



Postharvest of *Coriandrum sativum* grown on substrates with vermicompost and different season of the year

Poscosecha de *Coriandrum sativum* cultivado en sustratos con lombricomposta en diferente estación del año

Cruz-Crespo, E.*, Can-Chulim, A., Alcaraz-Osuna, G.

Posgrado en Maestría en Ciencias Biológicas Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Alcaraz-Osuna, G. (2018). Postharvest of *Coriandrum sativum* grown on substrates with vermicompost and different season of the year. *Revista Bio Ciencias* 5, e398. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.05.e398>



ABSTRACT

Vermicompost, in mixture with other materials, can be used as a substrate; moreover, there are few studies on the effect of vermicompost on the content of phenolic compounds, antioxidant activity, and quality characteristics in coriander, which has an important consumption in Mexico. In addition, there is no information on the effect of season on these compounds and on quality, which could contribute to improvements in management at certain seasons. The objective of the present work was to evaluate the effect of vermicompost mixed with volcanic sands, pumice, or rice husk, and in unmixed substrates, plus nutrient solution, on the content of phenolic compounds, antioxidant activity, and postharvest quality characteristics of cilantro (*Coriandrum sativum* L.), in the autumn and winter

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: November 8th 2017.

Accepted/Aceptado: March 14th 2018.

Available on line/Publicado: November 21st 2018.

RESUMEN

La lombricomposta, en mezcla con otros materiales se puede usar como sustrato; no obstante, existen pocos estudios del efecto de la lombricomposta sobre el contenido de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y características de calidad en cilantro, el cual tiene consumo importante en México. Además, no existe información sobre el efecto de la estación del año sobre estos compuestos y en la calidad, lo cual puede contribuir a mejoras en el manejo en cierta época. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la lombricomposta en mezcla con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, y en sustratos sin mezclar, más solución nutritiva, sobre el contenido de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y características de calidad poscosecha de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), en la estación de otoño e invierno. Los tratamientos se formaron por un arreglo factorial entre 11 sustratos y dos estaciones del año, con un diseño experimental completamente al azar y 10 repeticiones. Se concluyó que la lombricomposta más riego con agua, y las mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, más solución nutritiva

*Corresponding Author:

Elia, Cruz Crespo. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura, km 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. E-mail: ccruz2006@yahoo.com.mx

seasons. The treatments were configured by a factorial arrangement between 11 substrates and two seasons of the year, with a completely randomized experimental design and 10 replications. It was concluded that vermicompost plus water irrigation, and mixtures of vermicompost with volcanic sands, pumice, or rice husk, plus 50 % nutrient solution increased the content of total phenols, flavonoids, and antioxidant activity, in relation to unmixed substrates, where the 65:35 ratio registered the highest value of flavonoids and antioxidant activity; however, the post-harvest quality characteristics, such as weight loss and shelf-life, were not favored. In the winter season, only the content of total phenols, flavonoids, and antioxidant activity increased.

KEY WORDS

Substrates, rice husk, pumice, phenols, antioxidants.

Introduction

Coriander (*Coriandrum sativum* L.) is an aromatic plant, from which essential oil is obtained; it has important consumption in Mexico and worldwide, due to its phenol content and antioxidant activity, which prevent various diseases (Barros *et al.*, 2012). Its cultivation can be carried out in substrates, being vermicompost an important component in substrate mixtures, since it promotes the growth and yield of crops such as vegetables, grasses, ornamentals (Morales-Corts *et al.*, 2014; Sarangthem *et al.*, 2015; OO *et al.*, 2015; Acosta-Durán *et al.*, 2017) due to the contribution of macro and micronutrients, growth hormones and fixative microflora (Barik *et al.*, 2011; Joshi *et al.*, 2015). In addition, the presence of humic acids in vermicompost promotes the synthesis of phenolic compounds (Theunissen *et al.*, 2010). Some studies have included complementary nutrient solution (Cruz-Crespo *et al.*, 2012), while other authors report that vermicompost in different proportions (20 and 40 % v/v) in the growth medium increases the content of phenolic compounds; as well as a positive correlation with antioxidant activity, as occurred in *Capsicum annum* (Cruz-Crespo *et al.*, 2015). However, Luján-Hidalgo *et al.* (2015) found a decrease in phenolic compounds and antioxidant activity in *Annona purpurea* with the addition of vermicompost.

al 50 % incrementaron el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante, en relación a los sustratos sin mezclar, donde la proporción 65:35 registró el valor mayor de flavonoides y actividad antioxidante; más las características de calidad poscosecha, tal como pérdida de peso y vida de anaquel, no se favorecieron. En la estación de invierno incrementó sólo el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante.

PALABRAS CLAVE

Sustratos, cascarilla de arroz, pumita, fenoles, antioxidantes.

Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática, de la cual se obtiene aceite esencial; tiene importante consumo en México y a nivel mundial, debido a su contenido de fenoles y actividad antioxidante, que previenen diversas enfermedades (Barros *et al.*, 2012). Su cultivo se puede realizar en sustratos, siendo la lombricomposta un componente importante en las mezclas de sustratos, debido a que favorece el crecimiento y rendimiento de cultivos como hortalizas, gramíneas, ornamentales (Morales-Corts *et al.*, 2014; Sarangthem *et al.*, 2015; OO *et al.*, 2015; Acosta-Durán *et al.*, 2017) debido a el aporte de macro y micronutrientes, hormonas del crecimiento y microflora fijadora (Barik *et al.*, 2011; Joshi *et al.*, 2015). Además, la presencia de ácidos húmicos en la lombricomposta promueve la síntesis de compuestos fenólicos (Theunissen *et al.*, 2010). Algunos estudios han incluido solución nutritiva complementaria (Cruz-Crespo *et al.*, 2012), mientras que otros autores reportaron que la lombricomposta en diferentes proporciones (20 y 40 % v/v) en el medio de crecimiento, incrementó el contenido de compuestos fenólicos; y observaron correlación positiva con la actividad antioxidante, tal como ocurrió en *Capsicum annum* (Cruz-Crespo *et al.*, 2015). No obstante, Luján-Hidalgo *et al.* (2015) encontraron en *Annona purpurea* disminución de los compuestos fenólicos y de la actividad antioxidante con la adición de lombricomposta.

Para la selección de sustratos se consideró que estos se encuentren disponibles en la región o zona (Cruz-Crespo *et al.*, 2013). En Tepic, Nayarit se encuentran en abundancia la lombricompostas, materiales minerales volcánicos

For the selection of substrates, material availability in the region or zone was considered (Cruz-Crespo *et al.*, 2013). In Tepic, Nayarit, vermicompost, volcanic mineral materials such as pumice and volcanic sands, and rice husks derived from the rice industry in the state, which have been poorly studied as substrates for plant growth, are found in abundance. These materials are inert but differ in their physical properties, which could affect crop quality. Although there is not enough information reported on this subject, the effect of physical properties on yield has been observed (Cruz-Crespo *et al.*, 2014).

