



INTENSIDAD DE RALEO Y SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA CALIDAD DE TOMATE CHERRY

THINNING INTENSITY AND NUTRIENT SOLUTIONS ON THE QUALITY OF CHERRY TOMATO

Jonás A. Luna-Fletes¹, Álvaro Can-Chulim^{1,2*}, Elia Cruz-Crespo²,
Rubén Bugarín-Montoya^{1,2} y Ma. Goreti Valdivia-Reynoso²

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, ²Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, km 9 Carr. Tepic-Compostela, 63780, Xalisco, Nayarit. Tel. 311 211 24 78.

*Autor para correspondencia (canchulim@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La práctica de raleo de fruto y la nutrición son factores que pueden contribuir en el incremento de la calidad de fruto en tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.). El objetivo de la presente investigación fue evaluar las características de calidad de fruto de tomate cherry cultivado con las soluciones nutritivas de Steiner y Castellanos en combinación con dos intensidades de raleo de fruto (12 y 16 frutos por racimo). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2 × 2. Se determinaron las variables diámetro ecuatorial, diámetro distal, peso de fruto, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza, pérdida de peso, vida de anaquel y color (luminosidad, hue y croma). Se encontró que los frutos de las plantas regadas con la solución nutritiva de Steiner presentaron 3 % mayor diámetro ecuatorial y 5 % de peso de fruto, también se incrementó el pH del jugo, firmeza y vida de anaquel entre 3 y 25 %, y estos frutos también registraron las menores pérdidas de peso, con respecto a los producidos con la solución de Castellanos; sin embargo, con la solución de Castellanos los sólidos solubles totales, acidez titulable, luminosidad y croma aumentaron entre 6 y 15 %. En relación con el raleo de frutos, las plantas con 12 frutos por racimo mostraron mayor diámetro ecuatorial, diámetro distal, peso medio de fruto, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza, vida de anaquel, luminosidad, hue y croma, hasta en 16 %.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, calidad, raleo, solución de Steiner.

SUMMARY

The practice of fruit thinning and nutrition are factors that might contribute to increased fruit quality in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.). This research evaluated quality characteristics of cherry tomato fruit grown with Steiner and Castellanos nutrient solutions in combination with two fruit thinning intensities (12 and 16 fruits per cluster). A completely randomized experimental design was used with a 2 × 2 factorial arrangement. Traits as equatorial diameter, distal diameter, fruit weight, total soluble solids, titratable acidity, firmness, weight loss, shelf life and color (luminosity, hue and chroma) were determined. It was found that fruits of plants irrigated with Steiner nutrient solution had 3 % larger equatorial diameter and 5 % higher fruit weight. In addition, the juice pH, firmness and shelf life increased by 3 to 25 %, and fruits registered the lowest weight losses compared to those produced with the Castellanos solution. However, with the Castellanos solution, the total soluble solids, titratable acidity, luminosity and chroma increased from 6 to 15 %. Regarding fruit thinning, plants with 12 fruits per cluster showed greater

equatorial diameter, distal diameter, fruit weight, pH, total soluble solids, titratable acidity, firmness, shelf life, luminosity, hue and chroma up to 16 %.

Index words: *Solanum lycopersicum*, quality, thinning, Steiner solution.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortaliza más producidas, ya sea a cielo abierto o bajo condiciones protegidas, con uso en fresco o industrializado. En México, la producción de hortalizas en condición protegida ocupa una superficie aproximada de 12,000 ha de invernaderos y 8000 con malla sombra y macro túnel, donde 70 % de la producción es de tomate (FIRA, 2016), debido al aumento en rendimiento y calidad de frutos, y por la oportunidad de negocio que representa (Moreno *et al.*, 2011).

Durante el cultivo de tomate, el raleo de frutos es una técnica que favorece el desarrollo y calidad comercial de éstos, ya que se obtienen frutos de tamaño más homogéneo y con mayor contenido de azúcares, acidez, firmeza, color, tamaño, y antioxidantes como licopeno y ácido ascórbico; no obstante, los resultados de estas características se reportan principalmente para tomate tipo bola y saladette (Beckles, 2012; Gaytán-Ruelas *et al.*, 2016). Esta técnica es recomendable en tomates de tamaño pequeño como el tipo cherry, ya que crecen en racimos muy densos, lo que puede resultar en un elevado número de frutos de baja calidad y calibre si no se realiza raleo (Velasco *et al.*, 2011), lo que ocasiona heterogeneidad marcada en el tamaño de frutos.

La nutrición del cultivo también es importante, ya que se relaciona directamente con la calidad de fruto, en términos de tamaño, apariencia, textura, sabor, aroma, valor nutritivo y propiedades funcionales (López-Martínez *et al.*, 2016).

