

Efecto de Tres Sistemas de Producción en Propiedades Físicoquímicas de Tomate Verde (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el Bajío Guanajuatense.

Cendejas-García V.¹, Martínez-Jaime O.A.¹, Abraham-Juárez M.R.^{2*}, Ozuna-López C., Ramos-Domínguez F.³.

¹Departamento de Agronomía de la División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. ² Departamento de Alimentos de la División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. ³ Semillas Harris Moran mexicana S.A. de C.V. Campo Experimental Mochis, Sinaloa. *mabraham@ugto.mx

RESUMEN:

El tomate verde se ha consolidado como una de las principales hortalizas por la importancia cultural en la dieta mexicana. Generalmente su cultivo se realiza con base en variedades nativas y criollas en diversos sistemas de producción, por lo que es necesario generar variedades mejoradas con rendimientos altos, y sobre todo que mejoren la calidad del fruto. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de los esquemas de manejo con riego por goteo y acolchado: a cielo abierto, a cielo abierto con envarado y en macrotúnel con envarado, sobre algunas propiedades fisicoquímicas del fruto. Utilizando 30 determinaciones de cada sistema, se realizó la comparación de muestras aleatorias independientes, concluyendo que para esta región con el genotipo de tomate verde utilizado, el tipo de manejo altera las características de color y pH pero no la firmeza ni los °Brix. El manejo a cielo abierto con acolchado debe preferirse sobre los demás, debido a que mejora las propiedades fisicoquímicas del tomate verde, con excepción del color, ya que proporcionó a los frutos menor pH, mayor resistencia a la penetración y un contenido un poco más alto de sólidos solubles totales.

Palabras clave: Horticultura protegida, Sistemas de producción, tomate verde, propiedades físico químicas.

ABSTRACT:

The green tomato has been consolidated as one of the main vegetables because of the cultural importance in the Mexican diet. Usually it's cultivation is made based on native and creole varieties in diverse systems of production, reason why it is necessary to generate improved varieties with high yields, and above all that to improve the quality of the fruit. The objective of the present work was to quantify the effect of management schemes with drip irrigation and mulching: open sky, open sky with wooden stick and in macro tunnel with wooden stick, on some physicochemical properties of the fruit. Using 30 determinations of each system, the comparison of independent random samples was carried out, concluding that for this region with the genotype of green tomato used, the type of management alters the characteristics of color and pH but not the firmness (Newtons) and the Brix; open sky handling with mulching should be preferred over the others, because it improves the physicochemical properties of green tomato, with the exception of color; as it provided the fruits with lower pH, higher resistance to penetration and a slightly higher content of total soluble solids.

Keywords: Protected horticulture, production systems, green tomato, chemical-physic properties.

INTRODUCCIÓN

El tomate verde, conocido también como tomate de cáscara, o tomate de hoja, o tomatillo, tiene su centro de origen y diversificación en México y Centroamérica (Santiaguillo y Blas, 2009), donde una de cada cinco especies del género *Physalis* es endémica. La especie de mayor importancia comercial que se ha cultivado es *Physalis ixocarpa*, y recientemente se ha encontrado a *Physalis angulata*, el resto son silvestres.

P. ixocarpa ocupa el quinto lugar en superficie sembrada con cultivos oléricos en México (SINAFERI, 2016). El tomate de cáscara se cultiva en 28 de los 32 estados de la República Mexicana, ocupando una superficie de 43,721 ha con una producción de 526,907 ton en el 2015; correspondiendo el 70% a riego y el 30% a temporal; particularmente, en Guanajuato se cultivan 1,282 ha de tomatillo (SIAP, 2016). Su cultivo se ha incrementado debido a que es una hortaliza que no requiere demasiados cuidados; no obstante, el rendimiento promedio nacional es bajo en relación con el potencial productivo de este cultivo, que se estima en 40 t ha⁻¹, alcanzar este rendimiento es posible con el uso de variedades mejoradas y técnicas adecuadas de manejo del cultivo. El consumo per cápita nacional (3.5 Kg) ha ido en aumento y su exportación a Estados Unidos de América y Canadá es cada vez mayor (Peña y Santiaguillo, 1999).

