



CONTENIDO DE POLIFENOLES EN *Solanum lycopersicum* L. BAJO LA ACCIÓN DE UN CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO

Polyphenol content in *Solanum lycopersicum* under the action of a static magnetic field

Albys E. Ferrer Dubois¹, Yilan Fung Boix¹, Liliana M. Gómez Luna¹
y Ann Cuypers²

ABSTRACT. Polyphenols contribute to antioxidant properties of *Solanum lycopersicum* L. (tomato); plant in which they have demonstrated positive effects of magnetic fields (MF) on germination and productivity. So it was necessary to study the content of polyphenols in tomato fruits from plants irrigated with water treated with static magnetic field (SMF) to 150 mT. A completely randomized experimental design, where the control plants were irrigated with normal water and secondary treatment plants were irrigated with SMF to 150 mT was used. From ripe fruits aqueous ethanolic extracts and Folch mixture (chloroform:methanol, 2:1) were prepared. Total polyphenols were measured by the Folin - Ciocalteu and identified with high performance liquid chromatography (HPLC). Simple classification ANOVA and multiple range comparison with least significant difference were performed. Aqueous extracts had a higher content of polyphenols relative to the ethanol and made with the Folch mixture, with statistically significant differences. All extracts from fruits receiving irrigation with treated water with SMF showed most polyphenols. In aqueous extracts prepared from fruit irrigated with SMF, the polyphenol content was 1,25 times higher compared to the control treatment aqueous extracts. Polyphenols rutin, quercetin and gallic acid were identified, of which has been reported significant contribution in the antioxidant capacity of *S. lycopersicum* L.

RESUMEN. Los polifenoles contribuyen a las propiedades antioxidantes de *S. lycopersicum* L. (tomate); planta en la cual se han evidenciado los efectos positivos de los campos magnéticos (CM) en la germinación y la productividad. De manera que fue necesario estudiar el contenido de polifenoles en frutos de tomate provenientes de plantas irrigadas con agua tratada con campo magnético estático (CME) a 150 mT. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, donde las plantas control se irrigaron con agua normal y las plantas del segundo tratamiento se irrigaron con CME a 150 mT. A partir de los frutos maduros se prepararon extractos acuosos, etanólicos y con mezcla Folch (cloroformo:metanol, 2:1). Se cuantificaron los polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y se identificaron con la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) siglas en Inglés. Se realizó un ANOVA de Clasificación Simple y la Comparación de Múltiples Rangos con Diferencia Mínima Significativa. Los extractos acuosos presentaron un mayor contenido de polifenoles con relación a los etanólicos y a los elaborados con la mezcla Folch, con diferencias estadísticamente significativas. Todos los extractos procedentes de los frutos que recibieron el riego con agua tratada con CME mostraron una mayor cantidad de polifenoles. En los extractos acuosos elaborados a partir de frutos irrigados con CME, el contenido de polifenoles fue 1,25 veces mayor con relación a los extractos acuosos del tratamiento control. Se identificaron los polifenoles rutina, quercetina y ácido gálico, de los cuales se ha reportado su contribución significativa en la capacidad antioxidante de *S. lycopersicum* L.

Key words: gallic acid, HPLC, quercetin, rutin, tomato

Palabras clave: ácido gálico, HPLC, quercetina, rutina, tomate

¹ Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad de Oriente, ave Las Américas s/n. Santiago de Cuba, Cuba. CP 90400. GP 4078.

² Centro de Ciencias Ambientales. Universidad de Hasselt. Bélgica.