Concerning the quality characteristics of coriander, the appearance of freshness, color, shelf life, absence of rotting or yellowing is determinant (Waghmare & Annature, 2015; Msaada *et al.*, 2017). Pre-harvest factors such as nutrition are remarked to influence postharvest quality features of diverse agricultural products, and the content of compounds such as phenols and the consequent effect on antioxidant activity (Rebogile *et al.*, 2014; Kojo-Arah *et al.*, 2015; Das *et al.*, 2017). It is important to remark that there are few studies on the relationship of organic fertilizers, such as vermicompost in containers, on the postharvest life, phenol content, and antioxidant activity of various agricultural products including aromatic plants, such as coriander, which is consumed in Mexico. Also, little is known on the effect of season on these variables, which may indicate changes in cultivation practices according to the season (Raffo *et al.*, 2006). Therefore, the aim of the study was to compare the content of total phenols, flavonoids, antioxidant activity, and quality features such as color, weight loss, and shelf life of coriander grown in mixtures of vermicompost with volcanic sands, pumice or rice husk, and in unmixed substrates, plus complementary nutrient solution, in the fall and winter seasons.

Material and Methods

The experiment was performed at a greenhouse located in Xalisco, Nayarit, Mexico, at 21° 25' 31.6" latitude, 104° 53' 30.5" longitude, and 974 m altitude, in two seasons of the year (autumn and winter). In autumn, sowing was carried out on September 5 and transplanting 30 days later (October 1, 2013); in this period, the average light intensity was 390 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with a standard deviation of 10.22, maximum and minimum temperature of 40 and 19 °C, and maximum

tal como la pumita y el tezontle, y la cascarilla de arroz derivada de la industria arrocería en el estado, los cuales poco se han estudiado como sustratos para el crecimiento de plantas. Estos materiales son inertes, pero difieren en sus propiedades físicas lo que pudiera afectar la calidad de los cultivos, que aunque no se reporta información suficiente al respecto, si se ha observado efecto de las propiedades físicas sobre el rendimiento (Cruz-Crespo *et al.*, 2014).

En relación a las características de calidad del cilantro, la apariencia de frescura, color, vida de anaquel, ausencia de pudriciones o amarillamiento es determinante (Waghmare & Annature, 2015; Msaada *et al.* 2017). Se señala que los factores precosecha tal como la nutrición influyen en las características de la calidad poscosecha de productos agrícolas diversos, y en el contenido de compuestos tal como los fenoles y consecuente efecto en la actividad antioxidante (Rebogile *et al.*, 2014; Kojo-Arah *et al.*, 2015; Das *et al.*, 2017). Es importante señalar que existen pocos estudios sobre la relación de abonos orgánicos, tal como, la lombricomposta en contenedor sobre la vida poscosecha, contenido de fenoles y actividad la actividad antioxidante de diversos productos agrícolas como las plantas aromáticas, tal como en cilantro el cual es de consumo importante en México. También, poco se señala del efecto de la estación del año sobre estas variables, lo cual puede indicar cambios en las prácticas de cultivo de acuerdo a ésta (Raffo *et al.*, 2006). Por lo anterior, el objetivo fue comparar el contenido de fenoles totales, flavonoides, actividad antioxidante, y características de calidad como color, pérdidas de peso y vida de anaquel de cilantro cultivado en mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, y en los sustratos sin mezclar, más solución nutritiva complementaria, en las estaciones de otoño e invierno.

Material y Métodos

El experimento se estableció en un invernadero ubicado en Xalisco, Nayarit, México, a 21° 25' 31.6" latitud, 104° 53' 30.5" longitud y 974 m de altitud. Esto en dos estaciones del año, otoño e invierno. En otoño, la siembra se llevó a cabo el 5 de septiembre y el trasplante 30 días después (1 de octubre de 2013); en este periodo la intensidad de luz promedio fue de 390 $\mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con desviación estándar de 10.22, temperatura máxima y mínima de 40 y 19 °C, y humedad relativa máxima y mínima de 94 y 39 %. En invierno se sembró el 12 de enero

and minimum relative humidity of 94 and 39 %. In winter, it was sown on January 12 and transplanted on February 5, 2014, where the light intensity was $355 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ with a standard deviation of 6.05, maximum and minimum temperature of $34 \text{ }^\circ\text{C}$ and $7.8 \text{ }^\circ\text{C}$, and maximum and minimum relative humidity of 85 and 10 %.

Five 'Pakistan' coriander seeds of homogeneous size were placed in each cavity of 200-cavity polystyrene germination trays, measuring 66.4 cm long x 33.5 cm wide x 7.0 cm high; certified seed obtained from Hydroenvironment was used. A total of 11 trays were sown; these were filled with Sunshine 3[®] substrate, which is a mixture of Canadian peat plus vermiculite 1:1 v/v. Each tray was irrigated daily with Steiner's solution (1984) at 25 % ionic concentration, with a volume of 200 to 650 mL per tray, according to the seedling growth and climatic conditions. The pH of this solution was 6.5 and CE $0.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$. When the seedlings reached 5 cm in height, they were transplanted into 20 x 20 cm black polyethylene pots of 600 caliber containing the corresponding substrate: vermicompost (V), volcanic sands (VS), pumice (P) and mixtures of vermicompost with volcanic sands, pumice or rice husk (VVS, VP, VRH) according to Table 1. The physical properties of V, VS and P substrates were total permeable space (%): 71, 80, 67; aeration capacity (%): 5.4, 46.6, 18.5; water holding capacity (%): 66, 34, 49, respectively.

Thereafter, the pots with V, VS and P were irrigated with 75% Steiner's solution, pH of 6.5 and CE of $1.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$ for being the most suitable for growing coriander in an inert substrate (Cruz-Crespo *et al.*, 2017), while the V substrate was irrigated with tap water, given the natural nutrient supply of vermicompost, and the VVS, VP and VRH mixtures were irrigated with 50 % Steiner's solution, as a complementary nutrient supply, whose pH was 6.6 and CE $1.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$ (Table 1).

