



Nova Scientia

E-ISSN: 2007-0705

nova_scientia@delasalle.edu.mx

Universidad De La Salle Bajío

México

Salas-Pérez, Lilia; González-Fuentes, José Antonio; García Carrillo, Mario; Sifuentes-

Ibarra, Ernesto; Parra-Terrazas, Saúl; Preciado-Rangel, Pablo

Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos

Nova Scientia, vol. 8, núm. 17, noviembre, 2016, pp. 310-325

Universidad De La Salle Bajío

León, Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203349086017>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

The logo for redalyc.org consists of the word "redalyc" in a red sans-serif font, followed by ".org" in a smaller black font. A small red square is positioned above the letter "d".

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Electrónica Nova Scientia

Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de
tomate producido con sustratos orgánicos
Biophysics and nutraceutical quality of tomato
fruits produced with organic substrates

**Lilia Salas-Pérez¹, José Antonio González Fuentes², Mario
García Carrillo², Ernesto Sifuentes-Ibarra³, Saul Parra-
Terrazas⁴ y Pablo Preciado-Rangel²**

¹Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Gómez Palacio, Durango

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Torreón, Coahuila

³Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Sinaloa

⁴Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa

México

Pablo Preciado-Rangel. E-mail: ppreciador@yahoo.com.mx

© Universidad De La Salle Bajío (México)

Resumen

La creciente inquietud de la opinión pública sobre los efectos negativos de las actividades agrícolas en el ambiente se ha provocado que la producción de cultivos se realice de una manera más sustentable, especialmente en el manejo de la fertilización. Al respecto la composta es un abono orgánico utilizado como fuente de nutrientes y como componente de sustratos en la agricultura protegida. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes sustratos a base de compost de ganado bovino (C) mezclada con arena de río (A), sobre el rendimiento y la calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producidos bajo condiciones en invernadero. Los porcentajes de los sustratos fueron: 25:75, 50:50, 75:25 (C: A) y como control se utilizó la solución nutritiva Steiner en arena. Las variables evaluadas fueron rendimiento, peso promedio de fruto, diámetro polar y ecuatorial, espesor de pericarpio y sólidos solubles totales (calidad biofísica). La calidad nutracéutica se determinó mediante el análisis de licopeno y actividad antioxidante. El mayor rendimiento y calidad biofísica de los frutos se presentó con el uso de la solución nutritiva convencional. En cambio, los frutos obtenidos a partir de compost: arena 75:25 obtuvieron los valores mayores de sólidos solubles y capacidad antioxidante, 12.5 % mayor en sólidos solubles y 27 % mayor en capacidad antioxidante comparados con los obtenidos con solución nutritiva Steiner. La combinación compost con arena para su uso como sustrato orgánico es una alternativa viable para la producción orgánica de tomate en invernadero ya que el rendimiento y la calidad son aceptables. Además; dado el potencial de uso en la agricultura orgánica certificada, los usuarios eventualmente podrán lograr un sobreprecio y mejorar la relación beneficio/costo, lo que proporciona una potencial comercialización competitiva para el productor, al tiempo que disminuye el uso de insumos inorgánicos con lo que se contribuye a la preservación del medio ambiente.

Palabras clave: Sustratos orgánicos; *Solanum lycopersicum*; licopeno; capacidad antioxidante

Recepción: 30-08-2016

Aceptación: 04-10-2016

Abstract

The growing concern of the public about the negative effects of agricultural activities on the environment has caused that crop production; it is being more sustainable way; especially in the management of fertilization. About compost; it is an organic fertilizer used as a source of nutrients and as a component of substrates in protected agriculture. The aim of this study was to evaluate the effect of different substrates based on composted cattle (C) mixed with river sand (A) on the performance and biophysics and nutraceutical quality of tomato fruits produced under conditions in greenhouses. The percentages of the substrates were: 25:75; 50:50; 75:25 of compost and sand (C:S). The control was used Steiner nutrient solution in sand. The variables evaluated were yield; average fruit weight; polar and equatorial diameter; thickness of pericarp and soluble solid total (biophysics quality). The nutraceutical quality was determined by analyzing lycopene and antioxidant activity. The highest yield and the better biophysic quality of the fruits were presented with the use of conventional nutrient solution. Instead; the fruits obtained from compost: sand 75:25 obtained the highest values of soluble solids and antioxidant capacity; 12.5% higher soluble solids and 27% higher antioxidant capacity compared with those obtained with Steiner nutrient solution. Compost with sand combination for use as organic substrate is a viable organic greenhouse tomato production alternative as performance and quality are acceptable. Also; due the potential for use in certified organic agriculture; users will eventually be able to achieve premium prices and improve the cost / benefit ratio; providing a potential competitive marketing for the producer; while reducing the use of inorganic inputs with what it contributes to the preservation of the environment.

