esto se sugiere que los tomates orgánicos poseen menor índice de color rojo. Hasta nuestro mejor conocimiento, este es el primer reporte de la evolución del color de tomates cosechados en sistemas hidropónicos convencionales y orgánicos, durante su almacenamiento poscosecha.

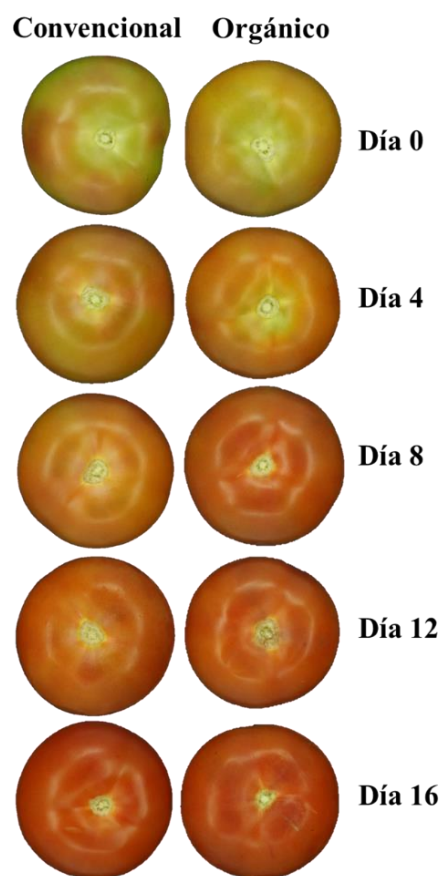


Figura 1. Apariencia visual de tomates cv. *Merlice*. Frutos cosechados de los sistemas hidropónicos convencional y orgánico,

durante el almacenamiento poscosecha durante 16 días a 12 °C. Fuente: Elaboración propia.

La pérdida fisiológica de peso durante el almacenamiento de los frutos es consecuencia de la disminución en el contenido de agua, debido al proceso de transpiración de los frutos (Salas Méndez et al., 2019). Este parámetro es considerado uno de los principales indicadores para evaluar la calidad comercial de los frutos de tomate (Salas Méndez et al., 2019). El presente trabajo reveló que, al día 16 de almacenamiento, los tomates orgánicos perdieron 2.5 veces más peso ($p < 0.05$) que los frutos del sistema convencional (Figura 3A). Frutos con pérdidas de peso $>5\%$ se consideran de calidad comercial no aceptable (Salas Méndez et al., 2019). Basado en este parámetro comercial, la vida de anaquel estimada de los tomates orgánicos cv. *Merlice* fue de 16 días, a partir de la cosecha de los frutos en estado de madurez 3 (*turning*).

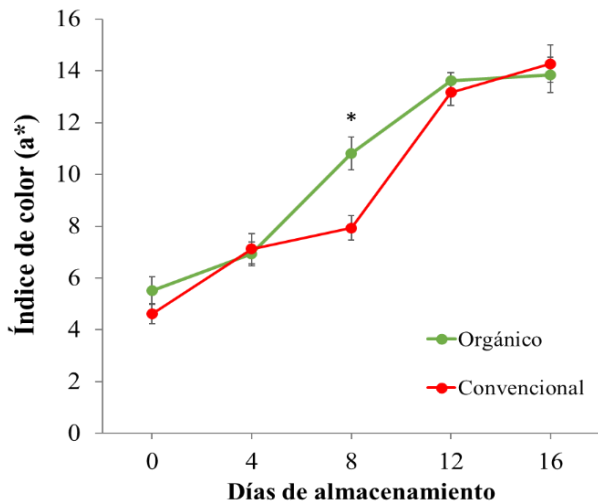


Figura 2. Evolución del color rojo (a^*) durante el almacenamiento poscosecha de tomate hidropónico orgánico y convencional. Los datos se presentan como medias \pm error estándar ($n = 9/\text{día/grupo}$). El asterisco (*) indica diferencias significativas: prueba t de *student* ($P < 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

La firmeza de los frutos de tomate disminuye durante el almacenamiento poscosecha, condición asociada al aumento de la pérdida de peso (Salas Méndez et al., 2019). Esta condición se observó al final del periodo de almacenamiento (16 días); el tomate convencional tuvo una disminución, en promedio, del 27 % en la firmeza; mientras que, en los tomates orgánicos, la firmeza disminuyó, en

promedio, 48 % (Figura 3B). Estos resultados indican que los tomates producidos en el sistema orgánico poseen una menor vida de anaquel.

La pérdida de peso y la disminución de la firmeza de los frutos durante el almacenamiento están asociadas a un aumento en las tasas de respiración, transpiración y actividad de enzimas de degradación de pared celular (Salas Méndez et al., 2019). Estos procesos fisiológicos están asociados con la respuesta a diferentes tipos de estrés tales como déficit de nutrientes, de agua, ataque de fitopatógenos, y alta concentración de sales (Le Gall et al., 2015).

