

INFLUENCIA DE ÁCIDOS ORGÁNICOS SOBRE EL CRECIMIENTO, PERFIL BROMATOLÓGICO Y METABOLITOS SECUNDARIOS EN CHILE PIQUÍN

Organic Acids Influence on the Growth, Dietetic Profile and Secondary Metabolites in Piquin Pepper

Sandoval-Rangel A.¹, A. Benavides-Mendoza^{1‡}, M. A. Alvarado-Vázquez²,
R. Foroughbakhch-Pournavab², M. A. Núñez-González² y V. Robledo-Torres¹

RESUMEN

Se aplicaron soluciones foliares de glutamato monosódico (GMS) al 1%, que parece actuar como un promotor energético, de ácido salicílico (AS) 10^{-4} M, y ácido benzoico (AB) 10^{-4} M, los cuales parecen funcionar como promotores de oxidación controlada y de la combinación de GMS con los AS y AB; a plantas de chile piquín cultivado en campo con acolchado y fertirriego, con el objetivo de evaluar el efecto de dichos ácidos en el crecimiento y la producción de frutos en la planta; perfil bromatológico, capacidad antioxidante total y contenido de capsaicina en frutos. Se encontró que el GMS incrementó el crecimiento y la producción de frutos, también aumentó el contenido de sodio y azúcar. El AS redujo el crecimiento, disminuyó la presencia de carbohidratos y aumentó capsaicina, el AB aumentó el crecimiento, la producción de frutos, disminuyó el contenido de carbohidratos, fibra, proteína y aumentó el contenido de capsaicina. La combinación del GMS + AS, no mostró tendencia definida sobre la planta y fruto, los GMS +AB aumentaron el contenido de antioxidantes y capsaicina, con un comportamiento que parece indicar que el GMS aumenta el efecto del AB.

Palabras clave: salicílico, benzoico, glutamato, antioxidantes, capsaicina.

SUMMARY

Foliar solutions of monosodium glutamate (MSG) 1% were applied, which seems to act as a promoter of

energy, salicylic acid (SA) 10^{-4} M, and benzoic acid (BA) 10^{-4} M, which seems to function as promoters of controlled oxidation and of the combination of MSG with SA and BA, to piquin pepper plants grown in open field with mulching and drip irrigation, with the purpose of evaluating the effect of these acids on growth and fruit production in the plant, dietetic profile, total antioxidant capacity and capsaicin content in fruit. The MSG increased growth and fruit production, but also increased sodium and sugar. The SA reduced growth, decreased the carbohydrate content and increased the content of capsaicin, BA increased growth, fruit production, decreased the content of carbohydrates, fiber, protein and increased the content of capsaicin. The combination of MSG + SA did not show an obvious trend on plant and fruit, MSG + BA increased antioxidants and capsaicin, a response that seems to indicate that MSG increases the effect of BA.

Index words: salicylic, benzoic, glutamate, antioxidants, capsaicin.

INTRODUCCIÓN

El ácido salicílico AS ($C_7H_6O_3$) y su precursor el ácido benzoico AB (C_6H_5-COOH) (Raskin, 1992), son compuestos de interés en la investigación agrícola, por su participación en la cascada de señalización que da lugar a respuestas de adaptación, a la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo y a la inducción de resistencia sistémica inducida en el caso de patogénesis (Benavides, 2004, Camarena y de la Torre, 2007). El glutamato monosódico (GMS), que es la sal sódica del ácido glutámico, parece actuar como un promotor energético (Steer y Beevers, 1966) que opera en forma sinergista con fertilizantes y reguladores de crecimiento (Sandoval y Kamara, 2002). Diversos estudios realizados por Enríquez *et al.* (2001), Jung *et al.* (2003), Benavides (2002, 2004), Sandoval y Kamara (2002) y Ramírez *et al.* (2008) mostraron el efecto de

¹ Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. 25315 Buenavista, Saltillo Coahuila,

[‡] Autor responsable (abenmen@uaaan.mx)

² Facultad de Ciencias Biológicas UANL. Ave. M. Barragán y Pedro Alba, Cd. Universitaria. 66451 San Nicolás de los Garza, N.L., México.