The Steiner solution was prepared with CaNO_3 Yara Liva[®], KNO_3 Ultrasol[®], MgSO_4 Sulmag[®], K_2SO_4 Vitagrow[®], and KH_2PO_4 , Peñoles[®]; the micronutrients were supplied with the commercial product Ultrasolmicro[®]; the pH of the solution was adjusted to 6. The presentation of fertilizers was in 25 kg bags and the micronutrients in 1 kg bags. Phytosanitary control was preventive by applying $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ of Captan[®] at 5 and 15 days after transplanting (dat).

y se trasplantó el 5 de febrero de 2014, donde la intensidad de luz fue de $355 \mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ con desviación estándar de 6.05, temperatura máxima y mínima de $34 \text{ }^\circ\text{C}$ y $7.8 \text{ }^\circ\text{C}$, y humedad relativa máxima y mínima de 85 y 10 %.

En la siembra se colocaron cinco semillas de cilantro 'Pakistan', de tamaño homogéneo, en cada cavidad de charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, con dimensiones 66.4 cm de largo x 33.5 cm de ancho x 7.0 cm de alto; se utilizó semilla certificada, obtenida de la casa comercial Hydroenvironment. Se sembraron en total 11 charolas; estas rellenas del sustrato Sunshine 3[®], el cual es una mezcla de turba canadiense más vermiculita 1:1 v/v. Cada charola se regó diario con solución de Steiner (1984) al 25 % de concentración iónica, con un volumen de 200 a 650 mL por charola, esto de acuerdo con el crecimiento de la plántula y la condición de clima. El pH de esta solución fue de 6.5 y CE de $0.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$. Cuando las plántulas alcanzaron 5 cm de altura se trasplantaron a macetas de polietileno negro de 20 x 20 cm calibre 600 que contenía el sustrato correspondiente: lombricomposta (V), tezontle (VS), pumita (P) y mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz (VVS, VP, VRH) de acuerdo a la Tabla 1. Las propiedades físicas de los sustratos V, VS y P fueron espacio poroso total (%): 71, 80, 67; capacidad de aireación (%): 5.4, 46.6, 18.5; capacidad de retención de agua (%): 66, 34, 49, respectivamente.

Después, las macetas con V, VS y P fueron regadas con solución de Steiner al 75 %, pH de 6.5 y CE de $1.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$ por ser la más idónea para cultivo de cilantro en sustrato inerte (Cruz-Crespo *et al.*, 2017), en tanto que el sustrato V se regó con agua de la llave, dado el aporte nutrimental natural de la lombricomposta, y las mezclas VVS, VP y VRH se regaron con solución de Steiner al 50 %, como aporte nutrimental complementario, cuyo pH fue 6.6 y CE $1.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-2}$ (Tabla 1).

La solución de Steiner se preparó con CaNO_3 Yara Liva[®], KNO_3 Ultrasol[®], MgSO_4 Sulmag[®], K_2SO_4 Vitagrow[®] y KH_2PO_4 , Peñoles[®]; los micronutrientes se suministraron con el producto comercial Ultrasolmicro[®]; el pH de la solución se ajustó a 6. La presentación de los fertilizantes fue en costales de 25 kg, y los micronutrientes de 1 kg. El control fitosanitario fue preventivo mediante aplicación de $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de Captan[®] a los 5 y 15 después del trasplante (dat). A los 30 dat, de cada maceta se cortó a nivel del

At 30 dat, all the foliage was cut from each pot at the level of the substrate at 7:00 am; it was immediately placed in transparent polyethylene bags 20 x 30 cm with 10 circular perforations of 5 mm diameter, uniformly distributed, and stored at 5 °C and 85 % RH. At 3, 6, 9 and 12 days after harvest (dah), weight loss, shelf-life and color (brightness, hue and chroma) were evaluated.

In addition, at the time of harvest (30 dat), a part of the plant was separated for the determination of total phenol content, flavonoid content and antioxidant activity. Thus, 2 g of leaflets of mature leaves randomly taken were placed in 15 mL of 60% anhydrous ethanol in an airtight bottle and kept at a temperature of 5 °C for 24 h according to Chizzola *et al.* (2008) and Boudhrioua *et al.* (2009). Subsequently, it was filtered and stored

sustrato todo el follaje, a las 7:00 am; inmediatamente, se introdujo en bolsas transparentes de polietileno 20 x 30 cm con 10 perforaciones circulares de 5 mm de diámetro, distribuidas uniformemente, y se almacenaron a 5 °C y 85 % HR. A los 3, 6, 9 y 12 días después de cosecha (dah) se evaluó la pérdida de peso, vida de anaquel y color (luminosidad, hue y cromata).

También, al momento de la cosecha (30 dat), se separó una parte de la planta para la determinación del contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante. Para esto, 2 g de foliolos de hojas maduras tomadas al azar, se colocaron en 15 mL de etanol anhidro a 60 % en frasco hermético, y se mantuvieron a una temperatura de 5 °C por 24 h de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008) y Boudhrioua *et al.* (2009). Posteriormente, se filtró y se almacenó en refrigeración a 5 °C para

Table 1.
Treatments in 'Pakistan' coriander grown in greenhouse.

Tabla 1.
Tratamientos en el cultivo de cilantro 'Pakistán' en invernadero.

Substrates	Irrigation	Abbreviation
Volcanic sand 100 %	NS 75 %	VS*
Pumice 100 %	NS 75 %	P
Vermicompost 100 %	Water	V
Vermicompost:volcanic sand 80:20	NS 50 %	VVS 80:20
vermicompost:pumice 80:20	NS 50 %	VP 80:20
Vermicompost:rice husk 80:20	NS 50 %	VRH 80:20
Vermicompost:volcanic sand 65:35	NS 50 %	VVS 65:35
Vermicompost:pumice 65:35	NS 50 %	VP 65:35
Vermicompost:rice husk 65:35	NS 50 %	VRH 65:35
Volcanic sand:Vermicompost 80:20	NS 50 %	VSV 80:20
Pumice:vermicompost 80:20	NS 50 %	PV 80:20

VS = Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and vermicompost 20%; PV 80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dat = days after the transplant.

VS= tezontle; P = pumita; V = lombricomposta; VVS 8020 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; VP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; VRH 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; VVS 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; VP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; VRH 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; VSV 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PV 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; SN = solución nutritiva; dat = días después del trasplante.

refrigerated at 5 °C for subsequent analysis. The following variables were evaluated:

Weight loss

The weight of coriander foliage was recorded every third day, using a three-decimal place AND electronic balance (Model GX-2000, California, USA); the results were expressed as a cumulative percentage, with respect to the initial weight (%).

Shelf life

It was evaluated in the foliage where the weight loss was obtained, and was expressed in days. Shelf life was considered to have ended when 50% of the total foliage showed yellowing and symptoms of rotting or wilting, which corresponds to number five on the scale according to UCDAVIS (2018).