✉ albys@uo.edu.cu, albysf@gmail.com

INTRODUCCION

El tomate, *Solanum lycopersicum* L. es una planta que se considera nutraceutica por los metabolitos secundarios que presentan, los cuales pueden prevenir enfermedades en el organismo humano (1, 2). Dentro de este grupo de compuestos se encuentran los polifenoles, metabolitos secundarios que permiten la defensa de las plantas ante situaciones de estrés, además de ser antioxidantes (3, 4). En el hombre, los polifenoles ejercen su acción frente a los radicales libres y combaten el estrés oxidativo, agente causal de varias enfermedades (5, 6, 7). En el crecimiento de plantas de *S. lycopersicum* L. diferentes investigadores han demostrado las potencialidades de los campos electromagnéticos (CEM) en un intervalo entre 100 y 200 mT (8, 9, 10, 11). Se ha logrado aumentar el rendimiento y la productividad (12, 13), además se ha favorecido la germinación de semillas con inducciones magnéticas estáticas entre 15 y 300 mT (11, 14). Estudios a nivel metabólico plantean la variación en el contenido de los metabolitos secundarios de los frutos (15, 16). A pesar de estas evidencias, la información no es suficiente, por lo que el objetivo de esta investigación fue estudiar el contenido de polifenoles en frutos de *S. lycopersicum* L. provenientes de plantas irrigadas con agua tratada con campo magnético estático (CME) a 150 mT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una etapa del trabajo se realizó en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), en Santiago de Cuba. Se empleó la especie tomate (*Solanum lycopersicum* L.), híbrido Aegean. Las semillas presentaron buen estado fitosanitario y las suministró el Laboratorio Provincial de Semillas del Ministerio de la Agricultura (MINAG), en Santiago de Cuba, Cuba. Las plantas fueron cultivadas en condiciones semicontroladas en la casa de cultivo protegido "Veguita". Las características del sustrato cumplían con los requerimientos planteados por el Ministerio de la Agricultura y las atenciones culturales fueron las normadas para la especie. Un espécimen se depositó en el Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), de Santiago de Cuba, con el registro: BSC 21509.

El riego localizado se efectuó por microjet aéreo y por goteo, en dependencia a la fase de cultivo en que se encontraran las plantas.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con dos tratamientos y tres réplicas. Las plantas del primer tratamiento (control) fueron irrigadas con agua normal y en el segundo tratamiento se cultivaron con el riego de un agua tratada con un CME de 150 mT. Fueron seleccionados al azar diez frutos maduros por cada tratamiento.

Los frutos fueron secados en una estufa (MWL-200, VEB, Alemania) a 60 °C por 72 h. Luego se pulverizaron en un molino eléctrico (IKA MHD 2000, China). Las operaciones realizadas facilitaron la extracción de los principios activos y se realizaron según la Norma Ramal de Salud Pública 310/91 (17).

Los extractos acuosos se elaboraron a 100 mg mL⁻¹ por infusiones en agua destilada. Se enfriaron y luego se centrifugaron durante diez minutos a 2000 rpm en una centrifuga (Centribio, MLW T24D, Alemania). El sobrenadante se filtró con un papel Whatman No. 4 y un filtro Millipore de 0,45 µm. Los extractos etanólicos se prepararon a partir de 100 mg mL⁻¹ del polvo de *S. lycopersicum* L. con etanol (70 %). Las mezclas se maceraron a temperatura ambiente en la oscuridad por siete días, con agitación periódica y posteriormente fueron concentradas hasta sequedad en un Rotoevaporador (Heidotpin 4011).

Los extractos concentrados se resuspendieron en agua bidestilada, se centrifugaron y los sobrenadantes se filtraron de igual forma que en el extracto acuoso. Para preparar los extractos con mezcla Folch, el polvo de *S. lycopersicum* se mezcló con una solución que contenía cloroformo y metanol (2:1, v/v).

En la Tabla I se muestra una descripción de los extractos utilizados. En cada extracto se determinó el contenido de polifenoles totales de acuerdo al método establecido (18). Los extractos se mezclaron con 0,2 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (1N) y posteriormente se adicionaron 0,4 mL de carbonato de sodio (7,5 %).

La mezcla de la reacción se mantuvo a 45 °C por 40 minutos. Se midió la absorbancia a una longitud de onda (λ) de 765 nm en un espectrofotómetro (1650PC: uv-visible Shimadzu). Se realizó una curva de calibración con ácido gálico estándar (2,5-20 µg mL⁻¹) y las concentraciones se expresaron como mg de polifenoles totales por gramo de masa seca (mgPFT g masa seca).

Tabla I. Descripción de los extractos preparados de *S. lycopersicum* L.