Para el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, la protección de los cultivos se ha convertido en una verdadera necesidad. Los consumidores demandan productos de excelente calidad, en cualquier época, sin daños por agentes climáticos, plagas ni enfermedades. Por su parte, los agricultores requieren de una alta productividad bajo sistemas forzados para mantener las exigencias de los mercados, lo que implica el uso de una serie de tecnologías que se enmarcan dentro del concepto de agricultura protegida (Santos y col., 2013), la cual hace referencia a toda estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas y flores en todo tiempo y bajo condiciones óptimas (Bastida y Ramírez, 2008). Las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí, por las características y complejidad de sus estructuras, así como por el nivel de capacidad de control ambiental. Una clasificación de los diversos tipos de protección, puede hacerse distinguiendo entre "mulching" o acolchado de suelos, cubiertas flotantes, micro y macro túneles, invernaderos y casas malla (Santos y col., 2013).

Los frutos del tomate de hoja poseen excelentes propiedades alimenticias, sensoriales, funcionales y terapéuticas provenientes de su contenido de carotenoides, fenoles y ácido ascórbico (González y col., 2011). Una característica importante es la firmeza o resistencia del fruto a la penetración, la cual tiene gran influencia en la duración de vida de anaquel (Martínez y col., 2007) y se considera como un atributo de calidad denotando frescura del producto (Surmacka, 2002); la acidez del fruto también es una propiedad que influye en el sabor, y por lo tanto en la calidad del fruto (García y col., 2009). El contenido de sólidos solubles totales depende de la acumulación de azúcares que realiza la planta y está asociado con el sabor del fruto (Jiménez y col., 2012), otra peculiaridad relacionada con la calidad, la constituye el color del fruto, el cual es posible cuantificar y estandarizar usando equipos y modelos cromáticos que describen matemáticamente la representación de las tonalidades utilizando espectrofotómetros o colorímetros (Yam y Papadakis, 2004).

Debido a la importancia que tiene el tomate verde en nuestro país como cultivo y como alimento, se planteó el presente trabajo con el propósito de evaluar el efecto de tres sistemas de producción de *P. ixocarpa* sobre algunas propiedades físico-químicas del fruto en la región del Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el Rancho Santa Lucía, ubicado en la Comunidad Cuarta Brigada, en el municipio de Irapuato, Guanajuato, con coordenadas geográficas 20°62'60.89" latitud norte y 101°27'38.21" longitud oeste y a 1710 msnm. La temperatura media anual del municipio es de 19°C, la temperatura mínima promedio es de 11.07°C en enero y la máxima promedio supera los 27.62°C en el periodo de mayo a julio (INIFAP, 2016).

El ensayo se realizó durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2016, considerando tres manejos que fueron: a cielo abierto con acolchado (CAA), a cielo abierto con acolchado y envarado (CAAE) y

bajo macro túnel con acolchado y envarado (MTAE). Se utilizó un solo genotipo de *P. ixocarpa* dentro de un marco de plantación de 40 cm entre planta y 1.5 m entre surcos, resultando en una densidad de 16,665 plantas/ha, aunque solo se destinaron 144 m² para cada esquema de producción.

Se consideraron como variables dependientes las características físicas (firmeza y color) y químicas (acidez y sólidos solubles totales). Se cosecharon 180 frutos en forma aleatoria de cada sistema de manejo, considerando como indicadores de madurez el llenado del cáliz y el tiempo transcurrido desde el amarre del mismo, formando 30 grupos de seis frutos y se colocaron en bolsas de papel, lo que arrojó un total de 30 muestras aleatorias por cada manejo. Posteriormente de cada grupo, se tomaron tres frutos para determinar firmeza en campo, y los otros tres fueron llevados al laboratorio, donde se les eliminó el cáliz y se lavaron con agua, dejándolos secar a temperatura ambiente con la finalidad de medir color en primera instancia, luego se procedió a moler los frutos para obtener el pH y los °Brix.