Para cubrir las necesidades nutrimentales de las plantas cultivadas en sustratos se utilizan soluciones nutritivas. Existen diferentes formulaciones que se utilizan con la finalidad de mejorar la producción y calidad de los cultivos debido a que la demanda nutrimental difiere con la especie (Cruz *et al.*, 2017; Moreno *et al.*, 2015). La solución nutritiva de Steiner (1984) es la más usada (Flores-Hernández *et al.*, 2017; Parra-Gómez *et al.*, 2016). Por su parte, Castellanos (2009) propone una solución nutritiva específica para el cultivo de tomate en México, la cual incluye NH_4^+ , además de mayor concentración de P, K y SO_4^{2-} con respecto a la solución nutritiva de Steiner.

El NH_4^+ , P y K se reportan como coadyuvantes en la mejora de las características organolépticas de diversos cultivos (Heeb *et al.*, 2005; Tucuch-Haas *et al.*, 2012). Coutinho *et al.* (2014) mencionan que el incremento de la fertilización con P y K aumentó el pH y el contenido de sólidos solubles de frutos de tomate, por la participación de estos nutrientes en la síntesis, transporte y metabolismo de los azúcares. Por otra parte, no se ha explorado la combinación de los factores solución nutritiva e intensidad de raleo con respecto a la calidad de fruto en tomate cherry. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características de calidad de fruto de tomate cherry cultivado con las soluciones nutritivas de Steiner y Castellanos en combinación con dos intensidades de raleo de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó en un invernadero con ventana cenital, techo de polietileno blanco lechoso calibre 720, 20 % sombra y ventanas laterales con malla antiáfidos 40 × 25 calibre 0.009, ubicado en Xalisco, Nayarit, México a 21° 25' 40" latitud N, 104° 53' 30" longitud O y altitud de 984 msnm. La temperatura promedio máxima y mínima fue de 29 y 18 °C, con humedad relativa promedio de 79 % y una radiación promedio de 475 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Material genético

Se utilizó la variedad de tomate cherry Sweet Treats de la empresa Sakata Seeds®. Se trata de una variedad de crecimiento indeterminado de ciclo precoz (de 65 a 67 días después de trasplante), frutos redondos de 20 a 30 g, firmes, de color rosa intenso, buena vida de anaquel y adaptable a áreas geográficas diversas.

Diseño, tratamientos y unidad experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2 × 2 con 11 repeticiones, los factores y

sus niveles fueron dos soluciones nutritivas (Steiner y Castellanos) y dos intensidades de raleo (12 y 16 frutos por racimo), lo que originó cuatro tratamientos (T1: Steiner + 12 frutos, T2: Steiner + 16 frutos, T3: Castellanos + 12 frutos y T4: Castellanos + 16 frutos). La unidad experimental fue una planta conducida a dos tallos.

La composición de la solución de Steiner (en meq L^{-1}) fue de 6 NO_3^- , 0.5 H_2PO_4^- , 3.5 SO_4^{2-} , 3.5 K^+ , 4.5 Ca^{2+} , 2 Mg^{2+} , mientras que para la solución de Castellanos ésta fue de 6 NO_3^- , 0.75 H_2PO_4^- , 4.25 SO_4^{2-} , 4.25 K^+ , 4.5 Ca^{2+} , 2 Mg^{2+} , 0.5 NH_4^+ ; en la preparación de las soluciones nutritivas se consideró el análisis de agua, y los fertilizantes utilizados fueron $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 y KH_2PO_4 , incluyendo NH_4NO_3 sólo para la solución de Castellanos. Los micronutrientes, en ambas soluciones, se suministraron con Ultrasol® micro, con un aporte en mg L^{-1} de 3 de Fe-EDTA, 1.48 de Mn-EDTA, 0.16 de B, 0.24 de Zn-EDTA, 0.12 de Cu-EDTA y 0.08 de Mo. La conductividad eléctrica (CE) fue de 2.22 dS m^{-1} y pH de 6.4 para la solución de Steiner y 3.64 dS m^{-1} y pH 6.2 para la solución de Castellanos.

Las intensidades de raleo utilizadas fueron debido a que 12 frutos por racimo representan 50 % del total de frutos que comúnmente se maneja en la zona de estudio, y 16 frutos es el número mínimo de frutos por racimo cuando se lleva a cabo el raleo.

