

Efecto de productos homeopáticos y oligosacáridos en la calidad de *Solanum lycopersicum* L, variedad “floradade”

Effect of homeopathic products and oligosaccharides on *Solanum lycopersicum* L, quality variety “floradade”

Dr. C. Alejandro Alarcón-Zayas¹ <https://orcid.org/0000-0002-3539-3938>

MSc. Boris Mijail Bonilla-Montalván² <https://orcid.org/0000-0002-1752-9336>

Dr. C. Fernando Abasolo-Pacheco² <https://orcid.org/0000-0003-2268-7432>

MSc. Yanila Esther Granados-Rivas² <https://orcid.org/0000-0003-1677-0280>

Dr. C. Tony Boicet-Fabré³ <https://orcid.org/0000-0001-5769-6852>

¹Departamento de Química. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma., Cuba

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Los Ríos, Ecuador

³Departamento de Agronomía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, Cuba

*Autor para la correspondencia. correo electrónico: aalarconz@udg.co.cu

RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos productos homeopáticos: *Phosphoricum acidum* (PA7CH) y *Silicea terra* (ST13CH) en dinamizaciones 7CH y 13CH, y oligosacáridos del QuitoMax® con concentraciones de 1 y 2 g.L⁻¹ en indicadores de la calidad de frutos de tomate (pH, capacidad antioxidante, sólidos solubles, carbohidratos solubles totales, vitamina C, β -caroteno, polifenoles y lignina), empleando un diseño de bloques completamente aleatorizados. Los datos fueron evaluados mediante un análisis de varianza de clasificación simple y comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los productos homeopáticos y los oligosacáridos del QuitoMax® mejoraron la calidad de los frutos de tomate, destacándose el producto homeopático PA7CH con los mejores resultados en cuanto a: pH, capacidad antioxidante, contenido de lignina y polifenoles. Los restantes indicadores no fueron significativamente afectados por la acción de estos productos activos.

Palabras clave: productos químicos homeopáticos; oligosacáridos; tomate; calidad.

ABSTRACT

The effect of two homeopathic products: *Phosphoricum acidum* (PA7CH) and *Silicea terra* (ST13CH) in dynamics of 7CH y 13CH respectively and oligosaccharides from QuitoMax® in concentrations of 1 g L⁻¹ y 2 g L⁻¹ on indicators of tomato fruits quality (pH, antioxidant capacity, soluble solids, soluble total carbohydrates, vitamin C, β-carotene, polyphenols and lignin) was evaluated, using a randomized completely design. The data were statistically analyzed by a variance analysis of simple classification and comparison of means by the Tukey test (p<0,05). The homeopathic products and oligosaccharides from QuitoMax® improved the tomato fruits quality, and the homeopathic product PA7CH highlighted with the best results according to: pH, antioxidant capacity, lignin content and polyphenols. The others indicators were not significantly affected by effect of these active products.

Keywords: homeopathic products; oligosaccharides; tomato; quality.

Recibido: 14/7/2020

Aprobado: 12/9/2020

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica y nutricional, relacionado con su notable riqueza en vitaminas, azúcares, compuestos antioxidantes, carotenoides, microelementos, metabolitos secundarios, sales minerales y fibras ^(1,2), siendo China, Estados Unidos y Turquía los mayores productores del mundo. No obstante, el rendimiento promedio del cultivo está por debajo de sus potencialidades, ya que no se logra satisfacer las demandas de la industria y del consumo fresco.⁽³⁾

Diferentes estudios realizados a nivel mundial han confirmado que una dieta rica en hortalizas como el tomate puede ayudar a reducir los riesgos de diferentes tipos de enfermedades tales como: cardíacas, cerebro-vasculares, cáncer, Diabetes Mellitus y obesidad.⁽¹⁾

El manejo agronómico del cultivo de tomate se ha desarrollado con el empleo de productos químicos sintéticos que han representado la vía más común para el control de plagas, enfermedades y satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos quimioproductos ha provocado un desequilibrio y desbalance en el sistema suelo-planta, debido a la disminución de las actividades microbianas y una reducción considerable del potencial agroproductivo de los suelos y las cosechas.⁽⁴⁾

Una alternativa viable, ecológica y económicamente factible al uso de productos químicos contaminantes del suelo y medio ambiente, es el empleo de oligosacáridos y sustancias homeopáticas, que se presentan como productos bioactivos de un alto potencial en el incremento de los rendimientos de los cultivos y el mejoramiento de la calidad de los productos agrícolas.^(5,6)

La aplicación de productos químicos (oligosacáridos y sustancias homeopáticas) con acción bioestimuladora del crecimiento vegetal y efecto biopesticida, ha incrementado el interés de la Comunidad Científica Internacional, debido a que estos compuestos actúan sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas.^(6,7)

El uso de oligosacáridos como bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal es de gran importancia, ya que estas moléculas funcionan como mensajeros químicos hormonales que regulan los mecanismos de crecimiento y diferenciación en diferentes cultivos, aceleran el proceso de crecimiento de las plantas y mejoran notablemente la calidad organoléptica de los frutos.^(5,7)

Los oligosacáridos del QuitoMax® han sido reportado por diversos autores con efectos económicos y biológicos superiores a otros productos tradicionales, ya que son de fácil obtención, no son productos tóxicos y son biocompatibles con los tejidos de las plantas.⁽⁵⁾