Keywords: Organic substrates; *Solanum lycopersicum*; lycopene; antioxidant capacity.

Introducción

La agricultura protegida es el sistema de producción realizado bajo diversas estructuras y cubiertas; entre los que destacan los invernaderos; cuya característica típica es la protección contra riesgos inherentes a la producción de cultivos a libre exposición (Moreno *et al.* 2011; 765). En dicho sistema de producción se cultivan especies altamente redituables con rendimientos elevados; con un uso eficiente del agua y fertilizantes (Pardossi *et al.* 2002; 89). Sin embargo; para mantener niveles elevados de producción es necesario utilizar una alta cantidad de fertilizantes sintéticos (Rashid y Khan 2008; 124); lo cual incrementa los costos de producción y afecta de forma negativa el ambiente y la salud humana (Otero *et al.* 2005; 1486). Lo anterior ha llevado a la búsqueda de sistemas de producción sustentables que reduzcan los costos de producción sin disminuir el rendimiento y la calidad. Lo anterior motiva a la adopción de prácticas orgánicas en los cultivos sin suelo (Vallverdú-Queralt 2012; 223); para ello; uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato; toda vez que constituye el medio en que se desarrollan las raíces; las cuales desempeñan una influencia trascendental para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Algunos sustratos son importados de otros países o de regiones distantes al sitio donde se encuentran los invernaderos; lo que aumenta su costo (Cadahia 2000; 52). Por ello; los materiales de origen natural y los desechos que se encuentran en una región determinada; pueden ser aprovechados benéficamente en las actividades agrícolas y en la elaboración de sustratos (Yalon y Arnold 2000; 7). Ante este panorama; la reutilización de subproductos de la industria agropecuaria como el estiércol sometido a tratamientos de compostaje para su uso como sustrato; es una alternativa viable debido a su bajo costo y al mejoramiento del ambiente; dado que implica el uso de materiales desechados; cuyo manejo; en la mayoría de los casos; resulta problemático; además de ser una fuente potencial de contaminación (Fortis *et al.* 2012; 1204). En la actualidad existen una amplia cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos; cuya elección dependerá de la especie vegetal a propagar; época de siembra; sistema de propagación; disponibilidad y características propias del sustrato y costos (Hartmann y Kester 2002; 880). Además; el uso de enmiendas orgánicas diversifican la estructura de la comunidad microbiana (Carrera *et al.*; 2007; 251). Sin embargo; el esquema de producción debe prevenir el posible riesgo a la salud cuando se utilizan compostas no certificadas o estiércol de origen dudoso; para evitar una posible contaminación con microorganismos patógenos (Barak *et al.*; 2008; 4). Desde el punto de vista

ambiental; los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos sin suelo son: durabilidad; inocuidad y capacidad para ser reciclado (Abad *et al.* 2001; 198); en este sentido; sobresale la composta (Claassen y Carey 2004; 145).

Por otro lado; el tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las principales hortalizas cultivadas en México y en el mundo (Bender 2008; 125; Al-Omran *et al.* 2010; 60); cuyos sistemas de producción se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento; incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas; riego por goteo e hidroponia (Jaramillo *et al.* 2006; 48). El tomate es un fuente adecuada de fibra y proteína; además; es rico en vitaminas A y C; potasio y carotenoides como el licopeno. El licopeno es responsable del color rojo de los frutos y es usado como un índice de calidad para frutos de tomate (Candelas-Cadillo *et al.* 2005; 300). El licopeno es un antioxidante que; una vez absorbido por el cuerpo; ayuda a prevenir y reparar células dañadas. Los antioxidantes son compuestos que contrarrestan los radicales libres e inhiben la oxidación del ADN; evitando así algunos tipos de cáncer. Además previenen bloqueos en las arterias; así como la degradación del sistema nervioso y el envejecimiento (Waliszewski y Blasco 2010; 255). El efecto positivo del licopeno en la dieta humana ha dado lugar a numerosos intentos para diseñar productos vegetales con acumulación de dicho compuesto; lo cual; no sólo es de importancia agrícola; sino también de interés científico en términos de química; biología y de regulación genética. En términos agrícolas; Perdomo *et al.* (2012; 1543) manifestaron que el contenido de licopeno depende de diversos factores como la radiación solar; la concentración de CO₂; la temperatura y el aporte de nutrientes.