Manejo del experimento

La siembra se realizó el 10 de agosto de 2015 en charolas de unicel de 200 cavidades, con peat-moss® como sustrato. Se aplicaron dos o tres riegos por día, cada riego de 300 mL por charola, con la solución nutritiva correspondiente de Steiner (1984) o de Castellanos (2009) al 25 %, de acuerdo con el crecimiento de la planta y condiciones del clima. El trasplante se realizó a los 21 días después de la siembra, se colocó una plántula por maceta de polietileno negro de 35 × 35 cm con capacidad de 10 L, rellena con el sustrato 'pumita' (roca ígnea volcánica tipo piedra pómez con 24 % de espacio poroso total, 17 % de capacidad de aireación, y 7 % de retención de agua) de tamaño de partícula entre 3 y 8 mm. Las macetas se acomodaron a 1.5 m entre hileras y 0.5 m entre plantas, con una densidad de población de 1.33 plantas m^{-2} . Cada planta se manejó a dos tallos, con 15 racimos por tallo.

Posterior al trasplante se inició la aplicación de las soluciones nutritivas de Steiner o de Castellanos al 50 % de concentración, de acuerdo con el tratamiento; después, la concentración se fue aumentando en función de la etapa fenológica del cultivo, hasta llegar a 100 %.

El riego fue por goteo, éste inició con 250 mL por planta distribuidos en cinco riegos por día y se llegó hasta 3.5 L por planta con 17 riegos por día, de acuerdo con la etapa fenológica de la planta y las condiciones del clima. La fracción de lixiviado fue de 20 %. El raleo de frutos se realizó una vez logrado un amarre de 12 o 16 frutos. Los promedios de temperatura fueron 23 °C y de una humedad relativa promedio de 83 %. La cosecha de los frutos se inició a los 60 días después del transplante (ddt), cuando el fruto presentó coloración rosada, que correspondió a una luminosidad de 48.77, hue de 70.34° y croma de 14.11. Inmediatamente después del corte se inició la evaluación postcosecha de los frutos.

Variables evaluadas

Se midieron las dimensiones del fruto en una muestra de 72 frutos que se tomaron de los racimos 1, 3 y 5; el diámetro ecuatorial (DE) se determinó en mm en la parte media del fruto y el diámetro distal (DD) se midió en mm desde la zona del pedúnculo hasta la zona apical con un vernier digital (Truper Caldi-6MP®, México); el peso de fruto (PF) se registró en g y obtuvo del promedio de cada fruto del racimo con una balanza digital (A&D GX-2000®, San Jose, CA, USA).

Las variables de calidad del fruto se evaluaron en una muestra de cuatro frutos de cada uno de los racimos 1, 3 y 5 a partir de los 60 hasta los 100 ddt. Los sólidos solubles totales (SST) se midieron en °Brix, para ello se extrajo una gota de jugo del fruto y se tomó la lectura con un refractómetro digital (Atago PR-101α®, Tokio, Japón) (de 0 a 32 %). Para medir el pH se trituraron los frutos, después se tomaron 3 g de muestra y se licuaron con 50 mL de agua destilada, se realizaron las mediciones con un potenciómetro (Corning pH Analyzer 350®, Corning, NY, USA). Para la acidez titulable (AT) se utilizó del mismo extracto que se preparó para medir el pH, a 10 mL de muestra se le adicionaron dos gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N según la metodología de AOAC (1990); la acidez titulable (ácido cítrico) se obtuvo con la fórmula: $AT(\%) = [VNaOH (mL) \times N NaOH (meq mL^{-1}) \times meq \text{ de ácido cítrico } (0.064 g meq^{-1}) / V \text{ jugo } (mL)] \times 100$. Para firmeza del fruto (FZ) se utilizó un penetrómetro (QA Supplies FT-327®, Norfolk, VA, USA) con puntal de embolo de 8 mm de diámetro, se tomaron lecturas en los lados opuestos del fruto y se obtuvo el promedio.

Las pérdidas de peso (PP) se midieron en porcentaje en una muestra de 10 frutos obtenidos del racimo 1, los frutos fueron expuestos a condiciones de laboratorio, donde se tomó la pérdida de peso diario después de la cosecha en una balanza (A&D GX-400®, San Jose, CA, USA), se obtuvo la diferencia con respecto al peso inicial. La vida

de anaquel (VA) fue evaluada en los mismos frutos utilizados para medir pérdida de peso; se consideró término de vida de anaquel cuando el fruto presentó 7 % de pérdida de peso (Ballesteros, 2001). Para estimar el color de fruto se usó el colorímetro (ColorTec-PCM+®, Clinton, NJ, USA) donde se tomaron los valores L, a y b en dos zonas opuestas de la región ecuatorial; después, se calculó el ángulo de tono (hue) y la pureza del color (croma) con las fórmulas: $hue = \tan^{-1} (b/a)$, $croma = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (Little, 1975).