La firmeza se cuantificó con un penetrómetro modelo Fruit Test FT 20, marca Wanger, obteniendo el dato en kgf, para luego transformarlo a Newtons (N). Para obtener el contenido de sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro marca ATAGO de 0 a 33 °Brix, previamente calibrado, registrando las observaciones en °Brix. Se empleó un potenciómetro para la valoración del pH. Por último, los parámetros de color CIE-L*a*b*, fueron obtenidos con un espectrofotómetro marca ColorFlex, modelo EZ, previamente calibrado.

Para evaluar el efecto de los sistemas de producción sobre cada variable respuesta, se recurrió al contraste de muestras aleatorias independientes (prueba de F), y en caso de ser necesario, la posterior aplicación de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, P=0.05), para lo cual se usó el paquete estadístico Statgraphics (Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza. El valor del estadístico de prueba $F=0.12$ con una probabilidad $P=0.8906$ NS para la variable firmeza, permitió no rechazar la hipótesis nula que establece que las medias son estadísticamente iguales para los tres sistemas evaluados, encontrándose que la resistencia a la penetración en los frutos de tomate verde fueron 49.67 N para CAA, 49.44 N para CAAE y 48.85 N para MTAE. Durante la maduración de los frutos ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales que influyen en la producción de compuestos químicos que generan el sabor y aroma característicos de esta especie; asimismo, el ablandamiento de los tejidos varía de acuerdo a la especie y variedad y se debe a la degradación de pectinas y hemicelulosas de la pared celular por acción de diferentes enzimas hidrolíticas (Karakurt, 2007), factores que no se vieron afectados por los manejos aquí evaluados. Por su parte, García y col. (2008) reportaron resultados similares de resistencia a la penetración para otras variedades de tomate de cáscara, quienes mencionaron valores del orden de 44.10 N para frutos al momento del corte, aunque para uchuva (*Physalis peruviana* L.) se han obtenido valores de tan solo 7.5 N al momento del corte, lo que implica que este fruto posee una resistencia a la penetración muy inferior a la del tomate verde.

Color. En lo que respecta a la percepción visual, el espacio de color CIE-L*a*b* describe todos los colores que puede percibir el ojo humano a partir de sus tres coordenadas: L*a*b*, y es aceptado internacionalmente para evaluar el color en los alimentos y otros productos industrializados (León y col., 2006). Para la coordenada L*, se obtuvo un valor de $F=3.20$ con $P=0.0456^*$, por lo que al no rechazar la hipótesis nula se concluyó que al menos la media de un manejo es diferente a las demás, lo cual se confirmó con la aplicación de la prueba DMS ($P=0.05$), que ubicó a los sistemas CAAE y MTAE en el grupo estadístico a, con los promedios más altos de luminosidad, siendo 58.13 y 55.43, respectivamente, mientras que el manejo CAA presentó menor claridad de fruto con una media de 54.30 dentro del grupo estadístico b, es posible que la reducción en la coordenada L* en el manejo convencional se deba a la cobertura que realizan las hojas sobre los frutos en piso a cielo abierto. En cuanto a la coordenada a*, el valor de $F=19.54$ con $P=0.0001^{**}$, estableció que las diferencias fueron altamente significativas entre manejos, observándose diferentes tonalidades de coloración verde (presencia de clorofila), la prueba DMS en este caso detectó tres grupos estadísticos, CAA con promedio de -10.07 en el grupo estadístico a con la

