

## Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate

*Effect of humic acids on biochemical and physicochemical indicators of tomato quality*

*Dr. C. Alejandro Alarcón-Zayas<sup>I</sup>; Dra. C. Pilar Barreiro-Elorza<sup>II</sup>; Dr. C. Tony Boicet-Fabre<sup>III</sup>; Dr. C. Melquiades Ramos-Escalona<sup>I</sup>; MSc. José Ángel Morales-León<sup>IV</sup>*

*aalarconz@udg.co.cu; pilar.barreiro@upm.es*

*<sup>I</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Informáticas, Naturales y Exactas, Universidad de Granma, Cuba; <sup>II</sup>Departamento de Ingeniería Rural, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España; <sup>III</sup>Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Cuba; <sup>IV</sup>Centro de Estudios de Química Aplicada, Facultad de Ciencias Informáticas, Naturales y Exactas, Universidad de Granma, Cuba.*

Recibido: 17 de julio de 2017

Aprobado: 6 de diciembre de 2018

### Resumen

Se evaluó el efecto de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físicoquímicos de la calidad del tomate. Se aplicaron ácidos húmicos a las plántulas en concentraciones de: 250, 500, 750 y 1 000 mg L<sup>-1</sup>. Se empleó un control para un total de 5 tratamientos con 5 réplicas, que se ubicaron sobre un diseño de bloques al azar. Los datos obtenidos fueron evaluados mediante análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Los ácidos húmicos aplicados tuvieron una respuesta positiva sobre los indicadores evaluados, logrando incrementos significativos de pH, sólidos solubles totales, carbohidratos solubles totales, materia seca, vitamina C, firmeza, diámetro axial y ecuatorial, y la relación sólidos solubles totales/acidez titulable, así como una reducción de la acidez titulable y la pérdida de peso del fruto en comparación con el control, obteniéndose los mejores resultados con la concentración de 500 mg L<sup>-1</sup> de ácidos húmicos.

**Palabras clave:** ácidos húmicos, indicadores bioquímicos, indicadores físico-químicos, calidad, tomate.

### Abstract

The effect of humic acids on biochemical and physico-chemical indicators of tomato quality was evaluated. Humic acids were applied to the seedlings at concentrations: 250, 500, 750 and 1 000 mg L<sup>-1</sup>. A control was also used, using 5 treatments with 5 replicates, which were set on a randomized block design. The data were evaluated by analysis of variance and comparison of means by the Tukey test ( $p \leq 0,05$ ). Applied humic acids had a positive response on the evaluated pointers, achieving significant increases in pH, total soluble solids, total soluble carbohydrates, dry matter, vitamin C, firmness, axial and equatorial diameter, and the total soluble solids / titratable acidity ratio. Also, a reduction in the titratable acidity and fruit weight loss were compared. The best results were achieved with the concentration of 500 mg L<sup>-1</sup> of humic acids.

**Keywords:** humic acids, biochemical indicators, physicochemical indicators, quality, tomato.

## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) constituye uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia y valor económico en Cuba y en el mundo, siendo China, EE.UU y Turquía los mayores productores [1].

El desarrollo óptimo de los cultivos demanda de una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas, ya que son componentes fundamentales de todos los sistemas agrícolas y con su implementación se mejora el crecimiento y se incrementan los rendimientos de los cultivos [2]. Sin embargo, se ha comprobado científicamente que el uso indiscriminado de estos insumos químicos ha producido un impacto negativo en el medio ambiente, ya que con su aporte se contamina el suelo, se reduce la biodiversidad, aumentan los riesgos de salinización, disminuyen considerablemente las reservas energéticas del suelo y se contaminan las aguas superficiales y subterráneas [3].

Una alternativa ecológica y económicamente viable al uso de fertilizantes minerales y pesticidas, es el empleo de abonos orgánicos como los ácidos húmicos, sustancias que estimulan el desarrollo vegetal, incrementan los rendimientos y la calidad de los frutos [4, 5].