Con la utilización sustancias homeopáticas, se han obtenido resultados relevantes en casi todos los cultivos de interés agroeconómico, los cuales han registrado mejoras significativas en diversas variables fisiológicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo, ya que aceleran el ciclo fenológico, estimulan la floración y fructificación y ejercen efectos muy positivos sobre los rendimientos y la calidad bioquímica y físico-química de los frutos.^(6,8)

Recientes estudios desarrollados en la agricultura han confirmado que las sustancias homeopáticas constituyen productos químicos que funcionan como promotores y bioestimuladores del crecimiento de las plantas e intervienen en el control natural de plagas y enfermedades, sin producir efectos negativos o daños al medio ambiente.^(6,8) Sin embargo, se disponen de pocos estudios sobre el efecto de estos productos en la calidad de las hortalizas, por lo que el objetivo del trabajo es: evaluar el efecto de dos productos homeopáticos (*Phosphoricum acidum* y *Silicea terra*) y oligosacáridos del QuitoMax® en algunos indicadores de la calidad de los frutos de tomate variedad “Floradade” en condiciones de un Andisol del Ecuador.

Materiales y métodos

Localización del experimento y condiciones experimentales

El trabajo investigativo se desarrolló bajo condiciones semicontroladas en el periodo comprendido del 22 de enero/ 2018 al 22 de mayo/2018 en el área de invernaderos de la Finca “4A”, ubicada en el sector Pisagua, Parroquia San Carlos, 10 km al oeste de la ciudad de Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador a 01°04'14"S y 79°23'34"W sobre un Andisol, según la última metodología y versión de clasificación Genética de los suelos de Quevedo, Ecuador.⁽⁹⁾

El suelo presenta una textura franco-limo-arenosa con un buen drenaje interno, un contenido alto de materia orgánica (6,13 %), un pH débilmente ácido (6,5), el nitrógeno total (Nt) es medio (3,45 %), el contenido de P-asimilable es medio (123 ppm) y baja capacidad de cambio de bases (19 cmol kg⁻¹). Las principales características químicas del suelo se determinaron con la ayuda de un lector de fertilidad y pH modelo AGRITEMER de tipo Digital 3-way analyzer, que incluyeron: pH (H₂O), Materia Orgánica (%), Ca²⁺ (cmol kg⁻¹), Mg²⁺ (cmol kg⁻¹), Na⁺ (cmol kg⁻¹) K⁺ (cmol kg⁻¹), Capacidad de Cambio de Bases (cmol kg⁻¹), mientras que el contenido de Nt (%) se cuantificó por el método de Kjeldahl y el P-asimilable (ppm) por el método molibdato-vanadato de Oniani, según metodologías y procedimientos orientados por la AOAC.⁽¹⁰⁾

Las variables climáticas fueron: humedad relativa (72,3-80,3 %), precipitaciones anuales (2162 mm) y temperatura (22,1-27,8 °C). Estos datos fueron tomados del Servicio Meteorológico del Ecuador.

Se utilizó la variedad de tomate “Floradade” con un 95% de germinación, de crecimiento indeterminado, resistente a plagas y a enfermedades y de muy buenos rendimientos agrícolas.⁽¹¹⁾

Las semillas de la variedad de tomate objeto de estudio fueron obtenidas de los servicios de Agrocalidad del Ministerio de la Agricultura del Ecuador, las cuales fueron previamente desinfectadas mediante inmersión en una solución de NaClO al 5 % durante 5 min, se lavaron con abundante agua destilada y se colocaron a germinar en bandejas de poliespuma Flexe de 25 alvéolos como medio de crecimiento, a razón de una semilla por alveolo a 1cm de profundidad en el sustrato (suelo), usando tres bandejas por tratamiento para un total de 75 alvéolos.

El trasplante de las plántulas en campo se efectuó el 17 de febrero/2018 en parcelas de 12 m² (5 m x 2,4 m) con un total de 54 plántulas por parcela con una distancia entre plántulas de 0,30 m y 0,80 m entre hileras, dejando 0,50 m entre tratamiento y 1,50 m entre replicas, con un total de 162 plantas por tratamiento y 810 plantas en todo el experimento. Las necesidades hídricas se suplieron mediante un sistema de riego por goteo, la selección de las plántulas para el trasplante, la preparación de suelo y las atenciones culturales del cultivo se realizaron según lo establecido en la Guía Técnica para el cultivo del tomate.⁽¹²⁾

Productos aplicados

Se aplicaron dos productos homeopáticos (*Phosphoricum acidum* y *Silicea terra*), elaborados en el laboratorio de la Farmacia Homeopática Nacional de México, los cuales se prepararon mediante el proceso de dinamización de las soluciones objeto de estudio, disolviendo 1 mL del producto en 99 mL de agua para realizar las sucusiones (agitaciones) y obtener el biopreparado, de acuerdo a la metodología propuesta por Alvarado-Mendoza *et al.*⁽⁸⁾, logrando dinamizaciones centesimales de 7CH para el *Phosphoricum acidum* (PA7CH) y 13CH para la *Silicea terra* (ST13CH). Se emplearon además, oligosacáridos del QuitoMax® (124 kDa de masa molecular, 44-60 % de grado de acetilación y viscosidad de 0,08-0,12 g cm⁻¹seg⁻¹), obtenidos por el Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba, a partir de la desacetilación de la quitina con NaOH al 40 %, según Falcón *et al.*⁽⁵⁾ y que se prepararon de acuerdo a la metodología propuesta por González *et al.*⁽¹³⁾ en concentraciones de 1 y 2 g L⁻¹ respectivamente. Todos estos productos se aplicaron por imbibición a las raíces de las plántulas durante 30 min. Un control (sin aplicación) también fue utilizado, para un total de cinco tratamientos con tres replicas, que se ubicaron sobre un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados.