Análisis estadístico

A los datos se les aplicó análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), además de un análisis de correlación de Pearson entre las variables utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción de soluciones nutritivas × intensidades de raleo de fruto

De acuerdo con el análisis de varianza, existen interacciones significativas para las variables diámetro ecuatorial, peso medio de fruto, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza, luminosidad, hue y croma (Cuadros 1 y 2). Al llevar a cabo la comparación de los efectos principales del factor solución nutritiva dentro de los niveles del factor raleo de frutos, se obtuvo significancia sólo en uno de los efectos principales del factor solución nutritiva; es decir, estos resultados son incompatibles con una interacción significativa. Por este motivo los resultados de las diferentes variables se explicaron sólo en función de cada factor principal estudiado.

Efecto de la solución nutritiva para variables de tamaño de fruto

Se encontró efecto de las soluciones nutritivas en las variables de tamaño de fruto, excepto en el diámetro distal (Cuadro 1). Con la solución nutritiva de Steiner los frutos presentaron mayor diámetro ecuatorial en 3 % y mayor peso medio en 5 % con respecto a los de la solución de Castellanos (Cuadro 3). El decremento del tamaño de fruto se atribuyó en parte a la mayor cantidad de nitrógeno que aportó la solución nutritiva de Castellanos, lo cual permitió un mayor desarrollo vegetativo, esto pudo haber ocasionado una disminución en el tamaño de los frutos, como se observó en los híbridos de tomate tipo saladette Anibal, Cid y Sun 7705 (Martínez *et al.*, 2013). Otro factor que pudo influir fue la mayor conductividad eléctrica (CE) en la solución de Castellanos, ya que la alta CE puede reducir el tamaño de frutos, debido a la menor disponibilidad y absorción de agua para las plantas, y a trastornos nutricionales

Cuadro 1. Nivel de significancia del análisis de varianza para diámetro ecuatorial, diámetro distal, peso de fruto, pH, sólidos solubles totales y acidez titulable de frutos de tomate cherry Sweet Treats cultivado bajo invernadero.

Fuente de variación	DE	DD	PMF	pH	SST	AT	pH	SST	AT	pH	SST	AT
	1er racimo						3er racimo			5to racimo		
Soluciones (S)	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
Raleo (R)	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	**
S × R	**	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**	**

** : significancia estadística a 1 %; ns: no significativo; DE: diámetro ecuatorial; DD: diámetro distal; PF: peso de fruto; SST: sólidos solubles totales; AT: acidez titulable.

Cuadro 2. Nivel de significancia del análisis de varianza para firmeza, vida de anaquel, pérdida de peso, luminosidad, hue y croma de frutos de tomate cherry Sweet Treats cultivado bajo invernadero.

Fuente de variación	FZ	VA	PP	L	Hue	Croma	FZ	L	Hue	Croma	FZ	L	Hue	Croma
	1er racimo						3er racimo				5to racimo			
Soluciones (S)	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**
Raleo (R)	ns	**	ns	ns	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**
S × R	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

*: significancia estadística al 5 %; **: significancia estadística a 1 %; ns: no significativo; FZ: firmeza; VA: vida de anaquel; PP: pérdida de peso; L: luminosidad.

inducidos por la salinidad, asociados con la absorción excesiva de nutrientes, lo que provoca un desequilibrio nutricional (San Martín-Hernández *et al.*, 2012). El efecto de la solución nutritiva de Steiner en este estudio fue similar al reportado por López-Martínez *et al.* (2016), quienes encontraron con esta misma solución un mayor diámetro ecuatorial de fruto con respecto al obtenido con té de composta, té de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta.

Efecto del raleo de fruto para variables de tamaño de fruto

El factor raleo de fruto sobre el diámetro ecuatorial y peso medio de fruto lo reportan diversos autores, quienes señalan incrementos de éstos a menor número de frutos por racimo, dado que los fotoasimilados se distribuyen entre menos frutos (Gaytán-Ruelas *et al.*, 2016; Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2015; Velasco *et al.*, 2011). Por esto, era de esperarse en el presente trabajo un mayor diámetro ecuatorial (5 %), mayor diámetro distal (4 %) y mayor peso de fruto (3 %) en las plantas con 12 frutos por racimo, en comparación con las de 16 frutos. No obstante, poco se ha reportado con respecto a la homogeneidad en el tamaño de fruto. En el presente estudio en los racimos con 12 frutos se encontró una diferencia promedio de 5.9 mm entre el diámetro de los frutos más grandes y el de los frutos más pequeños; en tanto que en los racimos con 16 frutos la diferencia fue de 11.8 mm, lo que indica mayor homogeneidad en el tamaño de fruto en racimos con 12 frutos.