Recibido: septiembre de 2009. Aceptado: julio de 2011.

Publicado en Terra Latinoamericana 29: 395-401.

dichos ácidos orgánicos en el crecimiento y la productividad de los cultivos. Sin embargo, existe poca información sobre la respuesta en calidad nutricional de los frutos o productos alimenticios a la aplicación de estos compuestos.

El GMS, es la sal sódica del ácido glutámico, es el aminoácido más abundante en la naturaleza (Cubero *et al.*, 2002). Este es comúnmente usado como aditivo o sazónador de alimentos y se conoce con el nombre de E621, proteína hidrolizada o extracto de levadura (Meertens y Solano 2002). No se encontraron reportes del uso de GMS en la agricultura, pero está ampliamente documentado el rol del ácido glutámico en el ciclo de Krebs, la síntesis de proteínas, aminoácidos, clorofila (Salisbury y Ross, 1994), en el ciclo fotorespiratorio del nitrógeno (Keys *et al.*, 1978) y la conversión de amonio a compuestos orgánicos (Oaks y Hirel, 1985), por lo cual se tiene interés de investigar el GMS como fuente de este aminoácido.

El AS es un producto ampliamente conocido como ácido acetilsalicílico, ingrediente activo de la aspirina (Braña *et al.*, 2005), que al aplicarse de forma exógena a las plantas parece afectar el contenido de metabolitos primarios, como el aumento de azúcares en hojas de naranjo (Salazar y Rodríguez, 2004) y los metabolitos secundarios como son los antioxidantes Ramírez *et al.* (2006).

El AB es considerado precursor del ácido salicílico (Raskin, 1992). Se usa comúnmente como benzoato de sodio para conservar alimentos, también para controlar hongos y bacterias fitopatógenas. Al igual que el AS parece afectar el contenido de metabolitos secundarios (Ramírez *et al.*, 2006).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar del glutamato monosódico, de los ácidos salicílico, benzoico y la combinación de GMS con los AS y AB, sobre el crecimiento y rendimiento en la planta, perfil bromatológico, capacidad antioxidante total y contenido de capsaicina en frutos de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare* Dierb D'Arcy & Eshbaugh).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un ecotipo denominado Japonés procedente de la región de Linares Nuevo León, dicho ecotipo mostró características sobresalientes en germinación y producción.

Prueba de Producción en Campo Abierto

El trabajo se realizó en Buenavista, Saltillo, Coahuila, bajo condiciones de campo abierto con acolchado y fertirriego, de febrero a noviembre de 2007. Se evaluaron 6 tratamientos con 3 repeticiones en un diseño de bloques completos al azar. Cada repetición consistió en un surco de 2 m de largo, plantado a doble hilera con una distancia entre plantas e hileras de 0.35 m y espacio entre surcos de 1.6 m., quedando 11 plantas por tratamiento por repetición. Los compuestos utilizados fueron; glutamato monosódico grado alimenticio marca Aji Moto®, ácido salicílico al 98% marca Merck® y ácido benzoico al 99% marca Sigma®. Los tratamientos fueron: 1) testigo, 2) glutamato monosódico al 1.0%, 3) ácido salicílico 10^{-4} M, 4) ácido benzoico 10^{-4} M, 5) glutamato monosódico al 1.0% + ácido salicílico 10^{-4} M y 6) glutamato monosódico al 1.0% + ácido benzoico 10^{-4} M.

La aplicación de cada tratamiento se realizó como aspersión al follaje, el mismo día del trasplante y después se repitió la aplicación cada 20 días hasta 84 días después del trasplante. Esta frecuencia en la aplicación se basó en los resultados de un estudio previo (Benavides, 2004). Para evaluar el efecto en el crecimiento, se tomaron al azar tres plantas por tratamiento de cada repetición, determinándose la altura de planta en centímetros, el diámetro de cobertura en centímetros, tomando el promedio de dos medidas en cruz. El diámetro basal del tallo en milímetros se midió con un vernier, marca Scala® precisión 0.01 mm. Para evaluar rendimiento se determinaron número y peso de frutos por planta, realizando dos cortes con intervalos entre ellos de 14 días. En cada corte se contaron y pesaron los frutos y se obtuvo el peso promedio de los frutos. El rendimiento por planta fue resultado de la suma del peso de los 2 cortes. Para el análisis de los datos se aplicó un análisis de varianza ($\alpha = 0.05\%$) y prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05\%$ (Zar, 1999).