Indicadores de la calidad de los frutos de tomate

A 120 días del ciclo biológico del cultivo se realizaron determinaciones cuantitativas de algunos indicadores de la calidad de los frutos de tomate en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del

Ecuador y con tales fines se tomaron 30 frutos por tratamiento después de la cosecha, los cuales fueron clasificados y seleccionados uniformemente de acuerdo al tamaño (120 ± 5 g), color (rojo claro) y sin ningún tipo de daños mecánicos, se conservaron y se mantuvieron en refrigeración a -20 °C, cuando inmediatamente no fueron analizados.

Se pesaron 20 g de los frutos de tomate por tratamiento, sin la cáscara protectora, se colocaron en un mortero y se tritularon bien hasta obtener el jugo, el cual se homogenizó y se centrifugó (centrífuga modelo Neofuge-15 de procedencia China) a una velocidad de $8\,000\text{ r min}^{-1}$ durante 15 minutos, a partir del cual se determinaron los siguientes indicadores de la calidad: pH, capacidad antioxidante, sólidos solubles totales, carbohidratos solubles totales, vitamina C, β -caroteno, polifenoles y lignina, según procedimientos y metodologías orientadas por Horwitz y Latimer.⁽¹⁴⁾

- **pH** por el método potenciométrico, empleando un pH-metro, HI-4221, Hanna Instruments de procedencia Brasileña, previamente estandarizado con la ayuda de disoluciones buffers.
- **Capacidad antioxidante** por el método fotolorimétrico de Turkmen *et al.*⁽¹⁵⁾, usando un espectrofotómetro UV-visible, modelo Spekol-11 Carl Zeiss, Jena de procedencia Alemana, una solución etanólica de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil a $\lambda = 517$ nm y se expresa en porcentaje.
- **Sólidos solubles totales** mediante el método refractométrico, empleando un refractómetro digital de mano modelo N1 Atago y se expresó en °Brix.
- **Carbohidratos solubles totales** por el método fotolorimétrico fenol-ácido sulfúrico de Dubois *et al.*⁽¹⁶⁾, utilizando un espectrofotómetro UV-visible, modelo ZUZI-4200 de procedencia Alemana a una $\lambda = 490$ nm y se expresó en porcentaje.
- **Vitamina C** por el método volumétrico de oxidación-reducción, propuesto por Kabasakalis *et al.*⁽¹⁷⁾, mediante extracción con una disolución de ácido acético-ácido metafosfórico, usando como agente valorante el 2,6-diclorofenolindofenol hasta la aparición de un color rosado y se expresó en mg kg^{-1} del material fresco (MF).
- **β -caroteno** por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), según metodología propuesta por Krumbein *et al.*⁽¹⁸⁾, homogenizando el material fresco con una mezcla de CaCO_3 , Na_2SO_4 y acetona, empleando un Cromatógrafo de columna reversible de fase, modelo Lichrosphere-100 ($5\text{ }\mu\text{m}$, 250×4 mm, VWR international, Dresden, Alemania) con una proporción de flujo de 1 mL min^{-1} a una $\lambda = 455$ nm y se expresó en $\mu\text{g g}^{-1}$ del MF.
- **Polifenoles** mediante el método espectrofotométrico propuesto por Harnafi y Amrani⁽¹⁹⁾, usando un espectrofotómetro UV-visible, modelo Cary IE-100 (Varian, Palo Alto, CA, USA) a $\lambda = 765$ nm, extraídos con una solución acuosa de metanol al 50 % a 90 °C, usando el reactivo de Folin-Ciocalteu (fosfomolibdato y fosfotungstato de sodio) y como patrón disolución de ácido gálico y se expresó en mg de ácido gálico g^{-1} .
- **Lignina** por el método propuesto por Lowry *et al.*⁽²⁰⁾, a partir del residuo de la muestra y la cáscara protectora, la cual se sometió a un proceso de hidrólisis ácida con H_2SO_4 al 72% durante 2 h a 20 ± 1 °C, mediante agitación cada 30 min y ebullición a reflujo durante 2 h. A continuación se realizó una segunda hidrólisis diluyendo el H_2SO_4 a 3% con agua desionizada, el residuo ácido obtenido se filtró y se colocó en una estufa marca Nabertherm, modelo TR-120 a 105 °C durante 1 h, la muestra seca se pesó y se expresó en porcentaje.

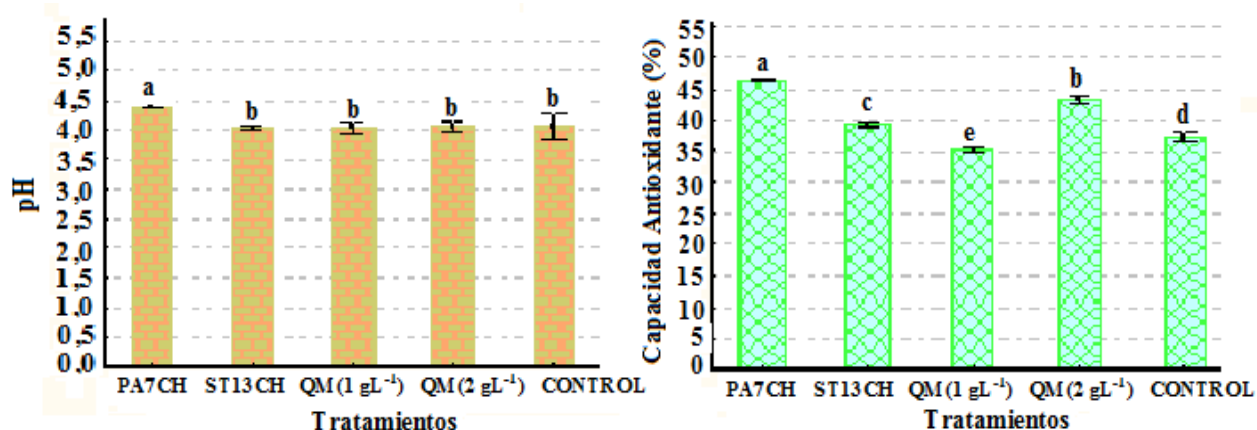
Análisis estadísticos de los datos experimentales