Sin embargo, solo se disponen de algunos estudios sobre el efecto de los ácidos húmicos sobre la calidad de frutos de tomate, por lo que el objetivo del trabajo es evaluar la influencia de diferentes concentraciones de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad de frutos de tomate, en condiciones de un Fluvisol del municipio de Bayamo, provincia de Granma.

## Materiales y métodos

### *Localización del Experimento y condiciones experimentales*

La investigación se llevó a cabo en el período comprendido de septiembre/2010 a enero/2011 en el Área Experimental Agrícola de la Universidad de Granma, municipio de Bayamo, provincia de Granma, sobre un suelo de tipo Fluvisol, descrito y ubicado de acuerdo a la última metodología y versión de clasificación Genética de los suelos de Cuba [6].

Este suelo presenta un contenido medio de materia orgánica (3,36 %), un pH débilmente ácido (5,6), el fósforo es elevado (154 ppm), la capacidad de cambio de bases (CCB) es

baja ( $17,43 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), donde predomina el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dentro de los cationes intercambiables con  $15,44 \text{ cmolkg}^{-1}$ ; siendo el sodio ( $\text{Na}^+$ ) el que se encuentra en menor cuantía con solo  $0,27 \text{ cmolkg}^{-1}$ . Todos los análisis químicos se realizaron según los procedimientos y metodologías orientadas por la AOAC [7].

El área experimental se caracterizó por una temperatura promedio de  $24,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , con los mayores registros en el mes de septiembre con  $28,6 \text{ }^\circ\text{C}$  y los valores más bajos en enero con  $20,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Las precipitaciones fueron escasas de manera general con una media de  $48,6 \text{ mm}$ , siendo enero el mes menos lluvioso con solamente  $0,62 \text{ mm}$  y octubre presentó los mayores registros con  $111,6 \text{ mm}$  de lluvia. La humedad relativa en esta época se mantuvo en un rango de  $76,8$  a  $88,6 \%$ . Estos datos fueron tomados de la Estación Agrometeorológica de Veguitas, municipio Yara, provincia de Granma, Cuba.

Se utilizó la variedad de tomate “Vyta” con un  $96 \%$  de germinación, de crecimiento determinado, resistente a plagas y a enfermedades y de muy buenos rendimientos agrícolas [8].

Las semillas fueron previamente desinfectadas con una disolución de  $\text{NaClO}$  al  $5 \%$  durante  $5 \text{ min}$ , se lavaron con abundante  $\text{H}_2\text{O}$  destilada y se colocaron a germinar en un sustrato compuesto por una mezcla de suelo y vermiculita en proporción  $7:3$  (m:m) en parcelas de  $1 \text{ m}^2$ .

Se conformó un semillero de  $16 \text{ m}^2$ , compuesto por 2 canteros de  $8 \text{ m}^2$  ( $8 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ), y se sembraron las semillas a razón de  $2,3 \text{ g m}^{-2}$ , a una profundidad en el sustrato de  $1,5 \text{ cm}$ .

Cuando las plántulas alcanzaron  $12 - 14 \text{ cm}$  de altura y  $5 \text{ mm}$  de grosor del tallo se extrajeron y fueron trasplantadas en campo (primera quincena del mes de octubre) a hilera simple con una distancia entre surcos de  $0,90 \text{ m}$  y entre plantas de  $0,30 \text{ m}$  ( $0,90 \times 0,30$ ), en parcelas de  $18 \text{ m}^2$  de superficie ( $5,0 \text{ m}$  de longitud y  $3,6 \text{ m}$  de ancho), con una separación entre parcelas de  $0,50 \text{ m}$  y  $0,95 \text{ m}$  entre réplicas.

Las atenciones culturales del cultivo se llevaron a cabo siguiendo lo normado y establecido en el Instructivo Técnico del cultivo del tomate. Las necesidades hídricas del cultivo se suplieron con un sistema de riego por aspersión, según lo orientado por MINAG [8].