De acuerdo con la norma internacional para tomate CODEX STAN 293 (FAO, 2007), los valores de diámetro

ecuatorial de fruto y firmeza que se obtuvieron con la solución nutritiva de Steiner en el presente estudio se ubicaron en la categoría extra con código de calibre 3 para su comercialización en fresco.

Efecto de la solución nutritiva para variables de calidad de fruto

En cuanto a la calidad de fruto, con la solución nutritiva de Steiner se obtuvo mayor pH, firmeza y vida de anaquel de 3 a 25 %; además, con esta solución se presentaron las menores pérdidas de peso, lo cual fue consistente desde el inicio de la evaluación. Con respecto a la solución de Castellanos, los sólidos solubles totales y acidez titulable fueron mayores entre 6 y 15 % (Cuadros 4 y 5). No obstante, la solución de Castellanos favoreció el color de los frutos, ya que se incrementó la luminosidad y el croma hasta 9 % con respecto a la solución de Steiner (Cuadro 6). Lo anterior se atribuye a la mayor CE en la solución nutritiva de Castellanos, ya que de acuerdo con Cliff *et al.* (2012), con mayor CE se presenta una reducción del potencial hídrico, lo cual disminuye el flujo de agua en la planta y provoca estrés hídrico; una respuesta de las plantas ante esta situación es la producción y acumulación de osmólitos orgánicos como azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa) y ácidos orgánicos (cítrico, málico y ascórbico), con el fin de aumentar la cantidad de solutos y lograr disminuir el potencial hídrico, lo que facilita la absorción y flujo de agua en la planta.

Esta mayor acumulación de azúcares y ácidos orgánicos mejoró a su vez los sólidos solubles, acidez titulable y color

Cuadro 3. Medias de variables de tamaño de fruto de tomate cherry Sweet Treats cultivado bajo invernadero en función de los factores principales solución nutritiva e intensidad de raleo.

Factor	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro distal (mm)	Peso medio de fruto (g)	Factor	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro distal (mm)	Peso medio de fruto (g)
Solución				Raleo			
Steiner	34.53 a	32.78 a	29.16 a	12 frutos	34.86 a	33.72 a	28.92 a
Castellanos	33.62 b	33.14 a	27.69 b	16 frutos	33.28 b	32.21 b	27.92 b
DSH	0.62	0.37	0.61	DSH	0.62	0.37	0.61
CV (%)	1.37	0.84	1.61	CV (%)	1.37	0.84	1.61

Medias con misma letra dentro de la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$); DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 4. pH, sólidos solubles totales y acidez titulable de frutos de tomate cherry Sweet Treats cultivado bajo invernadero en función de los factores principales solución nutritiva e intensidad de raleo.

Factor	pH	SST (°Brix)	AT (%)	pH	SST (°Brix)	AT (%)	pH	SST (°Brix)	AT (%)
	1er racimo			3er racimo			5to racimo		
Solución									
Steiner	3.77 a	5.50 b	0.61 b	3.74 a	5.44 b	0.58 b	3.90 a	5.65 b	0.56 b
Castellanos	3.64 b	6.36 a	0.65 a	3.67 b	6.02 a	0.65a	3.89 a	6.61 a	0.65 a
DSH	0.02	0.17	0.009	0.01	0.12	0.01	0.03	0.12	0.006
Raleo									
12 frutos	3.71 a	6.08 a	0.64 a	3.72 a	5.69 a	0.63 a	3.95 a	6.19 a	0.62 a
16 frutos	3.71 a	5.78 b	0.61 b	3.69 b	5.77 a	0.59 b	3.83 b	6.07 a	0.52 b
DSH	0.02	0.17	0.009	0.01	0.12	0.01	0.03	0.12	0.006
CV (%)	0.95	4.54	2.29	0.61	3.41	3.76	1.40	3.28	1.66

Medias con misma letra dentro de la misma columna y dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$); SST: sólidos solubles totales; AT: acidez titulable; DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

de fruto. Otro factor que contribuye a estos resultados es el mayor suministro de P y K con la solución de Castellanos. Al respecto, Coutinho *et al.* (2014) mencionan que la mayor fertilización con P y K mejoran el contenido de sólidos solubles del fruto, ya que participan en la síntesis, transporte y metabolismo de los azúcares de la planta. Ruiz-Sánchez (2008) encontró que con mayor aporte de K se registran valores más altos de sólidos solubles totales, ácidos y licopeno, mientras que Heeb *et al.* (2005) reportaron que el suministro de N en tomate en forma de NH_4^+ mejoró el sabor, en comparación a cuando sólo se suministra NO_3^- . Los resultados de pH en el presente estudio fueron similares a los reportados por Toor *et al.* (2006), quienes obtuvieron frutos de tomate con menor pH en plantas cultivadas con soluciones donde predominó el NH_4^+ , mientras que cuando predominó el NO_3^- el pH fue mayor. Esto es congruente con lo encontrado en la presente investigación, y con las correlaciones negativas entre la variable pH con sólidos solubles totales ($r = -0.61^{**}$) y con acidez titulable ($r = -0.59^{**}$).