tonalidad más tenue, CAAE con -10.67 en el grupo b, y en el grupo c con la mayor intensidad de color verde al registrar -11.15 se localizó MTAE; existen varios factores que permiten explicar estos resultados, en primer lugar se puede mencionar que existen diversas formas de recepción y captación de luz de acuerdo a la postura de la planta y al uso de plástico blanco en el macro túnel, además de los diferentes tiempos de degradación de la clorofila en cada manejo, dependiendo del contenido y actividad de clorofilasas y la presencia de otras enzimas degradantes, o a la facilidad de degeneración de las estructuras cloroplásticas (Hornero y Mínguez, 2002); en macro túnel (MTAE) la tonalidad de verde fue mayor por el efecto de la luz al atravesar el plástico, además de que la planta estaba erecta por el uso de espaldera, mismo efecto ocurrió con el manejo CAAE aunque en menor grado; mientras que en el manejo convencional CAA los frutos se encontraban mayormente cubiertos por las hojas de la planta, razón por la cual disminuyeron la radiación y la coloración verde, sin embargo, se sabe que la clorofila al ser un compuesto primario de color (Wills y col., 1998), en primera instancia se encuentra expuesta a la degradación por factores ambientales como la luz y la temperatura (Novoa y col., 2006). Por último, en la coordenada b*, se obtuvo un valor de $F=3.93$ con $P=0.0232^*$, esta diferencia significativa se corroboró con la prueba DMS, la cual formó dos grupos estadísticos, donde los manejos del grupo a con mayor coloración amarilla fueron CAAE y MTAE con medias de 38.13 y 36.46, respectivamente, disminuyendo esta tonalidad con el manejo convencional CAA con 34.92 en promedio en el grupo b, en este último manejo tal vez inició la aparición de compuestos denominados secundarios o protectores, los cuales producen esta coloración amarilla o rojiza (Aked, 2002); como puede apreciarse, los valores de esta coordenada aumentaron con el uso de espaldera y disminuyeron en el manejo convencional, lo cual puede explicarse nuevamente por la cobertura de los frutos en la planta sin envarado, situación que a su vez causa que la clorofila se degrade con mayor facilidad y provoca la síntesis de otros pigmentos como los carotenoides en los cloroplastos y cromoplastos, así como pigmentos fenólicos como las antocianinas, flavonoles y proantocianidinas (Lancaster y col., 1997).

Acidez. Para el pH el valor de $F=29.16$ con $P=0.0001^{**}$ mostró diferencias altamente significativas, y al aplicar la prueba DMS, se determinaron dos grupos estadísticos, los manejos CAAE y MTAE con promedios de 3.67 y 3.64 en el grupo estadístico a y con los frutos más ácidos el manejo convencional CAA con una media de 3.42 en el grupo b. Análogamente, García y col. (2008) manifestaron que el grado de acidez, y en consecuencia el sabor del fruto del tomatillo, es una característica que puede ser modificada mediante el manejo que se implemente en el cultivo. Los valores de pH obtenidos en este trabajo fueron similares a los que se determinaron en la variedad denominada “rendidora”, los cuales estuvieron en el intervalo de 3.51 a 4.51 (Jiménez y col., 2012).

Sólidos solubles totales. El valor de $F=2.71$ con $P=0.0720$ NS para la cantidad de sólidos solubles totales permitió concluir que los tres sistemas de producción son estadísticamente iguales para °Brix, sin embargo se presentaron algunas diferencias numéricas, es decir, la media más alta se obtuvo en el manejo CAA con 5.12, seguida del MTAE con 5.05 y por último el CAAE con 4.86, estas pequeñas diferencias pudieran deberse al grado de madurez del fruto en cada manejo, ya que existen estudios que afirman que las variaciones en °Brix son mínimas en frutos madurados en la planta (Zambrano y col., 1996).

En este estudio, se puede deducir que el color y el pH son influenciados por el sistema de manejo, no así la firmeza ni los °Brix; en este sentido Kader (2001) manifestó que la calidad de los frutos fue afectada por el manejo recibido durante el cultivo, cosecha y poscosecha, así como por el grado de madurez en el momento del consumo. Asimismo, el sabor de los frutos depende del sentido del gusto, un balance entre dulzor, acidez, astringencia y aroma, factores que se sabe están relacionados con el color del epicarpio (López y Gómez, 2004).