Los ácidos húmicos (con un alto grado de polimeración, peso molecular de  $1\ 648\ \text{g mol}^{-1}$ , acidez total de  $6,7\ \text{meq g}^{-1}$ , 56,2 % C, 35,7 % O, 4,8 % H, 3,4 % N, 0,78 % S y una relación C/N de 16,53) se aplicaron cuatro veces a intervalos de 7 días, a través del agua de riego a razón de  $40\ \text{L ha}^{-1}$ .

La primera aplicación de estos productos se realizó a los 7 días después del trasplante de las plántulas en campo en concentraciones de: 250, 500, 750 y  $1\ 000\ \text{mg L}^{-1}$ , según procedimiento orientado por Chen *et al.* [9]. Se empleó un control (sin aplicación) para un total de cinco tratamientos y cinco réplicas, los cuales se ubicaron sobre un diseño de bloques al azar con 1 650 plantas en todo el experimento.

A 110 días del ciclo biológico del cultivo se realizaron determinaciones cuantitativas de indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del fruto de tomate.

Se tomaron 30 frutos de tomate, los cuales fueron clasificados y seleccionados uniformemente después de la cosecha, de acuerdo al tamaño ( $120 \pm 5\ \text{g}$ ), color (rojo claro) y sin ningún tipo de daños mecánicos y separados en grupos de seis para un total de cinco réplicas.

#### ***Indicadores bioquímicos de la calidad de los frutos***

Para la evaluación de los indicadores bioquímicos de la calidad, los frutos seleccionados fueron llevados inmediatamente al Laboratorio de Bioquímica de La Universidad de Granma, donde se conservaron y se mantuvieron en refrigeración a  $-20\ ^\circ\text{C}$ , cuando inmediatamente no fueron analizados.

Se pesaron 20 g de los frutos, a los que previamente se les eliminó la cáscara protectora, se colocaron en un mortero, se trituraron bien y se homogenizaron con la ayuda de un homogenizador, luego se centrifugó el zumo obtenido a una velocidad de  $8\ 000\ \text{r min}^{-1}$  por 15 min, a partir del cual se determinaron: pH, materia seca (MS), vitamina C, carbohidratos solubles totales (CST), sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT), según procedimientos y metodologías orientadas por la AOAC [10].

- Índice de acidez o pH: se determinó por el método potenciométrico, utilizando un pH-metro modelo ATPHJ-3F de procedencia China, estandarizado con la ayuda de soluciones buffers.
- Materia seca: se cuantificó por el método gravimétrico, sometiendo las muestras a  $70\ ^\circ\text{C}$  en estufa durante 72 h hasta peso constante y se expresó en porcentaje.

- Vitamina C: se determinó por el método volumétrico de oxidación-reducción, mediante extracción con una disolución de ácido acético-ácido metafosfórico, usando el 2,6-diclofenolindofenol como agente valorante hasta la aparición de un color rosado y se expresó en  $\text{mg kg}^{-1}$  MF.
- Carbohidratos solubles totales: se evaluaron por el método espectrofotométrico fenol-ácido sulfúrico, usando un espectrofotómetro UV-visible modelo ZUZI-4200 de procedencia Alemana a una  $\lambda = 480$  nm, y según procedimiento de la AOAC [11] y se expresó en porcentaje.
- Acidez titulable: se cuantificó empleando el método volumétrico por neutralización reportado por Wills y Ku [12], valorando con una disolución de NaOH de concentración  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  hasta punto final de  $\text{pH} = 8,1$  y usando fenolftaleína como indicador y se expresó en porcentaje de ácido cítrico.
- Sólidos Solubles Totales: se determinaron por el método refractométrico, utilizando un refractómetro digital de mesa modelo “WYA-2S” de procedencia China con una precisión de  $\pm 0,1$  Brix y se expresó en Brix.