Color

It was measured on the foliage where weight loss was evaluated. Readings of L (lightness), a (shades from green to red) and b (shades from yellow to blue) were recorded with a HUNTERLAB colorimeter (Model D25-PC2, Reston, USA). With these parameters, the angle $^{\circ}\text{hue} = \tan^{-1} b/a$ and chroma $= (a^2+b^2)^{1/2}$ were calculated.

Total phenol content

They were determined by the Folin-Ciocalteu method (FRC) according to Chizzola *et al.* (2008). For this, 1 mL of 95% anhydrous ethanol, 5 mL of distilled water and 0.5 mL of FRC diluted with distilled water 1:10 v/v were added to 0.5 mL of the extract. After five minutes of reaction, 1 mL of 5 % sodium carbonate solution was added. Samples were placed in the dark for 30 min, then the absorbance was read at 725 nm in a Thermo Fisher Scientific Model GenesysTM20 UV-Visible spectrophotometer. The control solution was prepared following the same procedure, without adding the extract. The total content of phenolic compounds was expressed in g of caffeic acid equivalents (CAE) per 100 g of fresh foliage (g CAE/100g).

Flavonoid content

It was determined according to Socha *et al.* (2009). For this, 5 mL of distilled water, 0.3 mL of 5% sodium nitrate solution and 0.3 mL of 4% aluminum

su posterior análisis. Las variables evaluadas que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

Pérdidas de peso

Se registró el peso del follaje de cilantro cada tercer día, mediante una balanza electrónica de tres decimales AND (Modelo GX-2000, California, USA); los resultados se expresaron en porcentaje acumulado, con respecto al peso inicial (%).

Vida de anaquel

Se evaluó en el follaje donde se obtuvo la pérdida de peso, y se expresó en días. Se consideró término de vida en anaquel cuando el 50 % del total del follaje presentó amarillamiento, y síntomas de pudrición o marchitez, que corresponde al número cinco de la escala según UCDAVIS (2018).

Color

Se midió en el follaje donde se evaluó la pérdida de peso. Se registraron lecturas de L (luminosidad), a (tonalidades de color verde al rojo) y b (tonalidades del amarillo al azul) con un colorímetro HUNTERLAB (Modelo D25-PC2, Reston, USA). Con estos parámetros se calculó el ángulo $^{\circ}\text{hue} = \tan^{-1} b/a$ y cromía $= (a^2+b^2)^{1/2}$.

Contenido de fenoles totales

Se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu (FRC) de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008). Para esto a 0.5 mL del extracto se agregó 1 mL de etanol anhidro 95 %, 5 mL de agua destilada y 0.5 mL de FRC diluido con agua destilada 1:10, v/v. Después de cinco minutos de reacción, se agregó 1 mL de solución de carbonato de sodio 5 %. Las muestras se colocaron en oscuridad por 30 min, después se leyó la absorbancia a 725 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo GenesysTM20. El blanco se preparó siguiendo el mismo procedimiento, sin agregar el extracto. El contenido total de compuestos fenólicos se expresó en g de equivalentes de ácido cafeico (CAE) por 100 g de follaje fresco (g CAE /100g).

Contenido de flavonoides

Se determinó de acuerdo a Socha *et al.* (2009). Para esto a 1 mL del extracto, se adicionó 5 mL de agua destilada, 0.3 mL de solución de nitrato de sodio al 5 % y 0.3 mL de solución de cloruro de aluminio 4 %. Después

chloride solution were added to 1 mL of the extract. After five minutes of reaction, 2 mL of sodium hydroxide (1 M) and distilled water were added to complete 10 mL. The absorbance was read at 510 nm in a Thermo Fisher Scientific Model GenesysTM20 UV-Visible spectrophotometer. A control solution was prepared by replacing the sample extract with anhydrous ethanol. Results were expressed as g quercetin equivalents (QE) per 100 g of fresh plant material (g QE/100g).

Antioxidant activity

It was determined according to the procedure described by Chizzola *et al.* (2008) and Scherer & Teixeira (2009). 400 μ L of the extract was taken and adjusted to 1 mL with 50 % anhydrous methanol, 1 mL of DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (2.43×10^{-4} mM) was added. The samples were placed in the dark for 30 min and the absorbance was read at 517 nm on a Thermo Fisher Scientific Model GenesysTM20 UV-Visible Spectrophotometer. The control solution was prepared with 500 μ L of 2.5 mM Trolox plus 500 μ L of methanol, and 1 mL of DPPH reagent was added.

Data analysis

The experimental design was completely randomized with an 11 x 2 factorial arrangement, where the first factor consisted of 11 substrates and the second factor consisted of two seasons of the year. Ten replications were used. The experimental unit was the total foliage obtained from a pot. Statistical analysis was performed by analysis of variance with the program SAS version 9.2 (SAS Institute, 2009) and Tukey's range test ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion

Substrate interaction with season of the year

Interaction of substrate with the season of the year. The analysis of variance indicated the existence of interactions for the variables weight loss, shelf life, and total phenols. However, when comparing the simple effects of the season factor within the levels of the substrate factor, the results were inconsistent with a significant interaction. In this context, the results of the different variables were explained only in terms of each factor studied.

de cinco minutos de reacción se agregó 2 mL de hidróxido de sodio (1 M) y agua destilada hasta completar 10 mL. La absorbancia se leyó a 510 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo GenesysTM20. El blanco se preparó sustituyendo el extracto de la muestra por etanol anhidro. Los resultados se expresaron en g de equivalentes de quercetina (QE) por 100 g de material fresco de la planta (g QE/100g).

Actividad antioxidante

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Chizzola *et al.* (2008) y Scherer & Teixeira (2009). Se tomó 400 μ L del extracto y se ajustó a 1 mL con metanol anhidro 50 %, se agregó 1 mL de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (2.43×10^{-4} mM). Las muestras se colocaron en oscuridad por 30 minutos y se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo GenesysTM20. El blanco se preparó con 500 μ L de Trolox 2.5 mM más 500 μ L de metanol, y se agregó 1 mL del reactivo DPPH.

Análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 11 x 2, donde el primer factor consistió de 11 sustratos y el segundo factor dos estaciones del año. Se utilizaron 10 repeticiones. La unidad experimental fue el follaje total que se obtuvo de una maceta. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza con el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2009) y prueba de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Interacción de sustrato con estación del año

El análisis de varianza indicó la existencia de interacciones para las variables pérdidas de peso, vida de anaquel y fenoles totales. No obstante, al comparar los efectos simples del factor estación del año dentro de los niveles del factor sustrato, los resultados fueron incompatibles con una interacción significativa. En este contexto, los resultados de las diferentes variables se explicaron sólo en función de cada factor estudiado.