A partir de lo anterior; el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes sustratos a base de composta de ganado bovino mezclada con arena de río; sobre el rendimiento y la calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producidos bajo condiciones en invernadero.

Materiales y Métodos

Establecimiento del cultivo y condiciones de crecimiento

El estudio fue establecido en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna (UAAAUL); ubicada en la carretera a Santa Fe; Periférico Km 1.5 en la ciudad de Torreón; Coahuila; en las coordenadas 25°31'11'' N y 1003°25'57'' O; a una altitud de 1230 m. El invernadero es semicircular con cubierta de acrílico y con un sistema de regulación

térmica automático con una temperatura promedio de 35 °C y humedad relativa de 60 %. La variedad de tomate evaluada fue Juan Pablo (US AGRISEEDS®); tipo saladette de crecimiento indeterminado; a una densidad de 4 plantas por m²; estableciendo una planta por bolsa. Las plantas se establecieron en bolsas de plástico de 20 L; llenadas sobre la base de volumen. El sistema de cultivo fue a un tallo; con podas semanales y el control fitosanitario se realizó de manera preventiva; utilizándose insumos aprobados por la normatividad internacional de producción orgánica (NOP; 2002; 5). El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica varió de 0.5 a 2.0 L bolsa. La polinización se realizó diariamente entre las 12:00 y 14:00 h de manera mecánica con un vibrador eléctrico; al inicio de la antesis de las flores. Cada tratamiento estuvo conformado por 15 repeticiones (una maceta por repetición); distribuidas en un diseño completo al azar. El análisis de la composta utilizada se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas de la composta utilizada como sustrato orgánico para el cultivo de tomate.

| pH | CE dS m ⁻¹ | MO % | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn |
|------|--------------------------|---------|--------|-------|-------|--------|---------------------|------|------|------|------|
| 8.56 | 6.71 | 8.95 | 118.28 | 42.00 | 614.6 | 554.85 | 7.03 | 7.79 | 4.29 | 4.93 | 5.12 |
| | | | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | |

CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica.

Tratamientos

Los sustratos evaluados definieron los tratamientos; los cuales consistieron en diferentes porcentajes de compost de ganado bovino (C) mezclada con “arena de río” (A) como medio inerte: 25:75; 50:50; 75:25 (C:A); se utilizó solución nutritiva Steiner como control. La arena de río utilizada en todos los tratamientos se esterilizó con una solución al 5 % de hipoclorito de sodio y posteriormente se secó al ambiente durante tres días.

Variables de calidad biofísica

Rendimiento. Se cosecharon los frutos de 15 plantas o repeticiones por tratamiento; del primero al octavo racimo; cuando el fruto presentó un color rojo intenso.

Peso promedio por fruto. Los frutos fueron cosechados de seis plantas por tratamiento y dos de cada racimo y se pesaron con balanza Ohaius Valor™.

Tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial); espesor de pericarpio. Se utilizó Vernier (Truper; 14388; México) para medir seis plantas por tratamiento y dos frutos de cada racimo.

Indice refractométrico ($^{\circ}\text{Bx}$). Se determinó con un refractómetro manual de 0 a 32 % (Atago® Master 2311).