Perfil Bromatológico, Antioxidantes y Capsaicina

Para determinar estas variables, se tomó una muestra de 50 g de frutos en punto de cosecha para cada tratamiento y repetición. Se consideró punto de cosecha cuando el fruto adquirió firmeza y un color verde brillante.

Perfil bromatológico. Se tomaron 10 g de muestra y la determinación se realizó en base a la técnica de Asociación Oficial de Análisis Químicos (AOAC,

1976). Se determinó contenido de agua (mL), sodio (mg), carbohidratos totales (g), fibra (g), azúcares (g), proteína (g) y lípidos (g). A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza ($\alpha = 0.05\%$) y prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05\%$ (Zar, 1999).

Contenido de Antioxidantes. Para esta prueba se tomaron 10 g de fruto de cada tratamiento por repetición. Los 10 g de fruto se maceraron en un mortero previamente congelado, de la molienda obtenida se tomaron 5 g a los que se agregaron 10 mL de buffer de fosfatos con pH 7 y se continuó moliendo, el macerado resultante se centrifugó a 734.526 gravedades durante 10 minutos en una centrífuga Clay Adams Modelo 420225, obteniéndose un sobrenadante en el cual se determinó el contenido de antioxidantes con el kit "Total Antioxidant Status Kit Assay" de Calbiochem® (Miller *et al.*, 1993), que consta de una solución buffer (de fosfato salino); cromógeno (Metmioglobina y ABTS® (catión radical 2,2'-Azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfato)); sustrato (peróxido de hidrógeno estabilizado) y como estándar se utilizó el análogo de la vitamina E Trolox (6-Hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametil croman-2-ácido carboxílico) 1.7 mM. La preparación del kit se llevó a cabo de la siguiente manera: tanto al cromógeno como al sustrato se les agregó buffer pH 7, 10 y 7.5 mL respectivamente; al estándar se le agregó 1 mL de agua destilada.

Para determinar el contenido de antioxidantes en la muestra, se tomaron 20 mL del sobrenadante de cada tratamiento y repetición, a la vez que el sustrato (H_2O_2) y el cromógeno se mantuvieron a 37 °C antes de realizar la lectura, en un espectrofotómetro Leitz modelo 340 800, calibrado a 600 nm de absorbancia (A). Para la lectura primero se preparó un blanco, agregando 20 mL de agua doblemente desionizada en una celda más 1 mL del cromógeno. En otra celda, se agregaron 20 mL del estándar (Trolox) más 1 mL de cromógeno, y se leyó la absorbancia inicial en ambas celdas. Posteriormente, se analizaron los extractos de los frutos colocando 20 mL de extracto, 1 mL de cromógeno y 200 mL del sustrato (H_2O_2) para cada muestra. La absorbancia se midió después de tres minutos del desarrollo de color. La temperatura se mantuvo a 37 °C durante toda la prueba. Para calcular los niveles de antioxidantes en las muestras se usó la concentración del estándar Trolox (1.7 mM) de acuerdo con el kit utilizado. Se calculó para las muestras, el estándar y el blanco: $\Delta A = A - A_0$. Después se calculó la capacidad

antioxidante equivalente a Trolox (CAET) en cada muestra, usando la fórmula siguiente:

$$CAET(mM) = \frac{1.7nM (\Delta A \text{ del blanco} - \Delta A \text{ de la muestra})}{(\Delta A \text{ del blanco} - \Delta A \text{ de la muestra})} + (10 \text{ mg}^{-1} \text{ de peso fresco})$$

El resultado de cada muestra se expresó como mM de equivalente Trolox mg^{-1} de peso fresco de muestra.