Extractos	Descripción
C Folch	Extractos de mezcla Folch y <i>S. lycopersicum</i> irrigado sin CME
T Folch	Extractos de mezcla Folch y <i>S. lycopersicum</i> irrigado con CME
C Etanólicos	Extractos etanólicos de <i>S. lycopersicum</i> irrigado sin CME
T Etanólicos	Extractos etanólicos de <i>S. lycopersicum</i> irrigado con agua tratada con CME
C Acuosos	Extractos acuosos de <i>S. lycopersicum</i> irrigado sin CME
T Acuosos	Extractos acuosos de <i>S. lycopersicum</i> irrigado con agua tratada con CME

Para identificar algunos polifenoles se realizó la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC, Shimadzu) con una columna Teknokroma Tracer Extrasil Cromasil (C18, ODS2 5 µm). La fase móvil estuvo constituida por tres eluyentes: A (agua y ácido acético, 99:1, v/v), B (acetonitrilo) y C (agua, acetonitrilo y ácido acético, 67:32:1, v/v/v). El volumen de inyección fue 20 µL con un flujo de 0,8 mLmin⁻¹.

La identificación de los polifenoles se realizó con una longitud de onda ultravioleta de 330 nm. Los picos cromatográficos fueron confirmados por comparación de su tiempo de retención (tr) con los obtenidos en los patrones comerciales de referencia estándar. Se identificaron los polifenoles rutina, quercetina y ácido gálico. Todas las operaciones cromatográficas se realizaron a temperatura ambiente y por triplicado.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el test de Kolmogorov–Smirnov para comprobar la normalidad de las distribuciones. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se realizó un Análisis de Varianza de Clasificación Simple y la Prueba de Comparación de Múltiples Rangos Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los extractos procedentes de los frutos que recibieron el riego con agua tratada con CME mostraron un contenido más alto de polifenoles. Entre los seis extractos analizados, los extractos acuosos presentaron un mayor contenido de polifenoles con relación a los extractos etanólicos y a los elaborados con la mezcla Folch. (Tabla II).

Tabla II. Cuantificación del contenido de polifenoles totales en extractos de frutos de *S. lycopersicum* L. irrigado con diferentes tratamientos en el agua de riego

Extractos	Contenido de Polifenoles Totales (mg PFT g masa seca)
C Folch	101,233 ± 1,59
T Folch	111,689 ± 0,19
C Etanólicos	118,187 ± 5,19
T Etanólicos	114,776 ± 5,87
C Acuosos	120,976 ± 16,5
T Acuosos	151,623 ± 31,81*

Los valores representan las medias ± DE (n=3)
Símbolo (*) en la misma columna indica diferencias estadísticas significativas para la Comparación de Múltiples Rangos Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher p≤0,05

De forma general, el extracto acuoso preparado a partir de frutos tratados con CME tuvo diferencias estadísticamente significativas con relación a los otros extractos para un 95 % de confiabilidad. Los polifenoles son muy solubles en agua y por eso el solvente acuoso facilitó una mejor extracción de estos metabolitos. En el extracto acuoso provenientes de frutos irrigados

con CME a 150 mT el contenido de polifenoles fue 1,25 veces mayor con respecto a los extractos acuosos del tratamiento control. Los mayores valores de polifenoles obtenidos son ligeramente superiores a los reportados en otras investigaciones (19, 20, 21). Se plantea que *S. lycopersicum* L. contiene cantidades importantes de compuestos antioxidantes con altos niveles de actividad biológica (2, 22, 23, 24). Puede considerarse que el agua tratada con CME, al llegar a las células de las plantas de *S. lycopersicum* L. produjo una alteración en el potencial de la membrana celular, causando cambios en su polarización y permeabilidad.

Se ha reportado que el tratamiento magnético del agua produce cambios en las propiedades físico-químicas del agua, principalmente en los puentes de hidrógeno, la polaridad, la tensión superficial, conductividad, pH y solubilidad de las sales (25, 26, 27). En la literatura se plantean las modificaciones que el tratamiento magnético causa en las moléculas de agua (28, 29). Se ha demostrado que el agua después de atravesar un CM adquiere una estructura más homogénea. Por tal motivo la absorción de nutrientes se incrementa después del empleo de agua tratada magnéticamente, al producirse una mayor entrada de estos elementos a través de los poros o canales de la membrana celular, por una mejor orientación de los iones. Estas modificaciones pueden alterar las características de las membranas celulares y la reproducción celular, entre otros procesos (30). Consecuentemente, puede considerarse que el CM consiguió inducir un aumento en los procesos metabólicos y la actividad enzimática de los frutos de *S. lycopersicum* L. con los sucesivos cambios moleculares y celulares, que contribuyeron a un incremento de los polifenoles. Se ha reportado que las inducciones cercanas a 1T, como la experimentada en esta investigación, no ofrecen toxicidad al hombre ni al medio ambiente (31, 32), por lo que las plantas expuestas a este tratamiento físico son inocuas.