Variables de calidad nutracéutica

Licopeno. La determinación de licopeno se realizó de acuerdo al método propuesto por Carrillo-López y Yahia (2014; 2721). Se tomaron muestras de tomate en etapa madura color rojo intenso firme. Para la extracción de licopeno se obtuvieron muestras de 10 g de tomate fresco. Se añadió una solución de tetrahidrofurano y metanol (1:1 v/v THF:MeOH) y la suspensión se filtró al vacío. El filtrado se trasladó a un embudo de separación y se agregaron éter de petróleo y una solución de NaCl al 10 %; posteriormente se mezclaron agitando cuidadosamente. La capa superior de éter de petróleo se lavó con 100 mL de agua. La fracción etérica se transfirió a un matraz de 50 mL y se evaporó hasta sequedad en una estufa de vacío marca Napco durante 12-14 h a una presión absoluta de 60 mm de Hg y a 50 °C. El residuo se redissolvió hasta un volumen final de 6 mL con hexano. Se filtró y se analizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en un cromatógrafo Agilent 1100 Series; en el que se instaló una columna C18 Supelco Discovery (15 cm x 4.6 mm y 5 µm) en fase reversa. Se utilizó un sistema de fase móvil isocrático compuesto por acetonitrilo: metanol: 2 propanol (38:60:2 v/v/v). La velocidad de flujo fue de 1 mL min⁻¹ y se inyectaron 20 µL de la muestra. El licopeno se cuantificó a una longitud de onda de 470 nm. La identificación del licopeno se basó en el tiempo de retención del estándar de licopeno de la marca Sigma. La concentración del estándar fue de 50 µg /mL⁻¹. Todo el proceso se efectuó bajo luz reducida. El cálculo de la concentración de licopeno se realizó tomando como base la relación entre la concentración conocida del estándar y el área del valor máximo (pico) correspondiente y se reportó como mg de licopeno por 100 g de peso fresco (mg 100 g⁻¹ PF).

Capacidad antioxidante total. Para la determinación de la capacidad antioxidante total de las muestras se aplicó el método Brand-Williams (1995; 28) con ligeras modificaciones. La solución de radical libre 1;1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) (Aldrich; St. Louis MO; EEUU.) se preparó en un matraz completamente cubierto con papel de aluminio con DPPH⁺ (5 mg 100 mL⁻¹ de

etanol grado analítico). La mezcla se agitó vigorosamente y el matraz se mantuvo cubierto para evitar la degradación rápida. 300 μL de muestra del extracto etanólico diluido en tubos de ensayo por triplicado y 1;200 μL de agua destilada se agitó a 504 g durante 10 s. Se añadió 1 mL de DPPH⁺ y agitó con vórtex de nuevo a 504 g durante 10 s. Las lecturas se realizaron a 517 nm después de 90 min. La capacidad antioxidante total se calculó mediante una curva estándar con el antioxidante de referencia Trolox y los resultados se expresaron en μM equiv Trolox por 100 g de peso fresco (μM equiv Trolox 100 g PF⁻¹).

Análisis estadísticos. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza con el programa estadístico SAS (SAS Inst;1999) y la comparación de medias de Tukey con $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Calidad biofísica

Rendimiento. El número de frutos por planta y peso del fruto en conjunto determinan el rendimiento del cultivo de tomate. En el presente trabajo los tratamientos mostraron diferencias significativas en el rendimiento de las plantas ($p \leq 0.05$). La solución nutritiva Steiner (control) mostró el mayor rendimiento por planta (RP) con 4.0 kg pl⁻¹. Sin embargo; en lo que respecta a fruto por planta (FP) y peso de fruto (PF); los valores mayores se obtuvieron del tratamiento 25:75 (C:A) (Cuadro 2). Lo anterior coincide con lo indicado en reportes que indican un mejor desarrollo y rendimiento del cultivo al utilizar cantidades inferiores a 30 % de composta como componente del sustrato (Atiyeh *et al.*; 2000; 218; Moreno *et al.*; 2008; 104). Dicha respuesta puede atribuirse al mejoramiento de las propiedades físicas del sustrato (Hernández *et al.*; 2008; 857); a la liberación gradual de nutrientes (Ao *et al.*; 2008; 5007); así como a la presencia de substancias naturales que consisten en bioestimuladores; reguladores de crecimiento y ácidos húmicos; generados por microorganismos presentes en la composta capaces de producir auxinas; citocininas y giberelinas (Azarmi *et al.*; 2008; 1800). El conocimiento al respecto aun es limitado por lo que se debe de seguir estudiando; lo que si se sabe es que las diferentes especies cultivadas responden de manera diferencial a las dosis de compost o vermicomposta; por lo que no existe una dosis única (Lazcano *et al.*; 2009; 946). Se observado que dependiendo de su origen y proporción en el medio de crecimiento será la capacidad de mejorar las propiedades físicas y

químicas del suelo o sustrato y de nutrir al cultivo (Chaoui *et al.*; 2003; 300).