Concentración de capsaicina. Para esta prueba se tomaron 10 g de fruto por tratamiento por repetición. Se maceraron 5 g de fruto, tomándose 0.5 g del macerado a los que se le agregaron 5 mL de acetonitrilo grado alta resolución (HPLC) en tubos de vidrio. Los tubos permanecieron 5 h en baño de agua a 60 °C, agitando cada 30 min. El sobrenadante se llevó a temperatura ambiente y se filtró por duplicado una alícuota de 2 mL, a través de acrodiscos de 25 mm de diámetro y poro de 0.45 μm (Millipore). Los extractos filtrados se colocaron en viales de vidrio (2 mL) y se mantuvieron en la oscuridad. La cuantificación de los capscinoides en los extractos, se llevó a cabo en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución Hewlett Packard® serie 1100. El aparato se calibró a 202 nm de absorbancia, ya que el análisis previo del espectro de absorbancia del estándar capsaicina (Natural Capsaicin®, Sigma), detectó esta longitud de onda como pico máximo. El tiempo de análisis fue 5 min y la fase móvil consistió en acetonitrilo y solución amortiguadora de fosfato de potasio monobásico 35 mM en proporción 65:35, con flujo isocrático de 1.7 mL min^{-1} a 28 °C. La concentración de capsaicina se transformó a unidades Scoville USP con base en la relación 1 μg de capscinoides totales equivalentes a 15 USP (AOAC, 1998). A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza ($\alpha = 0.05\%$) y prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05\%$ (Zar, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento

El promedio general de crecimiento de las plantas de chile piquín, cultivado en campo abierto con acolchado y fertirriego fue 44.90 cm de altura y un diámetro de cobertura de 50.78 cm a los 98 días después del trasplante. El GMS aumentó el crecimiento de la planta,

Cuadro 1. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico (GMS) 1% y de los ácidos salicílico 10⁻⁴ M, ácido benzoico 10⁻⁴ M sobre el crecimiento del cultivo de chile piquín.

| Tratamientos | Altura [†] | Diámetro de cobertura | Diámetro de tallo |
|--|---------------------|-----------------------|-------------------|
| | ----- cm ----- | | |
| Testigo | 36.01±5.18 c | 48.68±9.91 b | 12.44±3.83 bc |
| Glutamato monosódico (GMS) 1% | 48.03±4.38 ab | 62.94±8.31 a | 16.44±2.45 a |
| Ac. salicílico (AS) 10 ⁻⁴ M | 36.02±5.59 c | 39.71±6.65 c | 9.88±2.47 c |
| Ac. benzoico (AB) 10 ⁻⁴ M | 50.92±8.14 ab | 54.56±9.60 ab | 15.44±2.87 ab |
| GMS 1%+AS 10 ⁻⁴ M | 45.03±5.17 b | 40.42±5.63 c | 12.11±2.80 bc |
| GMS 1%+AB 10 ⁻⁴ M | 53.38±4.64 a | 58.42±9.85 a | 13.77±3.34 ab |
| Diferencia estadística ($P \leq 0.05$) | * | * | * |
| Coefficiente de variación | 12.6 | 16.72 | 21.07 |

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) * significativo.

expresado en un incremento en la altura, diámetro de cobertura y diámetro del tallo (Cuadro 1), se observó también una consistencia en este estímulo en las plantas tratadas con GMS.

El GMS es un compuesto ampliamente conocido e investigado en la industria alimenticia, al ser considerado como el quinto saborizante o “umami” y al estar relacionado con el síndrome del restaurante chino (Meertens y Solano 2002). Sin embargo, no se encontraron reportes de su uso en la agricultura. Pero existe una amplia información del rol de ácido glutámico sobre el metabolismo de las plantas, como la síntesis de energía, la formación de proteínas, clorofila, ácidos nucleicos (Salisbury y Ross, 1994), la fotorespiración del nitrógeno (Keys *et al.*, 1978) y en la conversión de amonio a compuestos orgánicos (Oaks y Hirel, 1985).

El AB sólo incrementó la altura de la planta y el AS disminuyó el diámetro de cobertura, se puede apreciar que el efecto de estos compuestos no tiene una tendencia

clara, resultados similares reporta Benavides (2004), quien encontró que al aplicar AS al follaje de banano aumentó la altura y el área foliar total, en cebolla aumentó la biomasa y diámetro de bulbo, en melón aumentó el diámetro de tallo y longitud de guía.