Efecto del factor sustrato

A excepción de pérdidas de peso y vida de anaquel, las demás variables presentaron tendencias similares

Effect of the substrate factor

With the exception of weight loss and shelf life, the other variables showed similar trends from 6 dah, so only results at 12 dah are shown.

In the color variable, the substrates VVS 65:35, VP 65:35, VRH 65:35 and VSV 80:20 obtained the lowest hue, but higher values of chroma and luminosity; this indicated a less intense green color of the coriander leaves, compared to the other substrates. The unmixed substrates VS, P and V presented on average 2.3 %, weight loss and maximum shelf life of 11.5 days, in relation to the substrates in mixture with vermicompost, which was congruent with the negative correlation between both variables ($r=0.6235$; $p \leq 0.0019$) (Tabla 2). However, UCDAVIS (2018) remarks that the shelf life of most herbs, such as coriander, is 14 days at 5 °C; in contrast to the present work, the shelf life was shorter by 2.5 days. The above results indicate that weight loss and color change affect the quality of fresh produce, decreasing shelf life (Díaz-Pérez *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2006).

In general, vermicompost is credited with improving or maintaining crop quality due to the supply of nutrients and stimulation of development (Félix-Herrán *et al.*, 2010). In this regard, Hernández-Fuentes *et al.* (2010) reported lower weight loss in storage and no color differences in bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown in substrates that included vermicompost, compared to chemical fertilization. Contrary to De la Cruz *et al.* (2009) who indicated that tomato fruit quality was not affected by the addition of vermicompost in the growth medium in different proportions, and irrigation with water only. In the present investigation, it was generally observed that vermicompost mixed with other substrates did not favor the shelf life of coriander (Tabla 2). Irrigation of the substrate mixtures with the 50 % nutrient solution possibly increased the nutrient concentration in the medium, which could affect these quality variables of coriander.

In relation to nutrient concentration, nitrogen is a mineral element that in excess can result in decreased firmness and, therefore, shorter shelf life in different horticultural products (Ruiz *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2009).

Hoque *et al.* (2004) evaluated 0, 112, 225, and 338 kg·ha⁻¹ of N and P in lettuce crops, and found that the shelf

desde los 6 dah, por lo que se muestran sólo resultados a los 12 dah.

En la variable color los sustratos VVS 65:35, VP 65:35, VRH 65:35 y VSV 80:20 obtuvieron el menor hue, pero mayor valor del cromatismo y luminosidad; esto indicó un color verde menos intenso de las hojas del cilantro, en comparación a los demás sustratos. Los sustratos sin mezclar VS, P y V presentaron en promedio 2.3 %, de pérdida de peso y vida de anaquel máxima de 11.5 días, en relación a los sustratos en mezcla con la lombricomposta, lo cual fue congruente con la correlación negativa entre ambas variables ($r=0.6235$; $p \leq 0.0019$) (Tabla 2). Sin embargo, UCDAVIS (2018) señala que la vida de anaquel de la mayoría de las hierbas, como el cilantro, es de 14 días a 5 °C; en contraste con el presente trabajo la vida de anaquel fue menor por 2.5 días. Los resultados anteriores indican que la pérdida de peso y el cambio de color afectan la calidad de los productos frescos, disminuyendo la vida en anaquel (Díaz-Pérez *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2006).

En general, a la lombricomposta se le atribuye el mejorar o mantener la calidad de los cultivos debido al suministro de nutrientes y estimulación del desarrollo (Félix-Herrán *et al.*, 2010). Al respecto, Hernández-Fuentes *et al.* (2010) reportaron menor pérdida de peso en almacén y sin diferencias de color en pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivado en sustratos que incluyeron la lombricomposta, en comparación a la fertilización química. Contrario a De la Cruz *et al.* (2009) quienes indicaron que la calidad de frutos de tomate no se vio afectada por la adición de lombricomposta en el medio de crecimiento en diferentes proporciones, y riego sólo con agua. En la presente investigación se observó en general, que la lombricomposta en mezcla con otros sustratos no favoreció la vida de anaquel del cilantro (Tabla 2). El riego de las mezclas de sustratos con la solución nutritiva al 50 %, posiblemente incrementó la concentración nutrimental en el medio, lo que pudo afectar estas variables de calidad del cilantro.

En relación a la concentración nutrimental, el nitrógeno es un elemento mineral que en exceso puede resultar en disminución de la firmeza y por lo tanto, menor vida de anaquel en diferentes productos hortícolas (Ruiz *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2009).

Hoque *et al.* (2004) evaluaron 0, 112, 225, and 338 kg·ha⁻¹ de N y P en cultivo de lechuga, y encontraron que la vida de

life decreased as N increased; while with P application the shelf life was longer at 225 kg•ha⁻¹.

The 50 % Steiner nutrient solution in the present study implied the supply of N and other nutrients as complementary fertilization in the substrate mixtures, which could influence these quality variables; for this reason, the evaluation of vermicompost mixtures with

anaquel disminuyó conforme el incremento de N; mientras que con la aplicación de P la vida de anaquel fue mayor con 225 kg•ha⁻¹.

La solución nutritiva de Steiner al 50 % en el presente trabajo implicó el suministro de N y otros nutrientes como fertilización complementaria en las mezclas de sustratos, que pudieron influir en estas variables de calidad; por esto, se

Table 2.
Weight losses, shelf life, color components of coriander 'Pakistan' by effect of substrates and season of the year, 12 days after harvest.

Tabla 2.
Pérdidas de peso, vida en anaquel, componentes del color de cilantro 'Pakistán' por efecto de los sustratos y estación del año, 12 días después de cosecha.