#### *Indicadores físicoquímicos de la calidad de los frutos*

Se evaluaron los siguientes indicadores físicoquímicos de la calidad de frutos de tomate: diámetro axial, diámetro ecuatorial, pérdida de peso del fruto (PPF), relación SST/AT y firmeza.

- Diámetro axial y ecuatorial de los frutos (DAF y DEF): se expresaron en centímetros y se evaluaron con la ayuda de un calibre digital de precisión o pie de rey ( $\pm 0,01$  mm de precisión) y una regla milimetrada.
- Pérdida de peso de los frutos (PPF), se determinó siguiendo el procedimiento propuesto por Nasrin *et al.* [13] y para ello los frutos fueron conservados en frío a  $10$  °C y humedad relativa de un 90 % durante 20 días y se cuantificó este indicador a partir del peso fresco inicial y final de los frutos con la ayuda de una balanza eléctrica digital monoplano (modelo 11-DO629).
- Relación SST/AT: esta relación se determinó por la división del contenido de SST (Brix) sobre la AT (%) de los frutos.
- Firmeza: se evaluó con la ayuda de un texturómetro, como una función de la fuerza máxima requerida para producir una penetración con un vástago de 8 mm

hasta una profundidad de 5 mm a una velocidad de 2 mm s<sup>-1</sup>, y se expresó en Newton.

### *Análisis estadísticos de los datos experimentales*

A todos los datos obtenidos se les verificó la normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett y se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación doble y comparación de medias por la prueba paramétrica de Tukey a una probabilidad de error al 5 % ( $p \leq 0,05$ ), empleando el paquete estadístico “STATISTICA” para Windows, versión 7,0 [14].

## **Resultados y discusión**

### *Efecto de la aplicación de ácidos húmicos sobre indicadores bioquímicos de la calidad del tomate*

La aplicación de ácidos húmicos produjo incrementos significativos en los indicadores bioquímicos de la calidad del fruto de tomate: vitamina C, porcentaje de materia seca, SST y CST, al lograrse valores superiores al tratamiento control (tabla 1). El control (-AH) mostró los valores más bajos de pH y más elevados de acidez titulable.

**TABLA 1. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL TOMATE, VARIEDAD “Vyta”**

| No | Tratamientos                | Vit. C (mg kg <sup>-1</sup> ) | SST (%)           | CST (%)           | MS (%)             | pH                | AT x10 <sup>-1</sup> (%) |
|----|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
| 1  | Control (-AH)               | 143,08 <sup>d</sup>           | 4,63 <sup>d</sup> | 3,98 <sup>d</sup> | 7,69 <sup>d</sup>  | 4,52 <sup>b</sup> | 10,62 <sup>a</sup>       |
| 2  | AH-250 mg L <sup>-1</sup>   | 202,12 <sup>c</sup>           | 5,27 <sup>c</sup> | 4,99 <sup>c</sup> | 8,84 <sup>c</sup>  | 5,44 <sup>a</sup> | 9,61 <sup>b</sup>        |
| 3  | AH-500 mg L <sup>-1</sup>   | 222,50 <sup>a</sup>           | 5,79 <sup>a</sup> | 5,43 <sup>a</sup> | 10,47 <sup>a</sup> | 5,48 <sup>a</sup> | 7,82 <sup>d</sup>        |
| 4  | AH-750 mg L <sup>-1</sup>   | 214,48 <sup>b</sup>           | 5,53 <sup>b</sup> | 5,19 <sup>b</sup> | 9,28 <sup>b</sup>  | 5,46 <sup>a</sup> | 8,52 <sup>c</sup>        |
| 5  | AH-1 000 mg L <sup>-1</sup> | 214,44 <sup>b</sup>           | 5,52 <sup>b</sup> | 5,21 <sup>b</sup> | 9,63 <sup>b</sup>  | 5,48 <sup>a</sup> | 8,57 <sup>c</sup>        |
|    | CV (%)                      | 14,936                        | 7,737             | 10,599            | 10,540             | 7,508             | 12,001                   |
|    | ESx                         | 5,954                         | 0,083             | 0,105             | 0,193              | 0,079             | 0,022                    |