Diversos investigadores han experimentado la acción de los campos magnéticos y eléctricos en el contenido de polifenoles de varias especies vegetales. Plántulas de *Zea mays* (maíz) aumentaron este grupo de metabolitos cuando fueron irradiadas con CEM durante su crecimiento (33). En *Cicer arietinum* L. (garbanzo) se obtuvo un efecto favorable en los fenoles totales luego de la irrigación de las plantas con un CM (34). Resultados similares fueron observados en plantas de *Vicia faba* L. (habichuela) (35), *Triticum* spp. (trigo), *Pisum sativum* (guisante), *Linum* y *Lens culinaris* (lenteja) (36). La exposición a un CEM de baja frecuencia incrementó los niveles de fenoles en plantas de Satureja (37). Se ha demostrado que el CEM puede activar las funciones celulares y bioquímicas para mejorar la generación de compuestos bioactivos (16, 38), por lo tanto en esta investigación se corroboran de forma general estos resultados.

En los seis extractos preparados se identificaron los polifenoles rutina, quercetina y ácido gálico empleando HPLC (Tabla III). A pesar de la aplicación del CME, en las plantas se evidenció la presencia de los tres polifenoles en los frutos. Se puede considerar que la acción de este agente físico no tuvo incidencia negativa en la síntesis de estos metabolitos secundarios. Específicamente la rutina y la quercetina son flavonoides y el ácido gálico, es un ácido fenólico; de los cuales se ha demostrado su actividad antioxidante en varias plantas (39, 40). En *S. lycopersicum* L. estos polifenoles tienen una contribución significativa en la capacidad antioxidante total en sus frutos y en su aporte nutricional (21, 41, 42).

Varios artículos reportan los beneficios de los polifenoles de *S. lycopersicum* L. para la salud humana (22, 24), los cuales pueden favorecerse con la aplicación de los CM. Se han obtenido altas concentraciones de quercitina, carotenoides, ácido ascórbico, además del licopeno con la influencia de CEM (43) y CME (44). Estos resultados pudieran relacionarse con los reportes sobre el aumento de la capacidad antioxidante en esta especie (45, 46).

Con las evidencias obtenidas se denota la importancia de la aplicación del riego con un CME de 150 mT en el cultivo de *S. lycopersicum* L. para favorecer la síntesis de polifenoles. Teniendo en cuenta estas potencialidades se podría incidir favorablemente en una mayor cantidad de estos metabolitos y a su vez en su acción farmacológica en la defensa antioxidante del organismo humano.

CONCLUSIONES

El contenido de polifenoles en los extractos fue dependiente del tratamiento magnético y del solvente utilizado para la extracción. El empleo de una inducción magnética de 150 mT en el agua de riego puede aumentar 1,25 veces la síntesis de polifenoles en frutos de *S. lycopersicum* L. Se identificaron los polifenoles rutina, quercetina y ácido gálico, lo cual evidenció que el CME de 150 mT no tuvo influencia negativa en la existencia de estos polifenoles. Se avala el empleo de esta planta como un potente nutraceutico y la aplicación del CME como una alternativa para potenciar su contenido de polifenoles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte financiero recibido por el Proyecto VLIR-IUC UO de Bélgica y Cuba. Se agradece también al Centro de Ciencias

Ambientales de la Universidad de Hasselt, en Bélgica y al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) de la Universidad de Oriente, en Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