Factor	Weight losses %	shelf life (days)	Lightness	Colour Hue %	Chroma
Substrate					
VS	6.66 ^c	11.50 ^a	39.40 ^{de}	111.42 ^{ab}	14.11 ^d
P	6.73 ^c	11.50 ^a	39.79 ^{de}	112.11 ^{ab}	14.66 ^d
V	7.64 ^{bc}	11.50 ^a	39.26 ^{de}	113.08 ^a	15.01 ^d
VVS 80:20	9.14 ^{ab}	10.25 ^b	40.72 ^{bc}	110.49 ^{bc}	17.61 ^b
VP 80:20	9.24 ^{ab}	10.25 ^b	41.03 ^{abc}	108.42 ^{cd}	16.15 ^c
VRH 80:20	10.52 ^a	10.25 ^b	41.25 ^{ab}	107.44 ^{de}	16.92 ^{bc}
VVS 65:35	8.11 ^{ab}	10.25 ^b	41.92 ^a	102.65 ^g	19.16 ^a
VP 65:35	9.84 ^{ab}	10.25 ^b	41.68 ^a	104.60 ^{fg}	19.34 ^a
VRH 65:35	9.52 ^{ab}	10.00 ^b	41.80 ^a	105.18 ^{ef}	19.33 ^a
VSV 80:20	9.23 ^{ab}	10.25 ^b	40.24 ^{cd}	105.22 ^{ef}	19.75 ^a
PV 80:20	9.57 ^{ab}	10.25 ^b	39.71 ^{de}	106.08 ^{ef}	19.52 ^a
SMD	2.28	1.00	0.92	2.51	0.92
Season					
Autumn	5.17 ^b	11.36 ^a	41.09 ^a	105.46 ^b	20.60 ^a
Winter	12.32 ^a	9.77 ^b	40.15 ^b	110.30 ^a	14.23 ^b
SMD	0.55	0.24	0.23	0.64	0.23
CV	10.07	3.77	1.36	1.40	3.15

In the columns, the same letters indicate no statistical difference (Tukey, $p < 0.05$). VS = Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and vermicompost 20%; PV 80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dah = days after harvest.

En las columnas, las mismas letras indican que no hubo diferencia estadística (Tukey, $p < 0.05$). VS= tezontle; P = pumita; V = lombricomposta; VVS 8020 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; VP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; VRH 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; VVS 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; VP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; VRH 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; VSV 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PV 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; NS = solución nutritiva; dah = días después de cosecha.

other substrates and irrigation only with water, and with Steiner nutrient solution at a concentration lower than 50% is recommended.

The total phenol content was higher in the vermicompost substrate and in all the mixtures with vermicompost (12.53-13.71 g CAE/100g) (Table 3), compared to the substrates T and P. This is in agreement with García *et al.* (2005) who found a higher amount of total phenols in mulberry (*Morus alba* L.) with vermicompost application in the soil than without it. The benefits of using vermicompost were also observed in the cultivation of basil (*Ocimum basilicum* L.) where an increase in total phenols and antioxidant activity was favored (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2015). Cruz-Crespo *et al.* (2015) found higher concentration of total phenols and antioxidant activity in fruits of serrano chili (*Capsicum annum* L.) Regarding the phenolic compounds, flavonoids are the most common group (Schieber *et al.*, 2001). In the present study, flavonoid content and antioxidant activity were higher in the vermicompost/volcanic sands, vermicompost/pumita and vermicompost/husk mixtures in the ratio 65:35 v/v, plus irrigation with 50 % nutrient solution, with a positive correlation between both variables ($r=0.8179$; $p \leq 0.0001$) (Table 3), but these variables were not correlated with total phenol content.

According to the aforementioned, the use of vermicompost plus water irrigation, and mixtures of vermicompost with volcanic sands, pumice or rice husk in a 65:35 v/v ratio, plus irrigation with Steiner's nutrient solution at 50% is convenient in the cultivation of coriander due to the increase of total phenols, flavonoids and antioxidant activity; however, the mixtures with vermicompost plus nutrient solution exhibit the greatest weight loss and shorter shelf life. Therefore, irrigation with water or with a nutrient solution in substrates mixed with vermicompost will depend on the objective pursued, or if applicable, irrigation with a nutrient solution of lower ionic concentration, which should be previously evaluated.

Effect of seasonal factors

The highest weight loss and the shortest shelf life in coriander was that grown in the winter season. Meanwhile, in the autumn season, the brightness and chroma components obtained higher values, while hue was lower in relation to winter, indicating a less intense green color of the leaves (Table 2). On the other hand,

recomienda la evaluación de las mezclas de lombricomposta con otros sustratos y riego sólo con agua, y con solución nutritiva de Steiner a concentración menor del 50 %.

Con respecto al contenido de fenoles totales, este fue de valor mayor en el sustrato lombricomposta, y en todas las mezclas con lombricomposta (12.53-13.71 g CAE /100g) (Tabla 3), en comparación a los sustratos T y P. Lo anterior, concuerda con García *et al.* (2005) quienes encontraron en morera (*Morus alba* L.) mayor cantidad de fenoles totales con aplicación de lombricomposta en suelo, que sin la aplicación de la misma. Los beneficios del uso de la lombricomposta también se observaron en el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) donde se favoreció el aumento de los fenoles totales y actividad antioxidante (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2015). Cruz-Crespo *et al.* (2015) encontraron mayor concentración de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de chile serrano (*Capsicum annum* L.) en sustratos con lombricomposta en 20 y 40 % v/v, en relación al testigo. De los compuestos fenólicos, los flavonoides son el grupo más común (Schieber *et al.*, 2001). En el presente trabajo, el contenido de flavonoides y la actividad antioxidante fueron mayores en las mezclas lombricomposta/tezontle, lombricomposta/pumita y lombricomposta/cascarilla en la proporción 65:35 v/v, más riego con solución nutritiva al 50 %, con correlación positiva entre ambas variables ($r=0.8179$; $p \leq 0.0001$) (Tabla 3), mas no se correlacionaron estas variables con el contenido de fenoles totales.

De acuerdo a lo anterior, el uso de la lombricomposta más riego con agua, y mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz en proporción 65:35 v/v, más riego con solución nutritiva de Steiner al 50 % es conveniente en el cultivo de cilantro por el incremento de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante; no obstante, las mezclas con lombricomposta más solución nutritiva presentaron la mayor pérdida de peso y menor vida de anaquel. Por tanto, regar con agua o con solución nutritiva en sustratos en mezcla con lombricomposta dependerá del objetivo que se persiga, o en su caso regar con una solución nutritiva de menor concentración iónica, la cual se deberá evaluar previamente.

Efecto del factor estación del año

La mayor pérdida de peso y la menor vida de anaquel en cilantro fue la que se cultivó en la estación de invierno. En tanto, en la estación de otoño los componentes luminosidad y croma obtuvieron mayor valor, mientras que el hue fue menor en relación a invierno, esto indicó un color verde menos intenso de las hojas (Tabla 2). En cambio el contenido de fenoles totales, contenido de

Table 3.
Total phenolic content, flavonoids and antioxidant activity of the coriander plant 'Pakistan' by effect of substrates and season of the year.

Tabla 3.
Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de la planta de cilantro 'Pakistán' por efecto de los sustratos y estación del año.