Rendimiento

En este trabajo el chile piquín produjo 433.18 ± 221.03 frutos por planta, con un peso promedio de fruto de 0.3 ± 0.02 g y un rendimiento de 130.91 ± 64.09 g por planta; resultado de la suma de las dos cosechas o cortes realizados. La aplicación de GMS y AB incrementaron el rendimiento en chile piquín, como resultado de un incremento en el número de frutos por planta. Como se mencionó anteriormente también fueron las plantas con mayor crecimiento. El AS no mostró efecto en el rendimiento (Cuadro 2), a diferencia de lo reportado por López *et al.* (1998) quien encontró que al aplicar

Cuadro 2. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico y de los ácidos salicílico 10⁻⁴ M, benzoico 10⁻⁴ M en el rendimiento del cultivo de chile piquín.

| Tratamientos | Frutos por planta | Peso promedio de fruto | Rendimiento por planta |
|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| | ----- g ----- | | |
| Testigo | 361.77±128.6 b [†] | 0.27±0.04 a | 102.3±51.7 b |
| Glutamato monosódico GMS 1% | 508.33±178.8 a | 0.32±0.01 a | 163.5±55.80 a |
| Ac. salicílico AS 10 ⁻⁴ M | 330.11±157.16 b | 0.31±0.01 a | 103.7±49.70 b |
| Ac. benzoico AB 10 ⁻⁴ M | 551.44±225.6 a | 0.27±0.01 a | 152.1±73.00 a |
| GMS 1% + AS 10 ⁻⁴ M | 398.00±236.1 b | 0.30±0.09 a | 117.8±88.73 b |
| GMS 1% + AB 10 ⁻⁴ M | 449.44±237.9 ab | 0.33±0.03 a | 146.1±65.63 ab |
| Diferencia estadística ($P \leq 0.05$) | * | NS | * |
| Coefficiente de variación | 45.63 | 15.73 | 50.04 |

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) * significativo, NS = no significativo.

AS 10^{-4} M y AS 10^{-6} M en trigo, aumentó el número de granos por espiga y el rendimiento.

Perfil Bromatológico

Sodio. El contenido de sodio en el fruto aumentó al aplicar GMS, los AS y AB no mostraron efecto.

Carbohidratos. Los AS y AB, disminuyeron el contenido de carbohidratos totales, mientras que el GMS no mostró efecto.

Fibra. El contenido de fibra en el fruto de chile piquín, disminuyó al aplicar de forma individual los ácidos orgánicos y al aplicarlos en combinación con el GMS no mostraron una tendencia definida.

Azúcar. El GMS aumentó el contenido de azúcar y los AS y AB no mostraron efecto, lo anterior difiere de lo reportado por Salazar y Rodríguez (2004), quienes encontraron que al aplicar ácido acetil-salicílico 10^{-3} M se incrementó el contenido de azúcares totales en hojas de naranjo cv. Navelina.

Proteína. El AB redujo el contenido de proteína mientras el AS y GMS no mostraron efecto.

Lípidos. En las muestras evaluadas no se detectaron lípidos. El contenido de agua no fue significativo ($P \leq 0.05$), y no se incluye en el Cuadro 3. En general, no se observa una tendencia obvia del efecto de los ácidos orgánicos aplicados de manera individual o en combinación sobre el perfil bromatológico del fruto de chile piquín.

Antioxidantes. El promedio general de antioxidantes en el fruto de chile piquín fue de 8.58 ± 1.12 equivalentes trolox mg^{-1} . La aplicación individual del glutamato monosódico y de los ácidos salicílico y benzoico, no afectaron el contenido de antioxidantes en el fruto de

chile piquín. Se puede observar que no hay comportamiento definido en el efecto del AS, mientras que el AB si muestra una tendencia a incrementar los antioxidantes, más aun cuando se aplicó con el GMS dio lugar a un efecto positivo y significativo ($P \leq 0.05$) (Figura 1).