1. Böhm, V. "Lycopene and heart health". *Molecular Nutrition & Food Research*, vol. 56, no. 2, 1 de febrero de 2012, pp. 296-303, ISSN 1613-4133, DOI 10.1002/mnfr.201100281.
2. Del Giudice, R.; Raiola, A.; Tenore, G. C.; Frusciante, L.; Barone, A.; Monti, D. M. y Rigano, M. M. "Antioxidant bioactive compounds in tomato fruits at different ripening stages and their effects on normal and cancer cells". *Journal of Functional Foods*, vol. 18, octubre de 2015, pp. 83-94, ISSN 1756-4646, DOI 10.1016/j.jff.2015.06.060.
3. Erge, H. S. y Karadeniz, F. "Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Tomato Cultivars". *International Journal of Food Properties*, vol. 14, no. 5, 1 de septiembre de 2011, pp. 968-977, ISSN 1094-2912, DOI 10.1080/10942910903506210.
4. Guardado, Y. E.; Molina, P. E.; Uriarte, V. E. y João, M. M. "Antioxidant and pro-oxidant effects of polyphenolic compounds and structure-activity relationship evidence" [en línea]. En: ed. Bouayed D. J., *Nutrition, Well-Being and Health*, edit. INTECH Open Access Publisher, 2012, pp. 23-48, ISBN 978-953-51-0125-3, [Consultado: 8 de febrero de 2016], Disponible en: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/29974/InTech-Antioxidant_and_pro_oxidant_effects_of_polyphenolic_compounds_and_structure_activity_relationship_evidence.pdf>.
5. Soto-Vaca, A.; Gutierrez, A.; Losso, J. N.; Xu, Z. y Finley, J. W. "Evolution of Phenolic Compounds from Color and Flavor Problems to Health Benefits". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, no. 27, 11 de julio de 2012, pp. 6658-6677, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf300861c.
6. Lee, C. Y. "Challenges in providing credible scientific evidence of health benefits of dietary polyphenols". *Journal of Functional Foods*, vol. 5, no. 1, enero de 2013, pp. 524-526, ISSN 1756-4646, DOI 10.1016/j.jff.2012.10.018.
7. Shahidi, F. y Ambigaipalan, P. "Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review". *Journal of Functional Foods*, vol. 18, Part B, octubre de 2015, (ser. Natural Antioxidants), pp. 820-897, ISSN 1756-4646, DOI 10.1016/j.jff.2015.06.018.
8. De Souza, A.; Sueiro, L.; García, D. y Porras, E. "Extremely low frequency non-uniform magnetic fields improve tomato seed germination and early seedling growth". *Seed Science and Technology*, vol. 38, no. 1, 1 de abril de 2010, pp. 61-72, ISSN 0251-0952, 1819-5717, DOI 10.15258/sst.2010.38.1.06.

Tabla III. Polifenoles identificados en extractos de frutos de *S. lycopersicum* L.

Polifenoles	Tiempo de Retención tr (min)	HPLC – PDA λ máxima (nm)
Rutina	12,16	228
Quercetina	18,02	290
Ácido gálico	2,51	296