Por lo tanto, para la región del Bajío Guanajuatense y para el genotipo utilizado, se puede concluir que el manejo convencional CAA mejora las propiedades físico-químicas del tomate verde, ya que proporcionó a los frutos menor pH, mayor resistencia a la penetración, un contenido un poco más alto de sólidos solubles y menor claridad, comparado con los manejos CAAE y MTAE, los cuales mejoran la luminosidad y la intensidad de tonalidad verde, características de coloración que deben considerarse de acuerdo a las preferencias del consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aked, J. 2002. Maintaining the postharvest quality of fruits and vegetables. En *Fruit and Vegetable Processing: Improving Quality*, Editado por Jongen, W. Editorial Woodhead Publishing Ltd., pp. 119-149.
- Bastida, T.A., & Ramírez, A.J.A. 2008. Los invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 123 p.
- García, S.M.L., Avendaño, L.A.N., Padilla, S.M.C., & Izquierdo, O.H. 2008. Evaluación de la acción de oligosacáridos en la calidad de tomate de cáscara. *Avances en la investigación científica en el CUCBA*, pp. 31-36.
- García, S.M.L., Martínez, J.V., Avendaño, L.A.N., Padilla, S.M.C., & Izquierdo, O.H. 2009. Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32 (4), 295-301.
- González, M.D., Ascencio, M.D., Hau, P.A., Méndez, T.V., Grimaldo, J.O., Santiaguillo, H.J.F., Cervantes, D.L., & Avilés, M.S.M. 2011. Phenolic compounds and physicochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. *Scientific Research and Essays*, 6 (17), 3808-3814.
- Hornero, M.D., & Mínguez, M.M.I. 2002. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annuum* L. fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (13), 1564-1570.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2016). <http://www.inifap.gob.mx> (Consulta: Octubre 13, 2016).
- Jiménez, S.E., Robledo, T.V., Benavides, M.A., Ramírez, G.F., Ramírez, R.H., & De la Cruz, L.E. 2012. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y ciencia*, 28 (2), 153-161.
- Kader, A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Acta Horticulturae*, 553, 51-55.
- Karakurt, Y. 2007. Fruit cell wall polysaccharides and their modification during ripening. *Journal of the Faculty Agriculture HR.*, 11 (1-2), 13-19.
- Lancaster, J.E., Lister, C.E., Reay, P.F., & 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, 594-598.
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. 2006. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39, 1084-1091.
- López, C.A.F., & Gómez, P.A. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, 22 (3), 534-537.
- Martínez, R.D., Bailen, G.D., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J.M., Zapata, P., Castillo, S. & Valero, D. 2007. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47 (6), 543-560.
- Novoa, R.H., Bojacá, M., Galvis, J.A., & Fischer, G. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 77-86.
- Peña, L.A., & Santiaguillo, H.J.F. 1999. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Boletín Técnico No. 2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 26 p.
- Santiaguillo, H.J.F, y Blas, Y.S. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola*, 43, 81-86.
- Santos, B.M., Obregón-Olivas, H.A. & Salamé-Donoso, T.P. 2013. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. University of Florida. pp. 1-4.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do. (Consulta: Octubre 20, 2016).
- SINAFERI (Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura). 2016. http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_tomatedecascara.html. (Consulta: Octubre 20, 2016).
- Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional. 2001. STSC and Statistical Graphics Corporation. Bakersville Maryland. USA.
- Surmacka, S.A. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.
- Wills, R., McGlasson, D., Graham, D., & Joyce, D. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals. UNSW Press. New York, USA. 262 p.
- Yam, K.L., & Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137-142.
- Zambrano, J., Moyeja, J., & Pacheco, L. 1996. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. *Revista Agronomía Tropical*, 46 (1), 61-72.