Cuadro 2. Valores promedio obtenidos en tomate cultivado en sustratos orgánicos con diferentes porcentajes de composta (C) y arena (A).

| Tratamientos | RP | FP | PF | DP | DE | EP | SST |
|---------------------|--------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | C:A | kg pl⁻¹ | g | mm | | | °Bx |
| Control | 4.0 a [†] | 50 a | 84 a | 64 a | 49 a | 6.7 a | 4.0 b |
| 25:75 | 3.6 b | 48 a | 82 a | 62 a | 48 a | 6.7 a | 4.0 b |
| 50:50 | 3.4 b | 45 b | 75 b | 58 b | 44 b | 5.8 b | 4.3 a |
| 75:25 | 2.7 c | 42 c | 65 c | 54 b | 42 b | 5.6 b | 4.5 a |

RP: rendimiento por planta; FP: fruto por planta; PF: peso de fruto; DP: diámetro polar; DE: diámetro ecuatorial; EP: espesor de pericarpio; SST: sólidos solubles totales. [†]Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

Stanhill (1990; 14) indicó que los rendimientos en esquemas de producción orgánica se reducen entre 10 y 30 % respecto a la agricultura convencional; debido principalmente a la baja disponibilidad de N en dicho sistema de producción (Hartz y Johnstone; 2006; 40). Sin embargo; se debe considerar la combinación de la composta con otros materiales orgánicos; para incrementar el contenido nutrimental y lograr mayores rendimientos (Gopinath *et al.*; 2009; 341). La composta podría representar una solución viable a la falta de fuentes orgánicas de nutrientes para el mercado de productos orgánicos (Willer y Youssefi; 2007; 98). No obstante; la disminución en el rendimiento puede ser subsanado por el sobreprecio que tienen los productos orgánicos; además de sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos; lo que disminuye los costos de fertilización y contribuye a la preservación del ambiente.

Tamaño de fruto; espesor de pericarpio y sólidos solubles totales. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las mencionadas variables entre tratamientos (Cuadro 2). Los frutos de las plantas fertilizadas con la solución nutritiva y la relación de 25:75 (C:A) presentaron el mayor tamaño y espesor del pericarpio; el cual es una variable importante en virtud de que es la parte comestible del fruto y está relacionada con el peso del fruto; además; proporciona resistencia al transporte e incrementa la vida de anaquel (Coelho *et al.*; 2003; 175). Sin embargo; al incrementar la proporción de composta en el sustrato; disminuye el tamaño del fruto; pero se acumulan los sólidos solubles. El incremento en los sólidos solubles al aumentar la salinidad en

el medio radical fue demostrado por Dorai *et al.* (2001; 371). La salinidad causa estrés osmótico cuando disminuye la energía libre del agua (Azcón y Talon 2003; 76). Esto restringe la acumulación y absorción del agua en los frutos (Plaut *et al.* 2004; 431). Para superar dicho problema los frutos sintetizan osmolitos para equilibrar la presión osmótica y evitar la deshidratación. Entre los distintos osmolitos sintetizados destacan algunos azúcares y ácidos (Salisbury y Ross 1992; 105). Los sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$) obtenidos por los tratamientos en estudio son considerados adecuados ya que los valores de referencia para el consumo en fresco; son como mínimo de 4.0 $^{\circ}\text{Brix}$ (Santiago *et al.* 1998; 61).