**Nota:** AH (ácidos húmicos), Vit. C (vitamina C), SST (sólidos solubles totales), CST (carbohidratos solubles totales), MS (materia seca), pH (índice de acidez), AT (acidez titulable). Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Los resultados obtenidos indican, que existe una estrecha relación entre las concentraciones de los ácidos húmicos aplicados y la respuesta de las plantas de tomate al crecimiento y la calidad del fruto, cuestión que podría estar relacionada con el efecto

bioestimulante, biofertilizante y biorregulador de estas sustancias orgánicas en este cultivo y tipo de suelo.

En investigaciones desarrolladas por Abdulí *et al.* [15], se demostró el efecto de ácidos húmicos de diferentes mezclas de vermicompost y suelo (1:1, 1:2, 1:3 y 1:4), sobre el contenido de vitamina C y SST en frutos de tomate, logrando valores entre 153,8 y 213,5 mg kg<sup>-1</sup> MF de vitamina C y de 5,90 - 6,18 % de SST (Brix), atribuyendo tal comportamiento al efecto bioestimulante de estas sustancias orgánicas y a su influencia en los parámetros fisiológicos de las plantas de tomate como el área foliar y la tasa fotosintética. Los valores de vitamina C obtenidos en este trabajo son superiores a los logrados por estos autores (202,12 – 222,50 mg kg<sup>-1</sup>) y los SST fueron inferiores con medias que oscilaron entre 5,27 y 5,79 % (Brix).

Mauromicale *et al.* [16], empleando diferentes dosis de Humoscan® (0, 0,35 y 0,70 kg m<sup>-2</sup>) en tomate cv. “Ikram F<sub>1</sub>”, lograron incrementar la calidad de los frutos en cuanto a: contenido de vitamina C (193,0 - 362,0 mg kg<sup>-1</sup> MF) y materia seca (11 - 21 %).

De acuerdo a Carrari *et al.* [17], el contenido de SST actúa como un índice de la cantidad de azúcares de los frutos y este se incrementan con la maduración de los frutos a través de los procesos de biosíntesis de azúcares simples a partir de la degradación de los polisacáridos de reservas y estructurales (almidón, celulosa y otros).

Beckles [18] investigó los factores, que afectan el contenido de SST y azúcares de frutos de tomate; y concluyó que estos parámetros pueden variar en dependencia de la variedad, clima, estado de maduración de los frutos, condiciones de cultivo, fertilización, tiempo y temperatura de conservación.

El índice de acidez o pH de los frutos de tomate de la variedad investigada no se incrementó con el incremento de las concentraciones de ácidos húmicos aplicadas y los valores obtenidos fueron significativamente superiores al control (sin aplicación). Estos resultados corroboran los reportados por Abdulí *et al.* [15] y Mauromicale *et al.* [16] para los frutos de este mismo cultivo.

La acidez titulable de los frutos mostró un comportamiento inverso al pH, donde los valores más elevados se lograron en el control (sin aplicación) con 10,62 x 10<sup>-1</sup> % de contenido de ácido cítrico. Los tratamientos con ácidos húmicos mostraron valores más bajos con medias que oscilaron entre 7,82 y 9,16 x 10<sup>-1</sup> %.

De acuerdo con Kader [19], la disminución del pH en los frutos de los productos hortícolas cultivados en condiciones de estrés nutricional, es debido a que los azúcares simples de reserva presentes en las vacuolas de los vegetales son transformados por la propias células en ácidos orgánicos, lo que ocasiona un incremento de la acidez del medio y con ello una disminución del pH, relacionado con el efecto amortiguador de dichos ácidos.