A los datos experimentales se les verificó la normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett. Se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple y comparación de medias por la prueba paramétrica de Tukey ($p \leq 0,05$), empleando el paquete estadístico STATISTICA para Windows, versión 7.⁽²¹⁾ Los datos de los indicadores de la calidad expresados en porcentajes (p) se transformaron mediante el empleo de la fórmula $X = \arcsen \sqrt{p}$.

Resultados y discusión

Efecto de dos productos homeopáticos y oligosacáridos del QuitoMax® sobre el pH y la capacidad antioxidante de los frutos del tomate

En la figura 1 se demuestra que la aplicación de los productos homeopáticos y oligosacáridos del QuitoMax® afectaron significativamente la acidez y la capacidad antioxidante de los frutos del tomate, lográndose el mayor valor de pH igual a 4,41 y la mayor capacidad antioxidante (46,25 %) con el producto homeopático, *Phosphoricum acidum* (PA7CH) con diferencias significativas con respecto a los tratamientos con *Silicea terra* (ST3CH), ambas concentraciones del QuitoMax® y el control (sin aplicación).



Barras \pm ES con letras iguales no difieren significativamente para la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fig. 1 - Efecto de dos productos homeopáticos (PA7CH y ST13CH) y oligosacáridos del QuitoMax® (QM) sobre el pH y la capacidad antioxidante de los frutos de tomate

El valor más elevado del pH (menor acidez) de los frutos de tomate de las plantas se logró con la aplicación del homeopático PA7CH, en comparación con las plantas tratadas con los oligosacáridos del QuitoMax®, el homeopático ST13CH y el control (sin aplicación), lo cual podría estar relacionado con el mayor efecto bioestimulante de este producto activo (PA7CH) sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, que estimulan las vías de degradación o el catabolismo de las sustancias de reservas almacenadas en los frutos (glucosa, fructosa y sacarosa)

y su posterior conversión a través de la vía glucolítica en ácido pirúvico, sustancia que por descarboxilación es transformada en acetil-CoA.

El acetil-CoA formado por esta vía se incorpora a la respiración celular, donde es metabolizada en el ciclo de Krebs hasta diferentes ácidos orgánicos (ácido cítrico, succínico y málico), compuestos orgánicos que son movilizados rápidamente, debido a una disminución del potencial osmótico celular, y utilizados como fuente de energía, lo que trae como consecuencia una disminución significativa de la concentración de iones H^+ (incremento del pH) en el interior del protoplasma de las células oclusivas de estos órganos de la planta.⁽²²⁾

Reyes-Pérez y colaboradores⁽²³⁾, lograron reducir la acidez de los frutos de esta misma variedad de tomate, al aplicar por aspersión foliar dosis de: 100, 200 y 300 $mg\ ha^{-1}$ de oligosacáridos del QuitoMax®, en indicadores de la calidad de esta hortaliza bajo condiciones edafoclimáticas del Ecuador. Esto permitió mejorar el sabor y la calidad organoléptica de los frutos, tanto para el consumo fresco, como para la comercialización en la industria.

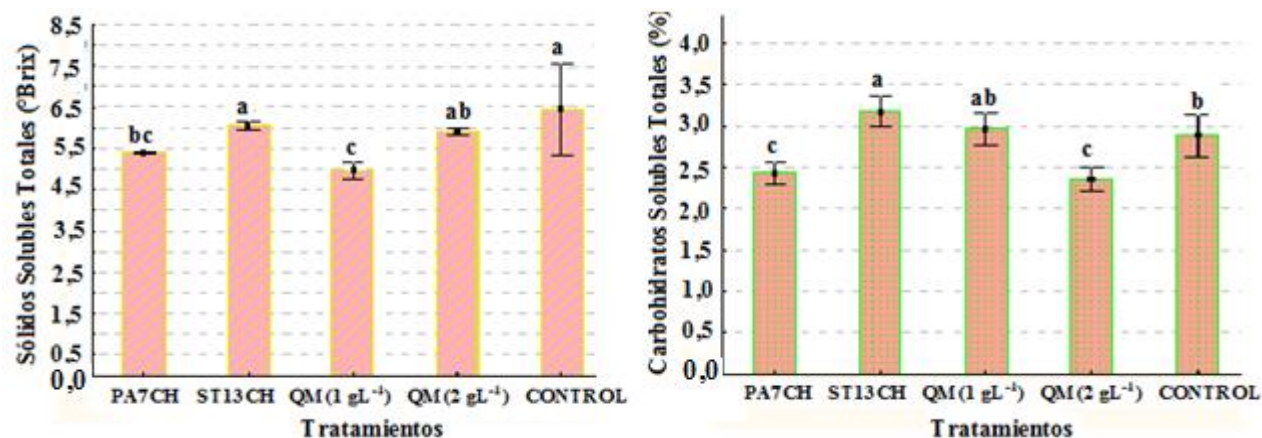
Alarcón-Zayas y colaboradores⁽⁷⁾, evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de oligosacáridos del Enerplant® en indicadores de la calidad de la cebolla (*Allium cepa* L.), cultivada bajo condiciones de un Cambisol del municipio de Media Luna, en la provincia de Granma, Cuba y lograron valores inferiores de acidez de los bulbos en comparación con el tratamiento control (sin aplicación).