9. El-Yazied, A. P.; El-Gizawy, A. M.; Khalf, S. M. y El-Satar, A. "Effect of Magnetic Field on Seed Germination and Transplant Growth of Tomato". *Journal of American Science*, vol. 7, no. 12, 2011, pp. 306-312, ISSN 1545-1003.
10. Bourget, S.; Corcuff, R.; Angers, P. y Arul, J. "Effect of the exposure to static magnetic field on the ripening and senescence of tomato fruits". *Acta Horticulturae*, no. 945, abril de 2012, pp. 129-133, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2012.945.16.
11. Feizi, H.; Sahabi, H.; Moghaddam, P. R.; Shahtahmasebi, N.; Gallehgir, O. y Amirmoradi, S. "Impact of Intensity and Exposure Duration of Magnetic Field on Seed Germination of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.)". *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 4, no. 1, 22 de febrero de 2012, pp. 116-120, ISSN 2067-3264, DOI 10.15835/nsb.4.1.7324.
12. El-Yazied, A. A.; El-Gizawy, A. M.; Khalf, S. M.; El-Satar, A. y Shalaby, O. A. "Effect of magnetic field treatments for seeds and irrigation water as well as N, P and K levels on productivity of tomato plants". *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 8, no. 4, 2012, pp. 2088-2099, ISSN 1819-544X.
13. Jedlička, J.; Paulen, O. y Ailer, Š. "Influence of magnetic field on germination, growth and production of tomato". *Potravinarstvo*, vol. 8, no. 1, 25 de junio de 2014, pp. 150-154, ISSN 1337-0960, DOI 10.5219/349.
14. Poinapen, D.; Brown, D. C. W. y Beeharry, G. K. "Seed orientation and magnetic field strength have more influence on tomato seed performance than relative humidity and duration of exposure to non-uniform static magnetic fields". *Journal of Plant Physiology*, vol. 170, no. 14, 15 de septiembre de 2013, pp. 1251-1258, ISSN 0176-1617, DOI 10.1016/j.jplph.2013.04.016.
15. Sánchez-Moreno, C.; Plaza, L.; de Ancos, B. y Cano, M. P. "Effect of combined treatments of high-pressure and natural additives on carotenoid extractability and antioxidant activity of tomato puree (*Lycopersicon esculentum* Mill.)". *European Food Research and Technology*, vol. 219, no. 2, julio de 2004, pp. 151-160, ISSN 1438-2377, 1438-2385, DOI 10.1007/s00217-004-0926-1.
16. Vallverdú, Q. A.; Odriozola, S. I.; Oms, O. G.; Lamuela, R. R. M.; Elez, M. P. y Martín, B. O. "Changes in the Polyphenol Profile of Tomato Juices Processed by Pulsed Electric Fields". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, no. 38, 26 de septiembre de 2012, pp. 9667-9672, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf302791k.
17. MINSAP. *Medicamentos de origen vegetal: Droga cruda. Especificaciones generales*. no. NRSP 310, Inst. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 1991.
18. Singleton, V. L.; Orthofer, R. y Lamuela-Raventós, R. M. "[14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent" [en línea]. En: ed. Enzymology B.-M. in, *Methods in Enzymology*, (ser. Oxidants and Antioxidants Part A), edit. Academic Press, 1999, pp. 152-178, DOI 10.1016/S0076-6879(99)99017-1, [Consultado: 8 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687999990171>>.
19. Martínez-Valverde, I.; Periago, M. J.; Provan, G. y Chesson, A. "Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 82, no. 3, 1 de febrero de 2002, pp. 323-330, ISSN 1097-0010, DOI 10.1002/jfsa.1035.
20. Toor, R. K. y Savage, G. P. "Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes". *Food Chemistry*, vol. 94, no. 1, enero de 2006, pp. 90-97, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2004.10.054.
21. Anton, D.; Matt, D.; Pedastsaar, P.; Bender, I.; Kazimierczak, R.; Roasto, M.; Kaart, T.; Luik, A. y Püssa, T. "Three-Year Comparative Study of Polyphenol Contents and Antioxidant Capacities in Fruits of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivars Grown under Organic and Conventional Conditions". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 62, no. 22, 4 de junio de 2014, pp. 5173-5180, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf500792k.
22. Sahlin, E.; Savage, G. P. y Lister, C. E. "Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing". *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 17, no. 5, octubre de 2004, pp. 635-647, ISSN 0889-1575, DOI 10.1016/j.jfca.2003.10.003.
23. Elbadrawy, E. y Sello, A. "Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts". *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 11, 2011, pp. 1-9, ISSN 1878-5352, DOI 10.1016/j.arabj.2011.11.011.
24. Četković, G.; Savatović, S.; Čanadanović-Brunet, J.; Djilas, S.; Vulić, J.; Mandić, A. y Četojević-Simin, D. "Valorisation of phenolic composition, antioxidant and cell growth activities of tomato waste". *Food Chemistry*, vol. 133, no. 3, 1 de agosto de 2012, pp. 938-945, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2012.02.007.
25. Amiri, M. C. y Dadkhah, A. A. "On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 278, no. 1-3, 20 de abril de 2006, pp. 252-255, ISSN 0927-7757, DOI 10.1016/j.colsurfa.2005.12.046.
26. Toledo, E. J. L.; Ramalho, T. C. y Magriotis, Z. M. "Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models". *Journal of Molecular Structure*, vol. 888, no. 1-3, 15 de octubre de 2008, pp. 409-415, ISSN 0022-2860, DOI 10.1016/j.molstruc.2008.01.010.
27. Cai, R.; Yang, H.; He, J. y Zhu, W. "The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds". *Journal of Molecular Structure*, vol. 938, no. 1-3, 16 de diciembre de 2009, pp. 15-19, ISSN 0022-2860, DOI 10.1016/j.molstruc.2009.08.037.
28. Otsuka, I. y Ozeki, S. "Does Magnetic Treatment of Water Change Its Properties?". *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 110, no. 4, 1 de febrero de 2006, pp. 1509-1512, ISSN 1520-6106, DOI 10.1021/jp056198x.
29. Yadollahpour, A.; Samaneh, R.; Rezaee, Z. y Jalilifar, M. "Magnetic Water Treatment in Environmental Management: A Review of the Recent Advances and Future Perspectives". *Current World Environment*, vol. 9, no. 3, 31 de diciembre de 2014, pp. 1008-1016, ISSN 0973-4929, 2320-8031, DOI 10.12944/CWE.9.3.56.