El aumento de acidez titulable y sólidos solubles totales con la solución de Castellanos explica la correlación positiva ($r = 0.71^{**}$) observada entre estas variables, lo cual resulta congruente con lo reportado por Kuscu *et al.* (2014), quienes refieren que el mayor suministro de nitrógeno incrementa la acidez titulable y los sólidos solubles, lo cual pudo haber sucedido en el presente estudio. Por otra parte, González (2004, Com. Pers.)¹ señala que para la comercialización de tomate cherry en fresco los valores de sólidos solubles deben oscilar entre 4.5 y 5.5 °Brix, la acidez titulable entre 0.5 y 1.0 % y con un pH menor a 4.4; por lo tanto, los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango óptimo para ser comercializados.

Con respecto a la firmeza de frutos, el Ca^{2+} mejora esta característica, ya que proporciona mayor rigidez a la pared celular, y además mejora la vida de anaquel (Bouzo y

¹González N. J. F. (2004) Avanzan los sistemas hidropónicos en México. Hortalizas, frutas y flores. Agro Síntesis. México. 6 p.

Cuadro 5. Pérdida de peso, firmeza y vida de anaquel de frutos de tomate cherry Sweet Treats cultivado en invernadero, en función de las soluciones nutritivas e intensidades de raleo evaluados.

Factor	Pérdida de peso (%)					Firmeza (kg cm ⁻²)			VA
	Días después de cosecha					Racimo			días
	4	8	12	16	20	1er	3er	5to	
Solución									
Steiner	1.71 b	4.74 b	6.66 b	8.61 b	10.59 b	0.87 a	0.96 a	0.96 a	9.30 a
Castellanos	2.25 a	5.35 a	7.51 a	9.76 a	11.59 a	0.85 b	0.88 b	0.89 b	6.95 b
DSH	0.13	0.13	0.16	0.31	0.15	0.01	0.10	0.02	0.25
Raleo									
12 frutos	2.03 a	5.04 a	7.11 a	9.15 a	11.15 a	0.87 a	0.93 a	0.96 a	8.30 a
16 frutos	1.93 a	5.05 a	7.06 a	9.22 a	11.03 a	0.86 a	0.91 b	0.90 b	7.95 b
DSH	0.13	0.13	0.16	0.31	0.15	0.01	0.01	0.02	0.25
CV (%)	10.53	4.27	3.66	0.62	0.82	2.14	2.93	3.82	4.98

Medias con misma letra dentro de la misma columna y dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05); VA: vida de anaquel; DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 6. Luminosidad, hue y croma de frutos de tomate cherry Sweet Treats cultivado bajo invernadero en función de los factores soluciones nutritivas e intensidades de raleo.

Factor	L	Hue	Croma	L	Hue	Croma	L	Hue	Croma
	1er racimo			3er racimo			5to racimo		
Solución									
Steiner	44.63 b	32.22 a	27.02 b	45.13 b	33.17 a	26.73 b	45.65 b	34.17 a	26.62 b
Castellanos	45.29 a	32.19 a	29.73 a	45.88 a	32.84 a	29.22 a	46.25 a	33.84 a	28.91 a
DSH	0.29	0.42	0.36	0.28	0.34	0.27	0.25	0.34	0.33
Raleo									
12 frutos	44.84 a	32.74 a	28.69 a	45.80 a	33.40 a	28.41 a	46.30 a	34.40 a	28.35 a
16 frutos	45.08 a	31.67 b	28.06 b	45.21 b	32.62 b	27.54 b	45.60 b	33.62 b	27.18 b
DSH	0.29	0.42	0.36	0.28	0.34	0.27	0.25	0.34	0.33
CV (%)	1.03	2.04	1.99	0.98	1.62	1.50	0.86	1.57	1.88

Medias con misma letra dentro de la misma columna y dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05); L: luminosidad; DSH: diferencia significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Cortez, 2012); no obstante, una alta CE puede generar un desbalance en la absorción de calcio (Goykovic y Saavedra, 2007). Este problema puede ocurrir aun cuando la planta cuente con suficiente abastecimiento de calcio, pero es sometida a este tipo de estrés, lo cual pudo haber ocurrido al aplicar la solución de Castellanos.