Calidad nutracéutica

Contenido de licopeno. Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3). En variedades comunes de tomate; la concentración de licopeno fluctúa de 3 a 12.2 mg/100 g de fruta madura (Martínez-Valverde 2002; 326). Arias *et al.* (2000; 1699) analizaron el contenido de licopeno (mg/100 g PF) en tomates provenientes de cultivos hidropónicos en diferentes etapas de maduración y encontraron para la etapa verde un promedio de 0.116 mg; para la amarilla 1.445 mg; para la naranja 3.406 mg; para ligeramente rojo 4.95 mg; para rojo intenso suave el promedio fue 11.996 mg y para la maduración rojo intenso firme encontraron la mayor concentración con 12.2 mg. De acuerdo con Candelas-Cadillo *et al.* (2006; 9); el contenido de licopeno en tomates puede variar significativamente con la maduración y en las diferentes variedades. Además; existen estudios que reportan el contenido de licopeno como una característica química intrínseca del fruto de tomate debido a su composición en carotenoides (Periago *et al.*; 2001; 58); lo cual sugiere que el tomate es una fuente de dicho compuesto antioxidante; independientemente del sustrato utilizado. Sin embargo; la idea de que la modificación de ciertos factores afecta el metabolismo de los carotenoides en frutos de tomate tiene sentido porque numerosos tipos de carotenoides son antioxidantes; algunos de los cuales disipa el exceso de energía absorbida en el ciclo de la xantofila (Luna-Guevara *et al.*; 2014; 54). Por lo anterior; desde el punto de vista agronómico los factores ambientales pueden ofrecer perspectivas promisorias de mejora para la acumulación de licopeno.

Cuadro 3. Valores promedio de licopeno y capacidad antioxidante en tomate cultivado en sustratos orgánicos con diferentes porcentajes de composta (C) y arena (A).

| Tratamientos | Licopeno | | CA |
|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|
| | C:A | mg/100 g PF | µM equiv Trolox / 100 g PF |
| Control | | 2.70 a | 185 b [†] |
| 25:75 | | 2.70 a | 180 b |
| 50:50 | | 2.70 a | 210 a |
| 75:25 | | 2.80 a | 235 a |

PF: peso fresco; CA: capacidad antioxidante. [†]Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

Capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante de frutas y verduras contribuye a la protección de algunas enfermedades. Además; el consumo de alimentos que tienen actividad antioxidante natural es una forma eficaz de lucha contra el daño oxidativo; las transformaciones no deseadas y la prevención de riesgos para la salud (Becvort-Azcurra; 2012; 291). Al respecto; los resultados de este estudio mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la capacidad antioxidante (CA). En el Cuadro 3 se observa que al aumentar la cantidad de composta en la mezcla del sustrato utilizado se incrementa la capacidad antioxidante. Los aumentos de vermicomposta en el sustrato podrían estar asociados a un incremento de salinidad del medio radical (Illera *et al.*; 2012; 13); la cual a su vez disminuye la absorción de agua y de nutrientes; lo que implica un estrés que afecta al metabolismo de la planta y mejora la calidad nutracéutica de los frutos (Ruiz-López *et al.*; 2010; 102). Otro factor que pudo contribuir a las variaciones en la capacidad antioxidante de los frutos fue la baja disponibilidad de N en los sustratos; toda vez que cuando su disponibilidad es limitada; se afecta el balance de C/N en las plantas y se limitan también procesos metabólicos; incluyendo la síntesis de metabolitos secundarios; incluyendo compuestos terpenoides (Sepúlveda-Jiménez *et al.*; 2003; 357). Por otra parte; en los sistemas orgánicos de producción los cultivos se encuentran bajo algún tipo de estrés; lo que promueve en la planta mecanismos de defensa y la producción de antioxidantes (Winter y Davis; 2006; 118). Por lo antes expuesto; la respuesta antioxidante que sugieren los resultados puede estar relacionada con una alteración en el sistema antioxidante de las plantas; provocada por los cambios nutrimetales de los sustratos.

Conclusiones

Los resultados alcanzados sugieren que el uso de composta como sustrato con diferentes porcentajes con arena; representa una alternativa sostenible para la producción de frutos de tomate; sin afectar su rendimiento. Dosis superiores a 50 % de composta aumentaron los sólidos solubles totales en los frutos. La concentración de licopeno no fue afectada por las mezclas utilizadas pero la capacidad antioxidante si se incrementó por el aumento de la concentración de compostas en los sustratos utilizados. El uso de abonos orgánicos constituye una alternativa viable para ser utilizada como fuente de nutrientes y medio de desarrollo para el cultivo de tomate en invernadero; contribuyendo a la preservación del ambiente al disminuir la dependencia de fertilizantes inorgánicos.