30. Goodman, E. M.; Greenebaum, B. y Marron, M. T. "Effects of Electromagnetic Fields on Molecules and Cells" [en línea]. En: ed. Jarvik K. W. J. and J., *International Review of Cytology*, edit. Academic Press, 1995, pp. 279-338, DOI 10.1016/S0074-7696(08)62489-4, [Consultado: 8 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0074769608624894>>.
31. Shine, M. b.; Guruprasad, K. . y Anand, A. "Effect of stationary magnetic field strengths of 150 and 200 mT on reactive oxygen species production in soybean". *Bioelectromagnetics*, vol. 33, no. 5, 1 de julio de 2012, pp. 428-437, ISSN 1521-186X, DOI 10.1002/bem.21702.
32. Silva, J. A. T. da y Dobránszki, J. "Magnetic fields: how is plant growth and development impacted?". *Protoplasma*, 8 de mayo de 2015, pp. 1-18, ISSN 0033-183X, 1615-6102, DOI 10.1007/s00709-015-0820-7.
33. Zare, H. y Mohsenzadeh, S. "The Effect of Electromagnetic Waves on Photosynthetic Pigments and Antioxidant Enzyme in *Zea mays* L". *Current World Environment*, vol. 10, no. 1, 30 de junio de 2015, pp. 732-739, ISSN 09734929, 23208031, DOI 10.12944/CWE.10.Special-Issue1.88.
34. Hozayn, M. y Qados, A. M. S. A. "Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.)". *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 1, no. 4, 2010, pp. 671-676, ISSN 2151-7517, CABDirect2.
35. El Sayed, H. E. S. A. "Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant". *American Journal of Experimental Agriculture*, vol. 4, no. 4, 2014, pp. 476-496, ISSN 2231-0606.
36. Hozayn, M.; Abdel-Monem, A. y Qados, A. "Irrigation with Magnetized Water: A Novel Tool for Improving Crop Production in Egypt" [en línea]. En: *World Environmental and Water Resources Congress*, edit. American Society of Civil Engineers, 2011, pp. 4206-4222, ISBN 978-0-7844-1173-5, DOI 10.1061/41173(414)438, [Consultado: 8 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41173%28414%29438>>.
37. Vishki, F. R.; Majd, A.; Nejdassattari, T. y S, A. "Study of Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation on Biochemical Changes In *Satureja bachtiarica* L". *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, vol. 1, no. 7, 25 de agosto de 2012, pp. 77-82, ISSN 2277-8616.
38. Soliva-Fortuny, R.; Balasa, A.; Knorr, D. y Martín-Belloso, O. "Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: a review". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 20, no. 11-12, diciembre de 2009, pp. 544-556, ISSN 0924-2244, DOI 10.1016/j.tifs.2009.07.003.
39. Jeszka, S. M.; Krawczyk, M. y Zgoła, G. A. "Determination of antioxidant activity, rutin, quercetin, phenolic acids and trace elements in tea infusions: Influence of citric acid addition on extraction of metals". *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 40, junio de 2015, pp. 70-77, ISSN 0889-1575, DOI 10.1016/j.jfca.2014.12.015.
40. Oke-Altuntas, F.; Aslim, B.; Duman, H.; Gulpinar, A. R. y Kartal, M. "The Relative Contributions of Chlorogenic Acid and Rutin to Antioxidant Activities of Two Endemic *Prangos* (Umbelliferae) Species (*P. Heynia* and *P. Denticulata*)". *Journal of Food Biochemistry*, vol. 39, no. 4, 1 de agosto de 2015, pp. 409-416, ISSN 1745-4514, DOI 10.1111/jfbc.12137.
41. Gómez, R. M.; Segura, C. A. y Fernández, G. A. "Metabolite profiling and quantification of phenolic compounds in methanol extracts of tomato fruit". *Phytochemistry*, vol. 71, no. 16, noviembre de 2010, pp. 1848-1864, ISSN 0031-9422, DOI 10.1016/j.phytochem.2010.08.002.
42. Samaniego, S. C.; Stagno, C.; Quesada, G. J. J.; Blanca, H. R. y Brandolini, V. "HPLC Method and Antioxidant Activity for Bioactive Component Determination of *Lycopersicon esculentum* Mill. Varieties from a Coastal Area of Southern Spain". *Food Analytical Methods*, vol. 7, no. 3, 12 de julio de 2013, pp. 660-668, ISSN 1936-9751, 1936-976X, DOI 10.1007/s12161-013-9670-0.
43. Vallverdú, Q. A.; Oms, O. G.; Odriozola, S. I.; Lamuela, R. R. M.; Martín, B. O. y Elez, M. P. "Effects of Pulsed Electric Fields on the Bioactive Compound Content and Antioxidant Capacity of Tomato Fruit". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, no. 12, 28 de marzo de 2012, pp. 3126-3134, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf205216m.
44. Dubois, A. F. "Evaluación de la irrigación con el uso de campos magnéticos estáticos sobre la síntesis de metabolitos secundarios en *Solanum lycopersicum* L. (tomate)". *Investigación y Saberes*, vol. 1, no. 1, 12 de marzo de 2012, pp. 54-61, ISSN 1390-8073.
45. Vallverdú, Q. A.; Medina, R. A.; Martínez, H. M.; Jáuregui, O.; Andres, L. C. y Lamuela, R. R. M. "Phenolic Profile and Hydrophilic Antioxidant Capacity as Chemotaxonomic Markers of Tomato Varieties". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 59, no. 8, 27 de abril de 2011, pp. 3994-4001, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf104400g.
46. Dubois, A. F.; Leite, G. O. y Rocha, J. B. T. "Irrigation of *Solanum lycopersicum* L. with magnetically treated water increases antioxidant properties of its tomato fruits". *Electromagnetic Biology and Medicine*, vol. 32, no. 3, 1 de septiembre de 2013, pp. 355-362, ISSN 1536-8378, DOI 10.3109/15368378.2012.721847, PMID: 23324035.