Efecto de la aplicación de ácidos húmicos sobre indicadores físico químicos de la calidad del tomate

Los indicadores físico químicos de la calidad de frutos de tomates fueron significativamente afectados por las diferentes concentraciones de ácidos húmicos, al lograrse mayores valores en la relación SST/AT, firmeza, DAF y DEF en comparación con los alcanzados en el control (-AH). Estos mismos tratamientos presentaron los menores índices de pérdida de peso de los frutos (tabla 2). La aplicación foliar de ácidos húmicos provocó un ligero incremento en la relación SST/AT con valores que oscilaron entre 5,48 y 7,41, esto representó incrementos con relación al control (-AH) entre 25,4 y 69,6 %.

**TABLA 2. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE INDICADORES FÍSICO QUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL TOMATE, VARIEDAD “Vyta”**

| No | Tratamientos                | SST/AT            | Firmeza (N)        | DAF (cm)           | DEF (cm)          | PPF (%)            |
|----|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1  | Control (-AH)               | 4,37 <sup>d</sup> | 11,59 <sup>d</sup> | 3,34 <sup>d</sup>  | 4,23 <sup>c</sup> | 10,76 <sup>a</sup> |
| 2  | AH-250 mg L <sup>-1</sup>   | 5,48 <sup>c</sup> | 15,56 <sup>c</sup> | 3,90 <sup>c</sup>  | 5,11 <sup>b</sup> | 8,85 <sup>b</sup>  |
| 3  | AH-500 mg L <sup>-1</sup>   | 7,41 <sup>a</sup> | 16,53 <sup>a</sup> | 4,27 <sup>a</sup>  | 5,39 <sup>a</sup> | 4,10 <sup>c</sup>  |
| 4  | AH-750 mg L <sup>-1</sup>   | 6,49 <sup>b</sup> | 16,53 <sup>a</sup> | 4,19 <sup>ab</sup> | 5,42 <sup>a</sup> | 5,40 <sup>d</sup>  |
| 5  | AH-1 000 mg L <sup>-1</sup> | 6,43 <sup>b</sup> | 16,10 <sup>b</sup> | 4,18 <sup>b</sup>  | 5,44 <sup>a</sup> | 5,31 <sup>d</sup>  |
|    | CV (%)                      | 17,561            | 12,575             | 8,867              | 9,392             | 37,543             |
|    | ESx                         | 0,212             | 0,384              | 0,070              | 0,096             | 0,517              |

**Nota:** SST/AT (relación sólidos solubles totales/ acidez titulable), DAF (diámetro axial del fruto), DEF (diámetro ecuatorial del fruto), PPF (pérdida de peso del fruto). Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

La firmeza de los frutos aumentó significativamente con el incremento de las concentraciones de ácidos húmicos, mostrando un ligero descenso en el tratamiento, donde se utilizó la concentración más elevada (1 000 mg L<sup>-1</sup>), probablemente por un efecto inhibitorio del producto sobre el metabolismo de la planta.

La pérdida de peso de los frutos de tomate, mostró diferencias significativas entre los tratamientos con ácidos húmicos y el control (sin aplicación), tratamiento donde se alcanzaron los mayores valores de pérdida de peso de los frutos con un 10,76 %. Los frutos de las plantas con ácidos húmicos mostraron una reducción significativa de este indicador entre 17,75 y 61,89 % en comparación con el control.

Los ácidos húmicos indujeron un ligero incrementos de diámetro (anchura y longitud) de los frutos (DAF y DEF) con respecto al control (sin aplicación), con valores que oscilaron entre 3,90 - 4,27 y 5,11 - 5,39 cm para el primero y segundo respectivamente. El incremento en la dimensión de los frutos de tomate, probablemente esta relacionado con la acción bioestimulante y biorreguladora de los ácidos húmicos y a la absorción mejorada de nutrientes, que experimenta la planta durante su ciclo biológico.