Referencias

- Abad M; Noguera P; Burés S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology* 77:197-200.
- Al-Omran AM; AL-Harbi AR; Wahb-Allah MA; Nadeem M; AL-Eter A. (2010). Impact of irrigation water quality; irrigation systems; irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. *Turk Journal Agriculture* 34: 59–73.
- Ao Y; Sun M; Li Y. (2008). Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. *Bioresource Technology* 99: 5006-5010.
- Arias R; Lee TCh; Logendra L; Janes H. (2000). Correlation of lycopene measured by HPLC with the L; a; b color reading of a hidroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 48: 1697-1702.
- Atiyeh RM; Edwards CA; Subler S; Metzger JD. (2000). Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Composta Science and Utilization* 8:215–223.
- Azarmi R; Sharifi ZP; Satari M. (2008). Effect of vermicompost on growth; yield and nutrient status of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Pak J Biological Science* 1: 1797-1802.
- Azcón-Bieto J y Talón M. (2003). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGrawHill.

Barak; J. D.; & Liang; A. S. (2008). Role of soil; crop debris; and a plant pathogen in *Salmonella enterica* contamination of tomato plants. *PLoS One* 3: e1657 p4.

Becvort-Azcurra A; Fuentes-Lara LO; Benavides-Mendoza A; Ramírez H; Robledo-Torres V; Rodríguez-Mendoza MN. (2012). Aplicación d Selenio en Tomate: Crecimiento; Productividad y Estado Antioxidante del Fruto. *Terra Latinoamericana* 30: 291-301. Bender ÖD. (2008). Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. *Compost Science & Utilization* 16:125–131.

Brand-Williams W and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. U. Technol.*; 28: 25-30.

Cadahia LC. (2000). Cultivos hortícolas y ornamentales. 2^a. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. México; D.F.

Candelas-Cadillo MG; Alanís-Guzmán MGJ; Bautista-Justo M; Del Río-Oлагue F; García-Díaz C. (2005). Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersión. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 4: 299-307.

Candelas-Cadillo MG; Del Río Olague F; Guzmán MG de J. (2006). Cuantificación de licopeno y otros carotenoides en tomate y polvo de tomate. *Revista Mexicana de Agronegocios* 19: 1-11.

Carrillo-López; A; Yahia EM. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCI+-mass Spectrometry. *Journal of food science and technology* 51: 2720-2726.

Chaoui HI; Zibilske LM; Ohno T. (2003). Effects of earthworm casts and composta on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 295-302.

Claassen VP. and Carey JL. (2004). Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Science & Utilization* 12: 145-152.

Coelho EL; Fontes PC; Finger FL. (2003). Qualidade do fruto de melão rendilhado em função de doses de nitrogênio. *Bragantia* 62: 173-178.

Cocaliadis; MF; Fernández-Muñoz R; Pons C; Orzaez D; Granell A. (2014). Increasing Tomato fruit quality by enhancing fruit chloroplast function. A double-edged sword?. *Journal of Experimental Botany* 65: 4589-4598.

Carrera LM; Buyer JS; Vinyard BRYAN; Abdul-Baki AA; Sikora LJ; Teasdale JR. (2007). Effects of cover crops; compost; and manure amendments on soil microbial community structure

in tomato production systems. *Applied Soil Ecology*; 37(3); 247-255.

Carrillo-López A; and Yahia EM. 2014. Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCI+-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*; 51(10); 2720–2726.

Dorai M; Papadopoulos AP; Gosselin A. (2001). Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.

Fortis HM; Preciado RP; García HJL; Navarro BA. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Rev Mex de Ciencias Agríc* 3: 1203-1216.

García-Enciso EL; La Rosa-Ibarra D; Mendoza-Villarreal R; Quezada-Martin MR; Arellano-García M. (2014). Efecto de una película plástica modificada en algunos aspectos bio-químicos de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1:151-162.

Gautier H; Diakou-Verdin V; Bernard C; Reich M; Buret M; Bourgad F; Poessel JL; Caris-Veyrat C; y Genard M. (2008). How does tomato quality (sugar; acid; y nutritinal quality) vary with ripening stage; temperature; y irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:1241 –1250.

