

El potasio en la calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico

Héctor Armando Díaz-Méndez¹

Pablo Preciado-Rangel^{2§}

Esteban Sánchez Chávez³

Juan Ramón Esparza Rivera⁴

Manuel Fortis Hernández²

Vicente de Paul Álvarez-Reyna¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe S/N, Torreón, Coahuila, México. (hectoriego@hotmail.com; vicpaal@hotmail.com). ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. (esteban@ciad.mx; mforty05@yahoo.com.mx). ³Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango (jresparza02001@yahoo.com). ⁴División de Estudios de Posgrado e Investigación-Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México.

§Autor para correspondencia: ppreciador@yahoo.com.mx.

Resumen

El incremento de la concentración de compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes en los cultivos hortofrutícolas es una práctica agronómica que recientemente ha tomado importancia debido a que el consumo de compuestos bioactivos antioxidantes está relacionada con la reducción y prevención de enfermedades crónicas degenerativas. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de concentración de potasio (7, 9, 11, 13 y 15 mM) en la solución nutritiva sobre el contenido nutracéutico de frutos de pepino desarrollado en condiciones hidropónicas. La calidad nutracéutica del fruto fue determinada mediante el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales, y la capacidad antioxidante *in vitro*. La mejor calidad nutracéutica en frutos de pepino fue obtenida con la mayor dosis de potasio en la solución nutritiva. La calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico es factible de mejorarse mediante el incremento del aporte de potasio proporcionado en la solución nutritiva. Esta práctica agronómica representa una alternativa para aumentar el contenido fitoquímico y calidad nutracéutica de frutos de pepino.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., compuestos fitoquímicos, soluciones nutritivas.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: marzo de 2018

Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es un producto hortícola con alta demanda mundial (Eifediyi y Remison, 2010), el cual ha sido utilizado en la medicina tradicional desde tiempos antiguos debido a su contenido químico y potencial terapéutico (Mukherjee *et al.*, 2013). El pepino se cultiva tanto en sistemas tradicionales en campo abierto como bajo condiciones protegidas con malla sombra o invernaderos utilizando sistema de riego presurizado para suplir las necesidades hídricas y nutrimentales obteniendo así precocidad en las cosechas e incremento en el rendimiento (Preciado *et al.*, 2011). En México, 10% de la superficie total de este cultivo se realiza en invernadero utilizando algún sistema hidropónico (González, 2009). En este sistema se proporciona agua y los requerimientos nutricionales a través de una solución nutritiva, la cual es determinante para incrementar la calidad de los frutos o vegetales producidos.

En concordancia a que los actuales consumidores ya no sólo están interesados en la apariencia de los productos, sino también en su contenido de compuestos antioxidantes tales como flavonoides, fenólicos totales, β -caroteno y ácido ascórbico entre otros, los cuales están naturalmente presentes en los productos vegetales (Wang y Wu, 2010). La importancia de dichos compuestos bioactivos radica en que su consumo es asociado con un menor riesgo de enfermedades crónico degenerativas (Llacuna y Mach, 2012); ya que estos alimentos funcionales atenúan el estrés oxidativo, que dan lugar a la desintegración de la membrana celular, daños en proteínas y mutación del ADN (Ravishankar *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2014). De ahí la importancia de incrementar la concentración de compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes en los frutos y vegetales.

Entre los factores que afectan la calidad nutricional y nutraceutica se encuentra el genotipo, las condiciones ambientales y la fertilización (Beckles, 2012). En relación con este aspecto, se ha reportado que el potasio (K) es el nutriente que ejerce mayor influencia sobre la calidad organoléptica y la concentración de fitonutrientes, los cuales son de vital importancia para la salud humana (Lester *et al.*, 2010): ya que incrementa la composición fenólica y la capacidad antioxidante del fruto (Constán *et al.*, 2014), juega un rol en la síntesis de proteínas y fotosíntesis (Budiastuti *et al.*, 2012). Además de la síntesis de amidas y proteínas, es también un activador enzimático (Devi *et al.*, 2012), ya que se le ha relacionado con la producción de fitonutrientes que tiene implicaciones en la síntesis bioquímica de los productos del metabolismo secundario de las plantas (Lester *et al.*, 2009), favorece el aumento de los ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, clorofila, carotenoides, licopeno y las vitaminas (Ibrahim y Jaafar, 2012). Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la concentración de K en la solución nutritiva sobre el contenido nutraceutico de frutos de pepino desarrollados en hidroponía.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación fue establecido bajo condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado a 25° 36'36.54" latitud norte y 103° 22' 32.28" longitud oeste y 1 123 msnm.