Factor	Total phenolic (g CAE/100g) 30 dat	Flavonoids (g QE/100g) 30 dat	Antioxidant activity (% DPPH) 30 dat
Substrate			
VS	12.45 ^{bc}	0.55 ^{cd}	33.32 ^d
P	12.09 ^c	0.50 ^d	35.63 ^d
V	12.53 ^{abc}	0.58 ^c	46.77 ^c
VVS 80:20	13.42 ^{ab}	0.91 ^b	51.97 ^c
VP 80:20	13.55 ^{ab}	0.87 ^b	59.62 ^c
VRH 80:20	12.88 ^{abc}	0.90 ^b	51.97 ^c
VVS 65:35	13.71 ^a	1.02 ^a	66.34 ^b
VP 65:35	13.68 ^a	1.03 ^a	61.61 ^b
VRH 65:35	13.63 ^{ab}	0.98 ^a	79.59 ^a
VSV 80:20	12.61 ^{abc}	0.86 ^b	49.86 ^c
PV 80:20	12.65 ^{abc}	0.59 ^c	50.48 ^c
SMD	1.2171	0.0676	7.4306
Season			
Autumn	10.98 ^b	0.12 ^b	44.77 ^b
Winter	15.06 ^a	1.48 ^a	60.70 ^a
SMD	0.31	0.0173	1.90
CV	5.60	5.05	8.45

In the columns, the same letters indicate no statistical difference (Tukey, $p < 0.05$). VS = Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and vermicompost 20%; PV 80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dat = days after the transplant.

En las columnas, las mismas letras indican que no hubo diferencia estadística (Tukey, $p < 0.05$). VS= tezontle; P = pumita; V = lombricomposta; VVS 8020 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; VP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; VRH 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; VVS 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; VP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; VRH 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; VSV 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PV 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; SN = solución nutritiva; dat = días después del trasplante.

total phenol content, flavonoid content and antioxidant activity showed the highest values in winter (Table 3).

flavonoides y actividad antioxidante mostraron el mayor valor en invierno (Tabla 3).

Regarding crop quality characteristics, Chiesa (2010) indicates that it is affected by the physiological state of the crop, which is related to different pre-harvest factors, such as temperature, radiation, fertilization and genetic material. Raffo *et al.* (2006) found significant variation in the content of antioxidant compounds (phenolic

En relación a las características de calidad de los cultivos, Chiesa (2010) indica que es afectada por el estado fisiológico de los cultivos, el cual tiene relación con los diferentes factores precosecha, tal como la temperatura, radiación, fertilización y material genético. Por su parte, Raffo *et al.* (2006) encontraron para tomate tipo cherry, variación

compounds and vitamin C) and antioxidant activity for cherry tomatoes during six months of evaluation; however, no clear trend by season was detected, nor correlation between antioxidant activity and antioxidant compounds in general, with solar radiation or temperature; however, high temperature in mid-summer (July) decreased only the accumulation of lycopene, an antioxidant compound. Routray & Orsat (2014) mention that the changes of environmental condition and also fluctuations probably cause the increase of total phenol content and antioxidant activity.

Therefore, the higher light intensity, relative humidity, and in particular the higher temperature and greater difference between the maximum and minimum temperature in autumn, with respect to winter, could influence a lower content of total phenols, flavonoids and lower antioxidant activity. However, more systematized studies are required, so it is recommended to develop further analysis in the four seasons of the year, with continuous recording of the climate and continuous sampling.

Conclusions

Vermicompost plus water irrigation, and mixtures of vermicompost with volcanic sands, pumice or rice husk, plus 50 % nutrient solution increased the content of total phenols, flavonoids and antioxidant activity, in relation to the unmixed substrates, where the 65:35 ratio registered the highest value of flavonoids and antioxidant activity; however, postharvest quality characteristics such as weight loss and shelf life were not favored. In the winter season, only the content of total phenols, flavonoids and antioxidant activity increased.

References

- Acosta-Durán, C. M., Bahena-Galindo, M. E., Chávez-García, J. A., Acosta-Peñaloza, D. and Solís-Reynoso, M. G. (2017). Vermicompost substrate for *Belen* (*Impatiens Walleriana* hook. f.) culture. *Revista Bio Ciencias*, 4(5): 1-14. <https://doi.org/10.15741/rev-bio.04.05.04>
- Barik, T., Gulati, J. M. L., Garnayak, L. M. and Bastia, D. K. (2011). Production of vermicompost from agricultural wastes-a review. *Agricultural Reviews*, 31(3): 172-183. <http://www.arccjournals.com/uploads/articles/ar313002.pdf>
- Barros, L., Dueñas, M., Días, M. I., Sousa, M. J., Santos-Buelga, C. and Ferreira, I. C. F. R. (2012). Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 132: 841-848. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.048>
- Boudhrioua, N., Bahloul, N., Slimen, I. B. and Kechaou, N. (2009). Comparison on the total phenol contents and the color of

significativa en el contenido de compuestos antioxidantes (compuestos fenólicos y vitamina C) y actividad antioxidante, durante seis meses de evaluación; sin embargo, no se detectó tendencia clara por la estación del año, ni correlación entre la actividad antioxidante y compuestos antioxidantes en general, con la radiación solar o temperatura; no obstante, la temperatura alta a la mitad de verano (mes de julio) disminuyó sólo la acumulación de licopeno, un compuesto antioxidante. Routray & Orsat (2014) mencionan que los cambios de la condición ambiental y también las fluctuaciones, probablemente causen el incremento del contenido de fenoles totales y actividad antioxidante.

Por lo anterior, la mayor intensidad de la luz, humedad relativa, y en particular la mayor temperatura y mayor diferencia entre la temperatura máxima y mínima en otoño, respecto de invierno, pudieron influir para un menor contenido de fenoles totales, flavonoides y menor actividad antioxidante. No obstante, se requiere de estudios más sistemáticos, por lo que, se recomienda la realización de estudios posteriores en las cuatro estaciones del año, con registro continuo del clima y muestreos continuos.

Conclusiones

La lombricomposta más riego con agua, y las mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, más solución nutritiva al 50 % incrementaron el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante, en relación a los sustratos sin mezclar, donde la proporción 65:35 registró el valor mayor de flavonoides y actividad antioxidante; sin embargo, las características de calidad poscosecha tal como pérdida de peso y vida de anaquel, no se favorecieron. En la estación de invierno se incrementó sólo el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante.