Recibido: 15 de mayo de 2015

Aceptado: 29 de enero de 2016

TUTORIAL

NÚMERO ESPECIAL

*Este número de la revista está dedicado
al X Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg2015)*

El Centro de Bioplantitas es una institución de investigaciones científicas, adscrita a la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” del Ministerio de Educación Superior de Cuba. El mismo surge en 1987 como un laboratorio de investigaciones y micropropagación de plantas frutales. Desde 1992, tiene como misión desarrollar, aplicar y ofrecer tecnologías, productos, asistencia técnica y servicios académicos de excelencia en el marco de la Biotecnología Vegetal.

El grupo de investigadores, técnicos de laboratorio y otro personal auxiliar altamente calificados, han sido galardonados con premios relevantes de la Academia de las Ciencias de Cuba y con reconocimientos por la labor que realizan en la transferencia de resultados científicos y tecnológicos, la producción de vitroplantitas para el comercio internacional, y la educación postgraduada. Para el trabajo científico cuenta con seis laboratorios: Cultivo de Células y Tejidos Vegetales, Agrobiología, Interacción Planta-Patógeno, Ingeniería Metabólica, Mejoramiento Genético de Plantas y Computación Aplicada. Todos con las mejores facilidades y un equipamiento de alta calidad para asegurar resultados relevantes.

El Centro de Bioplantitas desde 1997 y, como bienal, desarrolla su Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg), el cual constituye un marco excepcional para el intercambio de conocimientos y experiencias entre científicos, docentes y productores. En este se debaten en forma de Conferencia Magistrales, Talleres y Mesas Redondas durante sesiones de trabajo, los resultados más relevantes y los problemas más acuciantes que enfrenta la biotecnología vegetal cubana y mundial.

Por todo lo anterior, el Comité Organizador de BioVeg2015 en su décima edición se complace en presentarles una muestra representativa de 19 trabajos científicos completos recibidos y siente profunda satisfacción en invitarlos para el próximo BioVeg2017 que se desarrollará en la fecha 22-26 del mes de mayo.

Nota:

Durante el proceso de edición no se pudo acceder al trabajo de retoque y mejoramiento de imágenes, por lo que estas han sido insertadas con la misma calidad con la que enviaron sus autores.

La Editorial