La pérdida de peso con la solución de Castellanos fue mayor en relación con la solución de Steiner conforme transcurrió el tiempo, resultados que se asemejan a los obtenidos en pepino (*Cucumis sativus* L.) por Moreno *et al.* (2015). En el presente estudio se encontró correlación positiva entre la firmeza y vida de anaquel ($r = 0.35^*$) y negativa entre pérdida de peso y vida de anaquel ($r = -0.39^*$); es

decir, la mayor firmeza propició mayor vida de anaquel; la solución de Steiner presentó la menor pérdida de peso, por lo cual obtuvo mayor vida de anaquel; además, la apariencia del fruto fue congruente con el término de vida de anaquel y ablandamiento notorio, característica fundamental que determina la aceptabilidad y la decisión de compra de los frutos de tomate (Toivonen y Brummell, 2008). En cuanto al color de fruto, la solución de Castellanos indujo mejor luminosidad y croma por lo que la intensidad (pureza del color) del color rojo aumentó, lo que se atribuye a la presencia de amonio en la solución nutritiva. Simonne *et al.* (2007) en frutos de tomate encontraron mejor color debido a la mayor concentración de carotenoides cuando una concentración moderada (menor de 10 %) de NH_4^+ fue

utilizada. Así también, la mayor CE influye en la síntesis de licopeno al promover un comportamiento sigmoidal de este carotenoide, que obtuvo el mayor contenido de licopeno a 4.4 dS m^{-1} , como señalan Dorais *et al.* (2007).

Efecto del raleo sobre variables de calidad de fruto

Las diferentes intensidades de raleo afectaron todas las variables de calidad de fruto (Cuadros 1 y 2). Los racimos con 12 frutos presentaron mayor pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza y vida de anaquel con superioridad estadística entre 1 y 16 %, con respecto a las plantas con 16 frutos por racimo (Cuadros 4 y 5). En el caso del color la luminosidad, hue y croma fueron mayores entre 1 y 4 % en frutos con raleo a 12 frutos por racimo, en comparación con el raleo a 16 frutos (Cuadro 6). Esto se atribuye a la mayor competencia por carbohidratos, debido a que durante el crecimiento reproductivo de las plantas, los frutos constituyen la principal demanda de azúcares (Velasco *et al.*, 2011). El raleo de frutos también puede mejorar el contenido de carotenoides debido a la competencia por carbohidratos (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2015).

En tomate, el principal carotenoide es el licopeno, el cual le confiere el color rojo característico; por ello, un menor o mayor contenido de este compuesto repercute en el color de los frutos (Ceballos y Vallejo, 2012). En relación con lo anterior, los resultados reportados por Rodríguez-Mendoza *et al.* (2015) difieren de los obtenidos en el presente estudio, dado que no encontraron diferencias para sólidos solubles totales y acidez titulable en frutos de tomate tipo costilla al comparar plantas con raleo a siete frutos por racimo y plantas sin raleo. En el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Alvarado-Sánchez y Monge-Pérez (2015) no encontraron diferencias para las variables firmeza y vida de anaquel, al manejar plantas con diferentes intensidades de raleo de fruto.

CONCLUSIONES

La solución nutritiva de Steiner aumentó el diámetro ecuatorial, peso medio de fruto, pH, firmeza y vida de anaquel, y también indujo menores pérdidas de peso de fruto; sin embargo, las variables sólidos solubles totales, acidez titulable y color de fruto fueron mayores con la solución nutritiva de Castellanos. El raleo a 12 frutos por racimo mejoró todas las características de calidad evaluadas en este estudio, además de obtener mayor homogeneidad en el tamaño de fruto en relación con el raleo a 16 frutos por racimo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado-Sánchez T. y J. E. Monge-Pérez (2015) Efecto de la aplicación de bioactivadores y del raleo manual de frutos sobre el rendimiento y la calidad de melón (*Cucumis melo* L.) bajo cultivo protegido en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 28:15-25, <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v28i4.2439>.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1990) Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA.
- Ballesteros F. R. (2001) Postcosecha del tomate para consumo en fresco. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez V. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:589-623.
- Beckles D. M. (2012) Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63:129-140. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>.
- Bouzo C. A. y S. B. Cortez (2012) Efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38:257-262.
- Castellanos R. J. Z. (2009) Manual de Producción de Tomate en Invernadero. OCMA Soluciones Impresas. Celaya, Gto, México. 459 p.
- Ceballos A. N. and F. A. Vallejo C. (2012) Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 65:6593-6604, <https://doi.org/10.15446/rfnam>.
- Cliff M. A., J. B. Li, P. M. A. Toivonen and D. L. Ehret (2012) Effects of nutrient solution electrical conductivity on the compositional and sensory characteristics of greenhouse tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 74:132-140, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.12.007>.
- Coutinho E. L. M., J. V. Orioli, E. J. da Silva, N. A. M. Coutinho y S. S. Cardoso (2014) Nutrición, producción y calidad de frutos de tomate para procesamiento en función de la fertilización con fósforo y potasio. *Agrociencia Uruguay* 18:40-46.
- Cruz C. E., Á. Can C., L. J. Loera R., G. Aguilar B., J. Pineda P. y R. Bugarín M. (2017) Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:355-367.
- Dorais (2007) Effect of cultural management on tomato fruit health qualities. *Acta Horticulturae* 744:279-294, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.744.29>.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2007) Norma para el tomate (CODEX STAN 293-2007). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ru/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B293-2008%252FCXS_293s.pdf (Junio 2017).
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2016) Panorama Agroalimentario. Tomate Rojo 2016. FIRA Banco de México. México, D.F. 35 p.
- Flores-Hernández L. A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, J. D. Molina-Galán, D. M. Sargerman-Jarquín y M. J. Velasco-Alvarado (2017) Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40:83-91.
- Gaytán-Ruelas M., E. Vargas-Espinoza, M. Rivera-Arredondo y V. J. Morales-Félix (2016) Efecto del raleo de frutos en el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. *Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico* 3:18-25.
- Goykovic C. V. y G. Saavedra R. (2007) Algunos efectos de la salinidad en el cultivo de tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Revista IDESA* (Chile) 25:47-58, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>.
- Heeb A., B. Lundegårdh, T. Ericsson and G. P. Savage (2005) Effects of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168:123-129, <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200420420>.