Se ha demostrado científicamente que el modo de acción de los homeopáticos y los oligosacáridos involucra la regulación de un gran número de genes responsables del metabolismo secundario de las plantas, que permite la síntesis y acumulación de compuestos importantes tales como: polifenoles, antocianinas, flavonoides, taninos y terpenos, que son los responsables de mejorar la actividad o capacidad antioxidante de los frutos y la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés abiótico y biótico.^(8,24)

Efecto de dos productos homeopáticos y oligosacáridos del QuitoMax® sobre los contenidos de sólidos solubles totales (°Brix) y carbohidratos solubles totales (%) de frutos de tomate

Los resultados de la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para los contenidos de sólidos solubles totales (°Brix) y carbohidratos solubles totales (%) de frutos de tomate se reflejan en la figura 2, donde se observa que los mejores resultados con relación a los sólidos solubles totales (%) se alcanzaron en los tratamientos: control, con *Silicea terra 13CH* (ST13CH) y la dosis de 2 $g\ L^{-1}$ de QuitoMax®, los cuales no difirieron significativamente entre sí, con valores que oscilaron entre 5,92 y 6,46 °Brix. Los carbohidratos solubles totales mostraron los mejores resultados para *Silicea terra 13CH* (ST13CH) y los oligosacáridos del QuitoMax® (1 $g\ L^{-1}$) con valores de 3,18 y 2,97 %, con diferencias significativas con relación a los tratamientos con *Phosphoricum acidum 7CH* (PA7CH) y los oligosacáridos del QuitoMax® (2 $g\ L^{-1}$). El control (sin aplicación) no difirió significativamente del tratamiento con QuitoMax® (1 $g\ L^{-1}$).

Los valores de sólidos solubles totales son elevados si se comparan con los obtenidos por Reyes-Pérez y colaboradores⁽²³⁾, al aplicar diferentes concentraciones de oligosacáridos del QuitoMax® en esta misma variedad de tomate, al lograr valores que oscilaron entre 3,35 y 4,46 °Brix.



Barras \pm ES con letras iguales no difieren significativamente para la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fig. 2 - Efecto de dos productos homeopáticos (PA7CH y ST13CH) y oligosacáridos del QuitoMax® (QM) en el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y carbohidratos solubles totales (%) en los frutos de tomate

Por su parte, Alarcón-Zayas y colaboradores ⁽²⁵⁾, lograron valores entre 5,27 y 5,79 °Brix de sólidos solubles totales, al aplicar diferentes concentraciones de ácidos húmicos en el cultivo del tomate, variedad “Vyta” bajo condiciones edafoclimáticas de la provincia de Granma, Cuba.

Estos autores atribuyeron estos resultados a la acción bioestimulante, y al efecto que estos bioproductos producen sobre el influjo de potasio (K^+) y el eflujo de calcio (Ca^{2+}) a nivel celular, lo que permite la apertura de los estomas debido a una disminución del potencial osmótico en las células oclusivas y en consecuencia hay una mayor captación y concentración de CO_2 a nivel de cloroplastos, una mayor eficiencia fotosintética y como resultado una mayor concentración de azúcares y sólidos solubles totales.

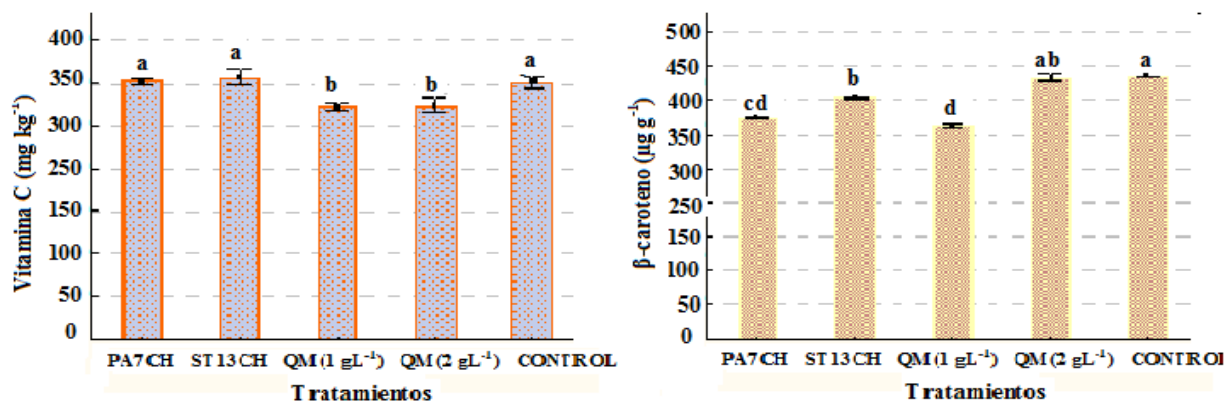
Las plantas de tomates tratados con ST13CH y la menor dosis de oligosacáridos del QuitoMax® (1 g L⁻¹) presentaron los valores más elevados de carbohidratos solubles totales en los frutos. Sin embargo, al aumentar la dosis hasta 2 g L⁻¹ de oligosacáridos del QuitoMax® se obtuvieron contenidos más bajo de esta variable con relación al control y al PA7CH. En tal sentido, Taiz y colaboradores ⁽²²⁾, señalan que el incremento en los contenidos de carbohidratos solubles totales y sólidos solubles totales de los frutos, podría atribuirse al efecto modulador positivo que producen estos bioestimulantes sobre la actividad de las enzimas, que catalizan la degradación del almidón (polisacárido de reserva de las plantas), de la celulosa (carbohidrato estructural) y de otros componentes celulares del tejido vegetal.