Gopinath KA; Saha BL. Mina HP; Gupta HS. (2009). Bell pepper yield and soil properties during conversion from conventional to organic production in Indian Himalayas. *Scientia Horticulturae* 122: 339-345.

Hartmann H. and Kester D. (2002). Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 880 p.

Hartz T; and Johnstone P. (2006). Nitrogen availability from high-nitrogen-containing organic fertilizers. *HortTechnology* 16: 39-42.

Hernández MGI; Salgado GS; Palma LDJ; Lagunes E; Ruiz RO. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas; México. *Interciencia* 33: 855-860.

Illera VM; Mosquera MEL; Fabal AL; Salas-Sanjuan MC. (2012). Acondicionamiento de un composta salino para su uso como sustrato de cultivo. *Recursos Rurais* 8:13-19.

Jaramillo J; Rodríguez VP; Guzmán M; Zapata M. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. Corpoica; Centro de Investigación La Selva; Rionegro (Antioquia; Colombia). 48 p.

Lazcano C; Arnold J; Tato A; Zaller J; Domínguez J. (2009). Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 944-951.

Luna-Guevara ML; y Delgado-Alvarado A. (2014). Importancia; contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria* 18: 51-66.

Martínez-Valverde I; Periago MJ; Provan G; Chesson A. (2002). Phenolic compounds; lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of the Science of Food Agriculture* 82: 323-330.

Moreno RA; Gómez FL; Cano RP; Martínez CV; Reyes CJL; Puente MJL; Rodríguez ND. (2008). Genotipos de tomate en mezclas de vermicomposta: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana* 26: 103-109.

Moreno R; Aguilar D; Luévano G. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29: 763-774.

NOP (National Organic Program). (2002). Programa Nacional Orgánico; Reglamento Final. 7CFR Parte 205 – Programa Nacional Orgánico. Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

Otero N; Vitoria L; Soler A; Canals A. (2005). Fertilizer characterization: major; trace and rare earth elements. *Applied Geochemistry* 20: 1473–1488.

Pardossi A; Malorgio F; Incrocci L; Campiotti CA; Tognoni F. (2002). A comparison between two methods to control nutrient delivery to greenhouse melons grown in recirculating nutrient solution culture. *Scientia Horticulturae* 92: 89-95.

Perdomo F; Cabrera Fránquez F; Cabrera J; Serra-Majem L. (2012). Influencia del procedimiento culinario sobre la biodisponibilidad del licopeno en el tomate. *Nutrición Hospitalaria* 27: 1542-1546.

Periago MJ; Martínez-Valverde I; Ros G; Martínez C; López G. (2001). Propiedades químicas; biológicas y valor nutritivo del licopeno. *Anales de Veterinaria de Murcia* 17: 51-66.

Plaut Z; Grava A; Yehezkel Ch; Matán E. (2004). How do salinity and water stress affect transport of water assimilates and ions to tomato fruits?. *Plant Physiology* 122: 429-442.

Rashid A and Khan RU. (2008). Comparative effect of varieties and fertilizer levels on Barley

(*Hordeum vulgare*). *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 124-126.

Ruiz-López GA; Qüesta AG; Rodriguez SDC. (2010). Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11: 101-108.

Salisbury FB; Ross CW. (1992). Stress physiology. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company.

Santiago J; Mendoza M; Borrego F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicum esculentum*; Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9: 59-65. SAS; Statistic Analysis System 9.0. Program. Stat Soft. Inc. Cary; NC; EEUU. 1999.

Sepúlveda-Jiménez G; Porta-Ducoing H; Rocha-Sosa M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 355-363.

Stanhill G. (1990). The comparative productivity of organic agriculture. *Agriculture; Ecosystems & Environment* 30: 1-26.

Vallverdú-Queralt A; Medina-Remón A; Casals-Ribes I; Lamuela-Raventos RM. (2012). Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? *Food Chemistry* 130: 222-227.

Waliszewski KN y Blasco G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México* 52: 254-265.

Willer H. and Yussefi M. (2007). The world of organic agriculture; statistics and emerging trends 2007. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM); Bonn; Germany.

Winter CK and Davis SF (2006) Organic Foods. *Journal of Food Science* 71: 117-124.

Yaalon DH; Arnold RW. (2000). Attitudes toward soils and their societal relevance: then and now. *Soil Science* 165: 5-12.