- Kuscu H., A. Turhan, N. Ozmen, P. Aydinol and A. O. Demir (2014) Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 55:103-114, <http://dx.doi.org/10.1007/s13580-014-0180-9>.
- Little A. C. (1975) A research note off on a tangent. *Journal of Food Science* 40:410-411, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02213.x>.
- López-Martínez J. D., D. A. Vázquez-Díaz, J. R. Esparza-Rivera, J. L. García-Hernández, M. A. Castruita-Segura and P. Preciado-Rangel (2016) Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Revista Fitotecnica Mexicana* 39:409-414.
- Martínez M. L., V. A. Velasco V., J. Ruiz L., J. R. Enríquez-del Valle, G. V. Campos Á. y M. L. Montañón L. (2013) Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1175-1184.
- Moreno R. A., J. Aguilar D. y A. Luévano G. (2011) Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 15:763-774.
- Moreno V. D., B. N. Hernández H., J. M. Barrios D., A. Ibáñez M., W. Cruz R. y R. Berdeja A. (2015) Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:637-643.
- Parra-Gómez M. A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López y M. J. Velasco-Alvarado (2016) Evaluación de líneas de una cruz a interespecífica de tomate. *Revista Fitotecnica Mexicana* 39:59-65.
- Rodríguez-Mendoza M. N., G. Baca-Castillo, J. L. García-Cué y J. A. Urrieta-Velázquez (2015) Aclareo de frutos y aspersiones foliares de calcio y miel de abeja sobre la calidad de tomate tipo costilla. *Revista Fitotecnica Mexicana* 38:197-204.
- Ruiz-Sánchez C. A. (2008) Efecto del fertilizante potásico sobre la calidad química de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) almacenados bajo dos temperaturas. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 25:286-302.
- San Martín-Hernández C., V. M. Ordaz-Chaparro, P. Sánchez-García, M. T. B. Colinas-León y L. Borges-Gómez (2012) Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia* 46:243-254.
- SAS Institute (1999) Statistical Analysis System, Versión 9 User's Guide. SAS Institute. Cary, NC, USA. 584 p.
- Simonne A. H., J. M. Fuzeré, E. Simonne, R. C. Hochmuth and M. R. Marshall (2007) Effects of nitrogen rates on chemical composition of yellow grape tomato grown in a subtropical climate. *Journal of Plant Nutrition* 30:927-935, <http://dx.doi.org/10.1080/15226510701375465>.
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: Proceeding of the Sixth International Congress on Soilless Culture. 29 April - 5 May 1984. International Working Group on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Toivonen P. M. A. and D. A. Brummell (2008) Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48:1-14, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>.
- Toor R. K., G. P. Savage and A. Heeb (2006) Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:20-27, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.03.003>.
- Tucuch-Haas C. J., G. Alcántar-González, V. M. Ordaz-Chaparro, J. A. Santizo-Rincón y A. Larqué-Saavedra (2012) Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* 30:9-15.
- Velasco H. E., R. Nieto Á. y E. R. Navarro L. (2011) Cultivo del Tomate en Hidroponía e Invernadero. Biblioteca Básica de Agricultura. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados, Mundi-Prensa. México, D. F. 126 p.