Falcón ⁽⁵⁾ argumentan que los oligosacáridos del QuitoMax® son capaces de inducir no solo la producción de etileno, sino también activan ciertos mecanismos fisiológicos y bioquímicos, especialmente enzimáticos y hormonales, que permiten estimular la degradación de ciertos glúcidos de reserva (sacarosa y almidón), de modo que se pueden transformar en azúcares más simples que incrementan la concentración de carbohidratos y sólidos solubles totales de los frutos preferentemente durante la maduración. En tal sentido, Bonamin ⁽²⁶⁾, señala que los productos activos homeopáticos, no solamente actúan como bioestimulantes del crecimiento vegetal, sino también que juegan un papel importante en la protección y control de patógenos de las plantas, incrementando la calidad externa e interna de los frutos en los cultivos.

De acuerdo a los reportes disponibles en la literatura científica, los bioestimulantes tienen efectos significativos sobre el crecimiento, la composición órgano-mineral y los rendimientos de los cultivos, lo que afecta también la calidad química y dentro de ella, la acumulación de glúcidos de reservas y sólidos solubles totales en los frutos de las plantas.⁽²⁷⁾

Influencia de los tratamientos sobre el contenido de vitamina C y β -caroteno en frutos de tomate

Los resultados obtenidos con relación al contenido de vitamina C y β -caroteno de los frutos de tomate se presentan en la figura 3, donde se observa que los tratamientos con los productos homeopáticos (PA7CH y ST13CH) y el control (sin aplicación) presentaron contenidos de vitamina C superiores y con diferencias significativas con respecto a los oligosacáridos del QuitoMax® (1 y 2 g L⁻¹) con valores 306,15 y 300,60 mg kg⁻¹ del material fresco (MF). Un comportamiento un tanto diferente se observó en el contenido de β -caroteno, donde los mayores valores se alcanzaron en el tratamiento control y los oligosacáridos del QuitoMax® (2 g L⁻¹) con valores de 384,13 y 382,46 μ g g⁻¹ MF, los cuales difirieron significativamente del resto de los tratamientos estudiados (PA7CH, ST13CH y QuitoMax®, 1 g L⁻¹).



Barras \pm ES con letras iguales no difieren significativamente para la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Fig. 3 - Efecto de los tratamientos sobre el contenido de vitamina C y β -caroteno en frutos de tomate

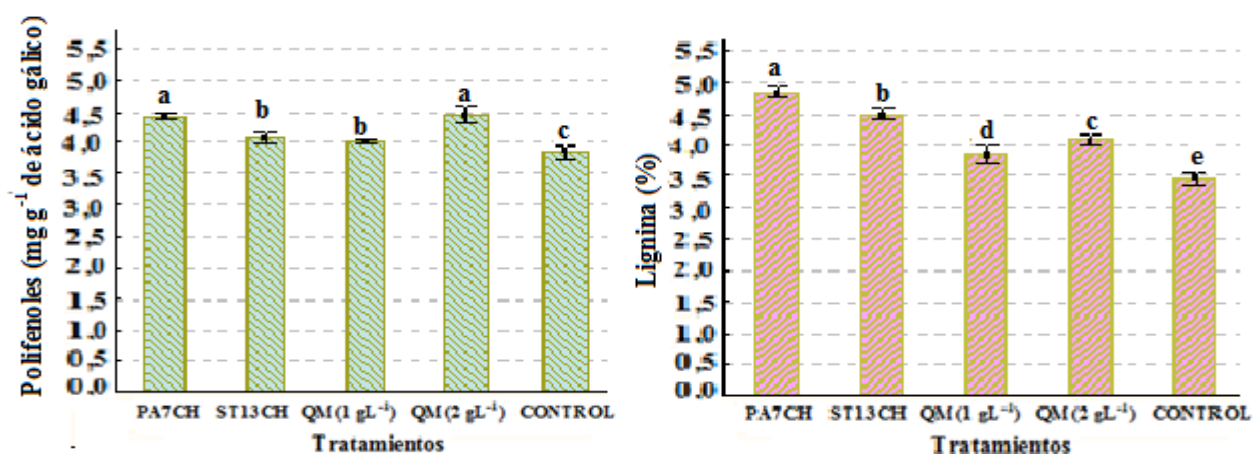
Ha sido ampliamente demostrado en trabajos desarrollados por Reyes-Pérez y colaboradores⁽²³⁾ y Terry y colaboradores⁽²⁸⁾ que los oligosacáridos del quitosano estimulan el crecimiento de las plantas de tomate, aceleran su ciclo biológico e influyen de manera muy significativa sobre los componentes de la calidad organoléptica de los frutos y los contenidos de compuestos con capacidad antioxidante (vitamina C y β -caroteno). No obstante, se ha comprobado en investigaciones realizadas por Jiménez-García y colaboradores⁽²⁹⁾ que las plantas sometidas a condiciones de estrés nutricional o hídrico (plantas controles) generalmente elaboran cantidades significativas de metabolitos secundarios (fitoquímicos) y compuestos carotenoides (β -caroteno y licopeno) como respuesta defensiva ante las condiciones expuestas.