Los antioxidantes han sido tema de estudio en diversas disciplinas, desde la medicina, la industria, los alimentos; por lo cual se han generado alrededor de 100 métodos, lo que dificulta la comparación de resultados (Arnao, 2000, Kuskoski *et al.*, 2005). Sin embargo, el contenido de antioxidantes en frutos de chile piquín que se obtuvieron en este estudio, coinciden con los valores reportados para granada, moras, uvas, Guayaba, fresa, piña y mango medidos por el método ABTS (Kuskoski *et al.*, 2005). Así mismo Ramírez *et al.* (2008), encontraron que el ácido salicílico 10^{-6} M, reduce el contenido de antioxidantes en brócoli y lo aumenta en acelga, el AB por su parte los disminuyó en acelga y brócoli.

Capsaicina. Los ácidos salicílico y benzoico aumentaron el contenido de capsaicina en los frutos, el GMS no mostró efecto y la mezcla de GMS con los ácidos salicílico y benzoico no mostraron una tendencia obvia al aumento del capsaicinoide (Cuadro 4). Los estudios enfocados a la manipulación o incremento del contenido de capsaicinoides, se han orientado hacia el manejo genético, buscando especies o variedades ricas en este alcaloide (Sathiyamurthy *et al.*, 2002.; Moran, 2008), por ejemplo el chile habanero (*C. chinense* Jacq) variedad Red Savina que contiene 577 000 Unidades Scoville de Picor (USP), o la recientemente identificada variedad Naga Jolokia (*C. chinense*) de India, con más de 1 000 000 USP. Otros estudios se han orientado

Cuadro 3. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico (GMS) y de los ácidos salicílico (AS) 10^{-4} M, ácido benzoico (AB) 10^{-4} M sobre el perfil bromatológico del fruto de chile piquín.

| Tratamientos | Sodio | Carbohidratos | Fibra | Azúcar | Proteína |
|--|----------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | mg | ----- g ----- | | | |
| Testigo | 40.62±4.11 ab [†] | 53.19±2.98 ab | 33.59±2.45 a | 19.59±1.60 ab | 0.19±0.04 b |
| GMS 1% | 51.58±9.67 a | 48.80±2.46 b | 21.48±3.84 b | 27.32±5.64 a | 0.14±0.01 bc |
| AS 10^{-4} M | 36.31±6.50 ab | 40.77±1.60 c | 25.19±1.00 b | 15.58±2.24 bc | 0.14±0.02 bc |
| AB 10^{-4} M | 37.01±5.42 ab | 37.45±1.56 cd | 22.43±0.50 b | 15.02±1.94 bc | 0.10±0.02 c |
| GMS 1%+ AS 10^{-4} M | 33.95±6.04 b | 55.11±3.28 a | 33.35±3.56 a | 21.76±6.81 ab | 0.30±0.03 a |
| GMS 1%+AB 10^{-4} M | 32.48±6.23 b | 35.08±0.63 d | 24.90±4.01 b | 10.17±3.41 c | 0.14±0.03 bc |
| Diferencia estadística ($P \leq 0.05$) | * | * | * | * | * |
| Coefficiente de variación | 16.95 | 5.06 | 10.87 | 22.54 | 17.75 |

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). * Significativo.