Investigaciones desarrolladas por Wills y Ku [12] revelan que la aplicación de 1-MCP (1-metilciclopropeno) mejora el sabor de los frutos a través del cambio de la relación SST/AT, lo cual según Davila Áviña *et al.* [20], se debe a pequeños cambios en los componentes volátiles de los frutos en la etapa verde-maduro, no observando cambios en los contenidos de azúcares totales y acidez titulable.

Yildrin [21] logró mejorar la calidad de los frutos del tomate en cuanto a la relación SST/AT, al aplicar diferentes concentraciones foliares de ácidos húmicos, reportando los mejores resultados para la concentración de 20 mL L<sup>-1</sup>, lo cual atribuyeron a un incremento del contenido de SST y a una disminución de la acidez titulable y acidez total de los frutos.

Estudios llevados a cabo por Chen *et al.* [13], demostraron que los ácidos húmicos aplicados en altas concentraciones provocan un efecto inhibitorio en los procesos fisiológicos y bioquímicos de los vegetales. Resultados similares han sido reportados por Karakurt *et al.* [22] para el pimiento (*Capsicum annuum L.*), y Shehata *et al.* [4] para la fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*).

Kader [19], señala que la firmeza es un parámetro indicativo de la calidad de los frutos de tomates frescos y procesados, lo cual está relacionada con la estructura de la pared celular de los vegetales, dependiendo del grado de turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición físico química del fruto.

Ferrara y Brunetti [23], lograron incrementar el tamaño (anchura y longitud) de las bayas de los frutos de la uva (*Vitis vinífera L.*) con la aplicación de 100 mg L<sup>-1</sup> de ácidos húmicos. Dobbss *et al.* [24], plantean que los ácidos húmicos al ser aplicados a la planta, provocan una estimulación de la actividad de la enzima ATP-asa y del flujo protónico (H<sup>+</sup>) de las membranas plasmáticas, lo que produce una inducción del crecimiento, a través de la producción de fitohormonas exógenas como las auxinas, que regulan los procesos de división y alargamiento celular y su influencia sobre la calidad de los frutos (tamaño, forma, color, firmeza, textura, aroma, sabor y otros).

Babitha y Kiranmayi [25] reportaron pérdidas de peso entre 33 y 55 % para frutos de tomate de las variedades “Pera” y “S-12”, cosechados en la etapa de maduración y conservados durante siete días a temperatura de 25 °C, demostrando que los frutos de tomate, conservados a esta temperatura presentaron una pérdida de peso inferior, a los frutos empaquetados en envases de polietileno, debido fundamentalmente a las altas tasas de transpiración y pérdidas de agua.

## Conclusiones

*Los ácidos húmicos representan productos ecológicos promisorios en la Agricultura Moderna y con su aplicación se mejora notablemente la calidad de los productos hortícolas. Los resultados obtenidos evidencia una respuesta positiva de estos compuestos químicos en los indicadores bioquímicos y físico químicos de calidad del tomate, al lograrse incrementos significativos en los contenidos de vitamina C, sólidos solubles totales, materia seca, carbohidratos solubles totales, firmeza, longitud y anchura de los frutos, así como una reducción considerable de la acidez y la pérdida de peso del fruto en comparación con el control (sin aplicación), obteniéndose los mejores resultados con la concentración de 500 mg L<sup>-1</sup>.*

## Referencias bibliográficas

1. FAOSTAT. Statistical Yearbook. Datos estadísticos sobre el cultivo del tomate. Disponible en: <http://www.faostat.fao.org/www.htm/reportes/>. [Consultado: 4 de julio del 2013].
2. AHMAD, I. *et al.* “Fertilization enhances growth, yield, and xanthophyll contents of marigold”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2011, **35** (6), 641-648. ISSN 1303-6173.