Luna-Guevara y Delgado-Alvarado⁽³⁰⁾, realizaron un estudio sobre la importancia, contribución y estabilidad de compuestos antioxidantes en frutos y productos derivados del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y demostraron que ciertas operaciones durante el manejo de la poscosecha, pueden alterar la concentración ó contenido de micronutrientes (vitaminas y minerales) y de

compuestos con actividad antioxidante (β -caroteno, licopeno, vitamina A, C y E.), informando valores para frutos de tomate fresco de 190-250 mg kg⁻¹ de vitamina C del materia fresco (MF) y de 15-56 mgkg⁻¹ de licopeno. Por su parte, Nunes *et al.* ⁽³¹⁾, consideran que los productos homeopáticos tienen efectos diferentes sobre el metabolismo y los procesos fisiológicos de las plantas, los cuales pueden variar de acuerdo al tipo de sustancia y grado de dilución empleado.

Efecto de dos productos homeopáticos y oligosacáridos del QuitoMax sobre los contenidos de polifenoles y lignina de los frutos de tomate

Los resultados obtenidos con relación a los contenidos de polifenoles y lignina de los frutos se presentan en la figura 4, donde se observa que los mayores contenidos de polifenoles con valores de 4,44 y 4,50mg g⁻¹ de ácido gálico, se lograron con la aplicación del producto homeopático (PA7CH) y la mayor concentración del QuitoMax® (2 g L⁻¹), los cuales difirieron significativamente del resto de los tratamientos estudiados. El porcentaje de lignina de los frutos difirió significativamente entre todos los tratamientos evaluados, lográndose el mayor porcentaje con la aplicación del producto homeopático PA7CH con una media de 4,84 %.



Barras \pm ES con letras iguales no difieren significativamente para la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Fig. 4 - Efecto de los tratamientos sobre el contenido de polifenoles y lignina en frutos de tomate

Los resultados obtenidos indican que existe una estrecha relación entre los contenidos de vitamina C, β -caroteno y polifenoles y la capacidad antioxidante en frutos de tomate, lo cual confirma el papel de estos fitoquímicos en la eliminación de especies reactivas de oxígeno (ERO) que se acumulan durante el metabolismo celular y que causa daño o estrés oxidativo a las plantas. Estos resultados están en correspondencia con los informados por Xu *et al.* ⁽³²⁾

Se ha confirmado el efecto de oligosacáridos del QuitoMax® y productos homeopáticos en la estimulación de la síntesis de lignina, sustancia que participa en el fortalecimiento de la pared celular de los frutos de los vegetales, incrementando su vida útil y su calidad poscosecha. ^(8,13,24)

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que los productos activos homeopáticos conjuntamente con los oligosacáridos del QuitoMax® constituyen alternativas promisorias en la Agricultura Moderna y con su aplicación, se mejoran algunos indicadores de la calidad nutricional y comercial del tomate, destacándose el producto homeopático PA7CH con los mejores resultados en cuanto a: pH, capacidad antioxidante, contenido de lignina y polifenoles. Es importante señalar, que este estudio constituye la primera investigación sobre el empleo de productos homeopáticos en la producción del tomate bajo condiciones edafoclimáticas del Ecuador.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecemos profundamente al Ph D. Fernando Abasolo Pacheco, responsable del proyecto FOCICyT (quinta convocatoria 2017-2018) y profesor e investigador de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador por su apoyo y aporte científico, el cual contribuyó a la ejecución y culminación de esta investigación. Agradecimientos al Ph D. Juan José Reyes Pérez, responsable de investigaciones científicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi en Ecuador por facilitar el producto QuitoMax® de origen cubano, el cual fue de mucha utilidad para desarrollar esta investigación científica.

Referencias bibliográficas

1. SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. "Health benefits of fruits and vegetables". *Advances in Nutrition*. 2012, 3, 506-516. ISSN: 2161-8313
2. SABIN, F. *et al.* "PGPR mediated bio-fortification of tomato fruit metabolites with nutritional and pharmacological importance". *Pakistan Journal of Biotechnology*. 2017, 14, 17-21. ISSN: 1812-1837.
3. FAOSTAT. Anuario estadístico de la FAO. Food and Agricultural Organization. *Estadísticas del cultivo del tomate*. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Consultado: 17 de mayo del 2019].
4. REYES, G.; CORTÉZ, D. "Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012)". *Bioagro*. 2017, 29 (1), 45-52. ISSN: 1316-3361.
5. FALCÓN, R.A. *et al.* "Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas". *Cultivos Tropicales*. 2015, 36, 29-111. ISSN: 0258-5936.
6. MENESES-MORENO, N. "Agrohhomeopatía como alternativa a los agroquímicos". *Revista Médica de Homeopatía*. 2017, 10(1), 9-13. ISSN: 1888-8526
7. ALARCÓN-ZAYAS, A. *et al.* "Efecto del Enerplant® en el rendimiento y la calidad de la cebolla". *Revista Centro Agrícola*. 2018, 45 (2), 12-20. ISSN: 0253-5785
8. ALVARADO-MENDOZA, A. *et al.* "La agrohhomeopatía: una alternativa para el control del patógeno *Fusarium oxysporum* f. *sxp. Lycopersici*". *El misionero del Agro*. 2017, 12, 60-71. ISSN: 1390-8537.
9. MORENO, J.; LASSO, L. "Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25000". *Geopedología*. 2013, 60, 115-132. ISSN: 0123-4226
10. AOAC. Association of Analytical Communities. *Official Methods of Analysis*. 16th. edition. S. William (ed). Published by Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 1998. ISSN: 0066-961X.