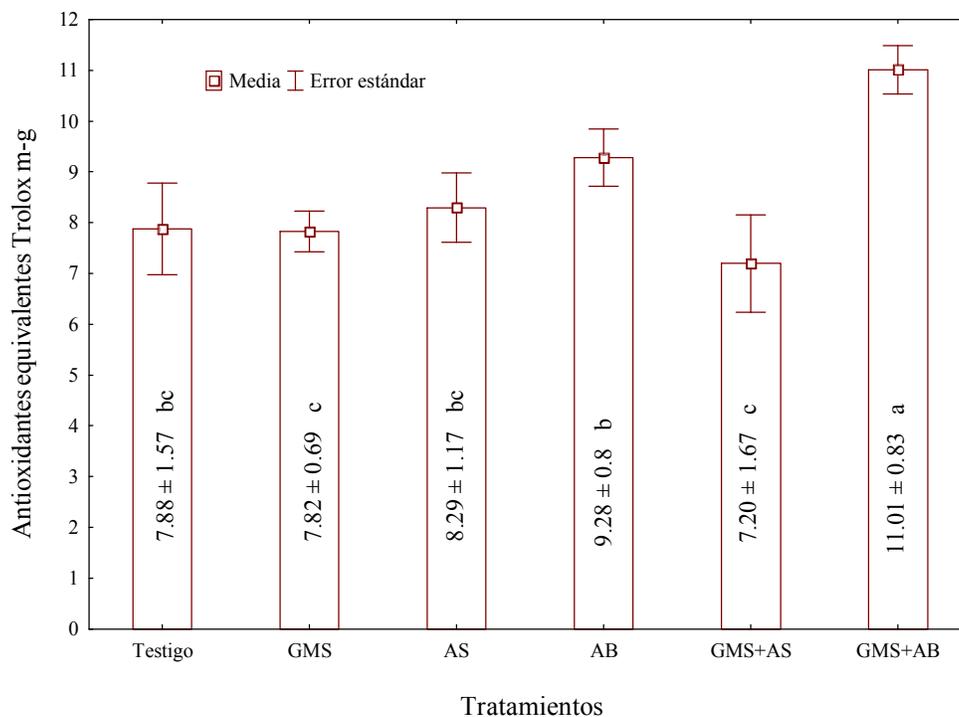


Figura 1. Efecto de glutamato monosódico (GMS) y los ácidos salicílico (AS) y benzoico (AB) en el contenido de antioxidantes en fruto de chile piquín.

al manejo de factores ambientales; sin embargo, no se encontraron referencias sobre la manipulación a través de productos inductores o estimulantes que sirvan de comparación para los resultados obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

El glutamato monosódico (GMS) aumentó el crecimiento de la planta y la producción de frutos, afectó

positivamente el contenido de sodio y azúcar, pero no mostró efecto sobre antioxidantes y capsaicina. El ácido salicílico (AS) afectó negativamente el crecimiento y la producción de frutos, disminuyó el contenido de carbohidratos y fibra, no se observó efecto el contenido de antioxidantes e incremento el contenido de capsaicina. El ácido benzoico (AB) aumentó el crecimiento y la producción de frutos, disminuyó el contenido de carbohidratos, fibra y proteína, afectó positivamente el contenido de antioxidantes e incrementó

Cuadro 4. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico (GMS) al 1% y de los ácidos salicílico (AS) 10^{-4} M, benzoico (AB) 10^{-4} M sobre el contenido de capsaicina en frutos de chile piquín.

| Tratamientos | Capsaicina mg kg ⁻¹ | Unidades Escoville |
|--|-----------------------------------|-----------------------|
| Testigo | 426.64 ± 162.94 b [†] | 6399.66 ± 1444.17 b |
| Glutamato monosódico GMS 1% | 577.77 ± 146.44 ab | 8716.52 ± 2139.04 ab |
| Ácido salicílico AS 10^{-4} M | 672.80 ± 104.04 a | 100 92.03 ± 1560.66 a |
| Ácido benzoico AB 10^{-4} M | 645.79 ± 107.94 a | 9686.90 ± 1619.13 a |
| GMS 1% + AS 10^{-4} M | 485.90 ± 72,16 b | 7288.53 ± 1082.43 b |
| GMS 1% + AB 10^{-4} M | 648.42 ± 109.86 a | 9726.23 ± 1647.98 a |
| Diferencia estadística ($P \leq 0.05$) | * | * |
| Coefficiente de variación | 20.99 | 20.83 |