- fresh and infrared dried olive leaves. *Industrial Crops and Products*, 29 (2-3): 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.08.001>
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 29(68): 28-32. <https://www.horticulturaar.com.ar/es/articulos/factores-precosecha-y-postcosecha-que-inciden-en-la-calidad-de-la-lechuga.html>
- Chizzola, R., Michitsch, H. and Franz, C. (2008). Antioxidative properties of *Thymus vulgaris* leaves: Comparison of different extracts and essential oil chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6897-6904. <https://doi.org/10.1021/jf800617g>
- Cruz-Crespo, E., Sandoval-Villa, M., Volke-Haller, V. H., Can-Chulim, A. and Sánchez- Escudero, J. (2012). Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7): 1361-1373. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i7.1343>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A. and Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2): 17-26. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.03>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P. and Alejo-Santiago, G. (2014). Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3): 289-295. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-3/14a.pdf>
- Cruz-Crespo, E., Sumaya-Martínez, M. T., Can-Chulim, A., Pineda-Pineda, J., Bugarín-Montoya, R. and Aguilar-Benítez, G. (2015). Quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of serrano chili peppers cultivated in volcanic rock-vermicompost and nutrient solutions. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3): 375-384. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300006>.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Loera-Rosales, L. J., Aguilar-Benítez, G., Pineda-Pineda, J. and Bugarín-Montoya, R. (2017). Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2): 355-367. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.56>
- Das, S., Hussain, N., Gogoi, B., Buragohain, A. K. and Bhattacharyya, S. S. (2017). Vermicompost and farmyard manure improves food quality, antioxidant and antibacterial potential of *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 956-966. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7820>
- De la Cruz, L., Estrada, M., Robledo, V., Osorio, R., Márquez, C. and Sánchez, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia*, 25:59-67 <https://www.researchgate.net/publication/262543975>
- Díaz-Pérez, J. C., Muy-Rangel, M. D. and Mascorro, A. G. (2006). Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum Annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 68-73. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2672>
- Félix-Herrán, J. A., Serrato-Flores, R., Armenta-Bojorquez, A. D., Rodríguez-Quiroz, G., Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H. S. and Olalde-Portugal, V. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai*, 6(1): 105-113. <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/17891/17066>
- García, D. E., Medina, M. G. and Ojeda, F. (2005). Efecto de la fertilización orgánica, la variedad y la época en el perfil polifenólico de *Morus alba* (L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9 (2): 69-85. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83790205>
- Hernández-Fuentes, A. D., Campos-Montiel, R. and Pinedo-Espinoza, J. M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) Var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1): 82-91. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093011>
- Hoque, M., Ajwa, H. and Mou, B. (2004). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization effects on nutritional composition of lettuce. *HortScience*, 39(4): 872. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.4.872C>
- Joshi, R., Singh, J. and Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*, 14(1): 137-159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>

- Kojo-Arah, I., Amaglo, H., Kodzo-Kumah, E. and Ofori, H. (2015). Preharvest and postharvest factors affecting the quality and shelf life of harvested tomatoes: A mini review. *International Journal of Agronomy*, ID del artículo 478041. <https://doi.org/10.1155/2015/478041>
- Luján-Hidalgo, M. C., Pérez-Gómez, L. E., Abud-Archila, M., Meza-Gordillo, R., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Dendooven, L. and Gutierrez-Miceli, F. A. (2015). Growth, phenolic content and antioxidant activity in chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sesse ex Dunal) cultivated with vermicompost and phosphate rock. *Compost Science & Utilization*, 23:276–283. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2015.1046617>
- Morales-Corts, M. R., Gómez-Sánchez, M. A. and Pérez-Sánchez, R. (2014). Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slumgum compost and their mixes as growing media for horticultural production. *Scientia Horticulturae*, 172:155-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.048>
- Msaada, K., Jemia, M. B., Salem, N., Bachrouh, O., Sriti, J., Tammar, S., Bettaieb, I., Jabri, I., Kefi, S., Limam, F. and Marzouk, B. (2017). Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit varieties. *Arabian Journal of Chemistry*, 10 (2):3176-3183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.12.011>
- OO, A. N., C. B. Iwai and P. Saenjan. (2015). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava-industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. *Land Degradation Development*, 26 (3):300-310. <https://doi.org/10.1002/ldr.2208>
- Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. and Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:11-19. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.02.003>
- Rebogile, R. M., Olaniyi A. F., Marietjie, A. S. and Umezuruike, L. O. (2014). Preharvest and postharvest factors influencing bioactive compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.)—A review. *Scientia Horticulturae*, 178:114–123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.010>
- Routray, W. & Orsat, V. (2014). Variation of phenolic profile and antioxidant activity of North American highbush blueberry leaves with variation of time of harvest and cultivar. *Industrial Crops and Products*, 62: 147-155. <https://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.020>
- Ruiz, R., Moyano, S. and Navia, A. (2004). Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agricultura Técnica*, 64(4): 426-430. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000400012>
- Sarangthem, I., Haribushan, A. and Salam, J. (2015). Effect of boron and vermicompost on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Pusa ruby) in acid soils. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49(1): A-3869. <https://doi.org/10.5958/0976-058X.2015.00002.5>
- SAS, Institute Inc. (2009). SAS User's guide. Release 8.1. (Eds). SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Scherer, R. & Teixeira, H. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112 (3): 654-658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>
- Schieber, A., Stintzing, F. C. and Carle, R. (2001). Byproducts of plant food processing as a source of functional compounds—recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12 (11):401-413. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00012-2)
- Smith, D. L., Stommel, J. R., Funga, R. W. M., Wang, C. Y. and Whitaker, B. D. (2006). Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum Annuum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 42 (3): 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.06.013>
- Socha, R., Juszczak, L., Pietrzyk, S. and Fortuna, T. (2009). Antioxidant activity and phenolic composition of herbhoneys. *Food Chemistry*, 113(2): 568-574. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.029>
- Steiner A. A. (1984). *The Universal Nutrient Solution*. Proceeding Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. A. and Laubscher, C. P. (2010). Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(13):1964-1973. http://www.academicjournals.org/article/article1380817511_Theunissen%20et%20al.pdf
- Universidad de California [UCDAVIS]. (2018). Hierbas: (Hierbas frescas culinarias): Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_

- Spanish/?uid=20&ds=803 [Last Check: February 18 th 2018].
- Vázquez-Vázquez, C., Ojeda-Mijares, G. I., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P. and Antonio-González, J. (2015). Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fitoquímica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(8): 1833-1844. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n8/2007-0934-remexca-6-08-01833-en.pdf>
- Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O. and Crisosto, C.H. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables. In: *Postharvest Handling*. Florkowski, W. J., Shewfelt, R. L., Brueckner, B. and Prussia, E. L. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374112-7.00005-6>
- Waghmare, R. B. & Annapure, U. S. (2015). Integrated effect of sodium hypochlorite and modified atmosphere packing on quality and shelf life of fresh cut cilantro. *Food Packaging and Shelf Life*, 3:62-69. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.11.001>