11. REYES-PÉREZ, J.J. *et al.* "Physiological, phenological and productive responses of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants treated with chitosan". *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 2018, **45** (2), 26-31. ISSN: 2452-5731
12. LÓPEZ-MARIN, L. *Manual Técnico del Cultivo del Tomate*. Innovación para la Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y Panamá. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. IICA. 2017. 121 pp. ISBN: 978-9968-586-27-6.
13. GONZÁLEZ, D. *et al.* "Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L)". *Cultivos Tropicales*. 2014, **35**(1), 35-42. ISSN: 0258-5936.
14. HORWITZ, W., LATIMER, G.W. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition, Association of Official Analytical Chemistry International, Maryland. 2005, 278 pp. ISBN: 0935584757.
15. TURKMEN, N. *et al.* "The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables". *Food Chemistry*. 2005, 93, 713-718. ISSN: 0308-8146.
16. DUBOIS, M. *et al.* "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". *Analytical Chemistry*. 1956, **28**(3), 350-356. ISSN: 0003-2700.
17. KABASAKALIS, V. *et al.* "Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate of loss upon storage". *Food Chemistry*. 2000, 70, 325-328. ISSN: 0308-8146.
18. KRUMBEIN, A. *et al.* "Composition and contents of phytochemicals (glucosinolates, carotenoids and chlorophylls) and ascorbic acid in selected *Brassica* species (*B. juncea*, *B. rapa* subsp. *nipposinica* var. *chinoleifera*, *B. rapa* subsp. *chinensis* and *B. rapa* subsp. *rapa*)". *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2005, 79, 168-174. ISSN: 1613-9216.
19. HARNAFI, H., AMRANI, S. "Spectrophotometric methods for determination of plant polyphenols content and their antioxidant activity assessment: An overview". *Pharmacognosy Reviews*. 2008, **2**(3), 20-22. ISSN: 0973-7847.
20. LOWRY, J.B. *et al.* "Acid detergent dispersible lignin in tropical grasses". *Journal of the Sciences of Food and Agriculture*. 1994, **65**(1), 41-50. ISSN: 0022-5142.
21. STATISTICA. Programa Estadístico para el análisis y procesamiento de datos experimentales. Versión 7,0 para Windows. 2006.
22. TAIZ, L. *et al.* *Plant Physiology and Development*. 6th Edition. Sunderland, MA, Sinauer Associates. 2014. ISBN10:1605352551.
23. REYES-PÉREZ, J. *et al.* "Aplicación de QuitoMax® en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y evaluación de su efecto en el rendimiento y el valor nutricional". *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 2018, **35**, 436-475. ISSN: 2477-9407.
24. LARSKAYA, I.A.; GORSHKOVA, T.A. "Plant oligosaccharides outsiders among elicitors". *Biochemistry*. 2015, **80**(7), 881-900. ISSN: 0006-2979
25. ALARCÓN-ZAYAS, A. *et al.* "Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate". *Revista Cubana de Química*. 2018, **30** (2), 243-255. ISSN: 2224-5421.
26. BONAMIN, L. "The soundness of homeopathic fundamental research". *Journal of Homeopathy*. 2017, **80**(3/4), 82-89. ISSN: 2175-3105.
27. ROUPHAEL, Y. "Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars". *Scientia Horticulturae*. 2017, 226, 353-360. ISSN: 0304-4238.

28. TERRY, A.E. *et al.* "Respuesta agronomica del cultivo del tomate al bioproducto quitosano". *Cultivos Tropicales*. 2017, **18** (1), 147-154. ISSN: 0258-5936.
29. JIMÉNEZ-GARCÍA, S. *et al.* "Current approaches for enhanced expression of secondary metabolites as bioactive compounds in plants for agronomic and human health purposes". *A Review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2013, **63**(2), 67-78. ISSN: 1230-0322.
30. LUNA-GUEVARA, M.L.; DELGADO-ALVARADO, A. "Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)". *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2014, **18**(1), 51-66. ISSN: 0188-7890.
31. NUNES, A. *et al.* "Viability of vegetable seeds submitted to treatments with high dilutions". *Journal of Agricultural Sciences*. 2018, **15**(4), 1521-1530. ISSN:0021-8596
32. XU, Y. *et al.* "Scorbic acid mitigation of water stress-inhibition of root growth in association with oxidatie defense in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)". *Frontiers in Plant Science*. 2015, 6, 801-807. ISSN:1664-462X.

Conflictos de interés

Los autores expresan no tener conflictos de intereses en la publicación del presente manuscrito.

Contribución de los autores

Dr. C. Alejandro Alarcón-Zayas. Participó activamente en la discusión de los resultados científicos, la revisión y aprobación de la revisión final del manuscrito del trabajo.

MSc. Boris Mijail Bonilla-Montalván. Participó en el montaje del experimento y en la discusión de los resultados científicos que se muestran en el manuscrito del trabajo.

Dr. C. Fernando Abasolo-Pacheco. Participó activamente en la discusión de los resultados científicos que se muestran en el manuscrito del trabajo.

MSc. Yanila Esther Granados-Rivas. Participó en la discusión de los resultados científicos que se muestran en el manuscrito del trabajo.

Dr. C. Tony Boicet-Fabré. Participó activamente en la discusión de los resultados científicos, la revisión y aprobación de la revisión final del manuscrito del trabajo.