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

el contenido de capsaicina. La combinación del GMS + AS, no observó una tendencia obvia sobre su efecto en la planta y en el fruto, en el caso del GMS + AB, aumentaron el contenido de antioxidantes y capsaicina, con un comportamiento que parece indicar que el GMS aumenta el efecto del AB.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1998. Capsaicinoids in capsicums and their extractives. Liquid chromatographic method. Official Methods of Analysis of AOAC International 43: 13-15.
- Arao, M. B. 2000. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. Trends Food Sci. Technol. 11: 419-421.
- Benavides M., A. 2002. Ecofisiología y bioquímica del estrés de las plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Benavides M., A. 2004. Estrategias para el uso de los mecanismos naturales de tolerancia al estrés en plantas. pp 163-172. In: R. Foroughbakhch, T. E. Torres y M. A. Alvarado (eds.) Tópicos selectos de botánica. Facultad de Ciencias Biológicas UANL. Monterrey, N. L. México.
- Braña, M. F., L. A. del Río, C. Trives y N. Salazar. 2005. La verdadera historia de la aspirina. An. R. Acad. Nac. Farm. 71: 813-819.
- Camarena-Gutiérrez, G. y R. De la Torre-Almaráz. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: Estado actual. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forest. Amb. 13: 157-162.
- Cubero, N., A. Montferrer y J. Villalta. 2002. Aditivos alimentarios. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Enriquez-del Valle, J. R., G. Carrillo-Castañeda, P. Sánchez-García, M. N. Rodríguez-Mendoza y M. C. Mendoza-Castillo. 2001. Efectos de los ácidos salicílico e indolbutírico en el enraizamiento *in vitro* y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Rev. Fitotec. Mex. 24: 71-78.
- JAOAC (Journal of Association Official Analytical Chemists). 1976. Sodium in fruits and fruits products. Official method 966.16 JAOAC 59: 1131. Washington, DC, U.S.A.
- Jung, V., E. Olsson, S. Caspersen, H. Asp, P. Jensen, and B. W. Alsanius. 2003. Response of young hydroponically grown tomato plants to phenolic acids. Sci. Hortic. 100: 23-37.
- Keys, A. J., I. F. Bird, M. J. Cornelius, P. J. Lea, R. M. Wallsgrave, and B. J. Mifflin. 1978. Photorespiratory nitrogen cycle. Nature 275: 741-743.
- Kuskoski, E. M., A. G. Asuero, A. M. Troncoso, J. Mancini-Filho y R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas 25: 726-732.
- López-Tejeda, R., V. Camacho-Rodríguez y M. A. Gutiérrez-Coronado. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico de tres variedades de trigo. Terra 16: 43-48.
- Meertens, L. y L. Solano. 2002. Índice de masa corporal, variables bioquímicas e inmunológicas de adultos mayores institucionalizados que recibieron dieta con glutamato monosódico. An. Venez. Nutr. 15: 105-110.
- Miller, N. J., C. Rice-Evans, M. J. Davies, V. Gopinathan, and A. Milner. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its applications to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clinical Sci. 84: 407-412.
- Morán-Bañuelos, S. H., V. H. Aguilar-Rincón, T. Corona-Torres, F. Castillo-González, R. M. Soto-Hernández y R. San Miguel-Chávez. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. Agrociencia 42: 807-816.
- Oaks, A. and B. Hirel. 1985. Nitrogen metabolism in roots. Annu. Rev. Plant Physiol. 36: 345-365.
- Ramírez, H., J. H. Rancaño, A. Benavides, R. Mendoza, V. Robledo, and J. Hernández. 2008. Stress signalling substances influence in vegetables and their antioxidant relationship: A preliminary study. Acta Hort. 774: 127-132.
- Ramírez, H., J. H. Rancaño-Arriola, A. Benavides-Mendoza, R. Mendoza-Villarreal y E. Padrón-Corral. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. Rev. Chapingo Serie Hortic. 12: 189-195.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. An. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439-463.
- Salazar-Salazar, O. y J. Rodríguez-Alcázar. 2004. Cambios bioquímicos inducidos por etilenglicol, etanol y ácido acetilsalicílico en plantas de naranjo (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), bajo condiciones de temperatura controlada. Phytion 73: 49-257.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Iberoamérica. México, D. F.
- Sandoval R., A y A. Kamara. 2002. Un Enfoque práctico comercial para lograr el aumento fenotípico en la resistencia al estrés oxidativo y otros tipos de estrés. pp 158-171. In: M. A. Benavides. Eco fisiología y bioquímica del estrés en plantas. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Sathiyamurthy, V. A., D. Veeraragavatham, and N. Chezhiyan. 2002. Studies on the capsaicin content in chilli hybrids. Capsicum Eggplant Newsletter 21: 44-47.
- Steer, H. L. and H. Beevers. 1966. Compartmentation of organic acids in corn roots I. Differential labeling of 2 malate pools. Plant Physiol. 41: 709-712.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.