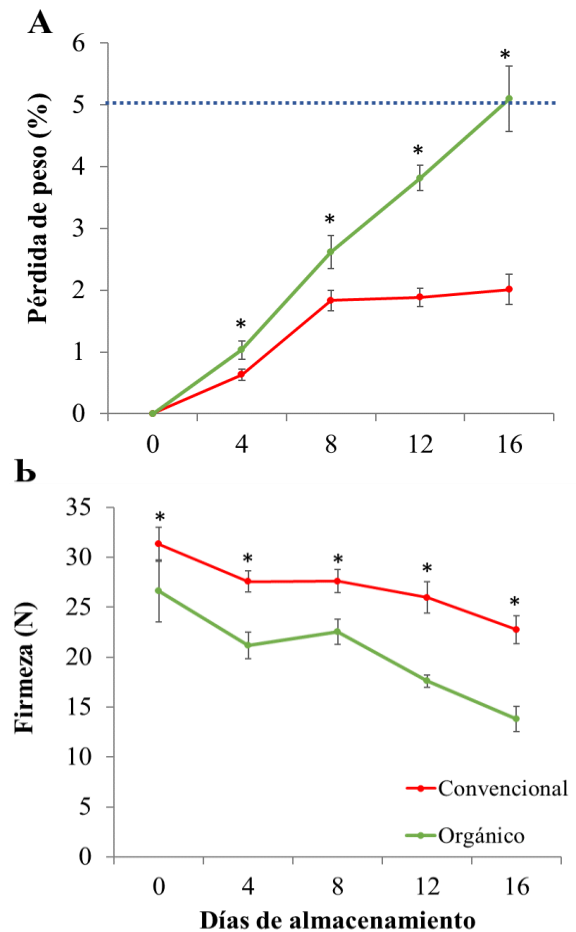


Figura 3. Evolución de la pérdida fisiológica de peso (3A) y disminución de la firmeza (3B) durante el almacenamiento de tomate orgánico y convencional. La línea punteada azul (3A) indica el valor de referencia (5% de pérdida de peso) correspondiente a calidad comercial no aceptable de los frutos. Los datos se presentan como medias \pm error estándar ($n = 9/\text{día/grupo}$). Los asteriscos (*) indican

diferencias significativas: prueba *t* de *student* ($P < 0.05$) ($n = 9$). Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

Los estudios de calidad y fisiología poscosecha de frutos de tomate procedentes de invernaderos hidropónicos revelaron que los tomates orgánicos pueden perder su valor comercial más rápidamente y, en consecuencia, acortar su vida de anaquel. Estos resultados destacan la necesidad de desarrollar estrategias pre y poscosecha para solucionar este problema en la producción de frutos de tomate en sistemas de producción hidropónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Mexicana de Horticultura Protegida AC (AMHPAC). (s.f.). *Agricultura Protegida en México*. Recuperado el 24 de octubre de 2021 de <http://amhpac.org/2018/images/PDFoficial/HorticulturaenMexico.pdf>
- Araujo, J. C., & Telhado, S. F. P. (2015). Organic Food: A Comparative Study of the Effect of Tomato Cultivars and Cultivation Conditions on the Physico-Chemical Properties. *Foods*, 4(3), 263-270. <https://doi.org/10.3390/foods4030263>
- Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E., Cuciniello, A., Cenvinzo, V., Bonini, P., & Roupael, Y. (2019). Yield and Nutritional Quality of Vesuvian Piennolo Tomato PDO as Affected by Farming System and Biostimulant Application. *Agronomy*, 9(9), 505. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090505>
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2015). *Productos Orgánicos en México*. Recuperado el 24 de octubre de 2021 de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/97Productos%20orgánicos%20en%20México.pdf>
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). (2019). Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Kapoulas, N., Ilić, Z. S., Đurovka, M., Trajković, R., & Milenković, L. (2011). Effect of organic and conventional production practices on nutritional value and antioxidant activity of tomatoes. *African Journal of Biotechnology*, 10(71), 15938-15945. <https://doi.org/10.5897/AJB11.984>
- Le Gall, H., Philippe, F., Domon, J. M., Gillet, F., Pelloux, J., & Rayon, C. (2015). Cell Wall Metabolism in Response to Abiotic Stress. *Plants (Basel, Switzerland)*, 4(1), 112-166. <https://doi.org/10.3390/plants4010112>
- Mubarok, S., Farhah, F. F., Anas, Suwali, N., Kurnia, D., Kusumiyati, ... Ezura, H. (2019). Data on the yield and quality of organically hybrids of tropical tomato fruits at two stages of fruit maturation. *Data in Brief*, 25, 104031. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104031>
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste Lisbona, F. J., Blanchard Gros, R., Bigot, S., Martinez, J. P., & Lutts, S. (2019). Tomato Fruit Development and Metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>
- Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., ... Pecchioni, N. (2015). Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. *Scientia Horticulturae*, 190, 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.027>
- Salas-Méndez, E. de J., Vicente, A., Pinheiro, A. C., Ballesteros, L. F., Silva, P., Rodríguez García, R. & Jasso de Rodríguez, D. (2019). Application of edible nanolaminate coatings with antimicrobial extract of *Flourensia cernua* to extend the shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 150, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.12.008>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Panorama Agroalimentario 2020*. Recuperado el 24 de octubre de 2021 de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020
- United States Department of Agriculture (USDA). (1991). *United States Standards for grades of fresh tomatoes*. Recuperado el 24 de octubre de 2021 de https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Tomato_Standard%5B1%5D.pdf