3. SARWAR, M. A. *et al.* "Appraisal of pressmud and inorganic fertilizers on soil properties, yield and sugarcane quality". *Pakistan Journal of Botany*. 2010, **42** (2), 1361 – 1367. ISSN 2070-3368.
4. SHEHATA, S. A. *et al.* "Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries". *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011, **5** (11), 2304 – 2308. ISSN 1996-0875.
5. ALARCÓN ZAYAS, A. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2013.
6. HERNÁNDEZ, A. *et al.* *Clasificación Genética de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 2015. ISBN 978-959-7023-77-7.
7. AOAC. Association of Analytical Communities. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup>. edition. S. William (ed). Published by Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 1998.
8. MINAG. *Manual para la producción protegida de hortalizas*. Viceministerio de cultivos varios. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Ciudad de la Habana, Cuba. 2007.
9. CHEN, Y.; SENESI, N.; AVIAD, T. "Stimulatory effects of humic substances on plant growth". In: MAGDOFF, F., WEIL, R. R. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture* eds. New York, USA: CRC Press, pp. 103-129, 2004. ISBN 13978-0-203-49637-4.
10. AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. In: HORTWITZ, W., LATIMER, G.W. (ed.): Official Methods of Analysis. 18<sup>th</sup> Edition. Gaithersburg, Maryland, USA, 2005.
11. AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> Edition, Washington, D.C. USA. 2002.
12. WILLS, R. B.; KU, V. V. "Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes". *Postharvest Biology and Technology*. 2002, **26** (1), 85 – 90. ISSN 0925-5214.

13. NASRIN, T. A. A. *et al.* “Effect of postharvest treatments on shelf life and quality of tomato”. *Bangladesh Journal of Agricultural Resources*. 2008, **33** (3), 579 – 585. ISSN 0258-7122.
14. STATISTICA. Programa Estadístico para el análisis y procesamiento de datos experimentales. Versión 7.0 para Windows. 2006.
15. ABDULI, M. A. *et al.* “Efficiency of vermicompost on quantitative and qualitative growth of tomato plants”. *International Journal of Environmental Resources*. 2013, **7** (2), 467 -472. ISSN 1735-6865.
16. MAUROMICALE, G.; GRAZIA LONGO, A. M.; LO MONACO, A. “The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato fruit”. *Scientia Horticulturae*. 2011, **129** (2), 189 – 196. ISSN 0304-4238
17. CARRARI, F.; ASIS, R.; FERNIE, A. R. “The metabolic shifts underlying tomato fruit development”. *Plant Biotechnology Journal*. 2007, **24** (1), 45 – 55. ISSN 1347-6114.
18. BECKLES, D. M. “Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit”. *Postharvest Biology and Technology*. 2012, **63** (1), 129 – 140. ISSN 0925-5214.
19. KADER, A. A. *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. 3<sup>ra</sup> edición. Publicación 3530. California, EE.UU: Editor Kader, A. A. Davis, 2007. ISBN 13-978-1-60107-744-8.
20. DAVILA AVIÑA, J. E. *et al.* “Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate”. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2011, **34** (2), 133 – 143. ISSN 0187-7380.
21. YILDRIN, E. “Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato”. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section-B Soil and Plant Science*. 2007, **57** (2), 182 – 186. ISSN 1651-1913.
22. KARAKURT, Y. *et al.* “Influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper”. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section-B Soil and Plant Science* 2009, **59** (3), 233 – 237. ISSN 1651-1913.

- 23.** FERRARA, G.; BRUNETTI, G. “Effects of times of application of a soil humic acid on Berry quality of table grape (*Vitis vinífera* L.) cv. Italia”. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2010, **8** (3), 817 – 822. ISSN 1695-971X.
- 24.** DOBBSS, L. B. *et al.* “Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. **58** (6), 3681 – 3688. ISSN 1520-5118
- 25.** BABITHA, B.; KIRANMAYI, P. “Effect of storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*)”. *Research Journal of Agriculture Science*. 2010, **1** (4), 409 – 411. ISSN 0976-1675.