Plántulas de pepino cv Poinsett 76 de 35, fueron trasplantadas en bolsas de plástico negro de 20 L de capacidad conteniendo como sustrato una mezcla de arena de río: perlita en proporción de 80:20 (v:v). Las macetas con una plantula fueron acomodadas en un arreglo de plantación de hilera

sencilla espaciadas a 40 cm entre planta y 90 cm entre hileras con densidad de población de 2.7 plantas por m². Para ordenar el crecimiento de la planta se suprimieron los brotes axilares conforme aparecían y fue conducida a una sola guía principal, sostenida de un hilo rafia polipropileno verticalmente sujeto de un alambre transversal.

Los tratamientos fueron diseñados a partir de modificaciones de la solución nutritiva de Steiner (1984) y consistieron en aumentar la concentración de K⁺ (7, 9, 11, 13 y 15 mM), con relación a Ca²⁺ y Mg²⁺, de acuerdo a lo lineamientos indicados por Steiner. Las soluciones resultantes se ajustaron a un potencial osmótico de -0.073 MPa y un pH de 5.5 y contenían (en mg L⁻¹) Fe 2.5, Mn 0.5, B 0.5, Cu 0.02 y Zn 0.05. El Fe se proporcionó como Fe-EDTA. Cada tratamiento consistió en una maceta con una planta, distribuida en un diseño completamente al azar con 15 repeticiones (una maceta por repetición) acomodados bajo un diseño completamente al azar. El riego con la solución nutritiva consistió de 0.5 L maceta⁻¹ día⁻¹ desde el trasplante hasta antes de la floración y de la floración a cosecha 1.5 L

En la cosecha de cada tratamiento fueron seleccionados al azar seis frutos en estado de madurez de consumo completamente desarrollados, para determinar la calidad nutraceutica del fruto. La calidad nutraceutica del fruto fue determinada mediante las pruebas analíticas de contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales, y capacidad antioxidante *in vitro* (DPPH).

Los extractos para realización de pruebas analíticas fueron obtenidos mezclando muestra (polvo liofilizado de pepino) con metanol grado HPLC en un tubo Falcón de 15 mL, agitando la mezcla por 72 h a 20 rpm. Luego, el sobrenadante es separado y centrifugado a 2 000 rpm por 10 min y la fase superior (extracto metanólico) es extraído usando micropipeta ajustable, posteriormente la (filtración) se llevó a cabo en un filtro de membrana de acetato de celulosa, con poro de 0.45 micras, colocando el extracto en tubos eppendorf de 2 mL, los cuales fueron almacenados a -20 °C hasta la realización de las pruebas analíticas.

La determinación de la capacidad antioxidante se llevó a cabo de acuerdo con el método *in vitro* DPPH⁺ usando una modificación del método publicado por Brand-Williams (1995). Se preparó una solución de DPPH⁺ (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU) en metanol, ajustando la absorbancia de la solución a 1.1 ±0.01 a una longitud de onda de 515 nm. Para la determinación de capacidad antioxidante se mezclaron 50 µL de muestra y 950 µL de solución DPPH⁺, y después de 3 min de reacción se leyó la absorbancia de la mezcla a 515 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por 100 g base fresca (µM equiv Trolox/100 g BF).

El contenido fenólico total se midió usando una modificación del método Folin-Ciocalteu (Esparza-Rivera *et al.*, 2006). Se mezclaron 30 µL de muestra con 270 µL de agua destilada en un tubo de ensaye, y a esta solución se le agregaron 1.5 mL de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EU) diluido (1:15), agitando en vórtex durante 10 segundos. Después de 5 min se añadieron 1.2 mL de carbonato de sodio (7.5%, p/v) agitando durante 10 segundos. La solución fue colocada en baño maría a 45 °C por 15 min y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución fue leída a 765 nm en un espectrofotómetro DR 5000.

El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando (Sigma, St. Louis, Missouri, EU) como estándar, y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra base fresca (mg equiv AG/100 g BF).

Los flavonoides fueron determinados siguiendo una modificación del método citado por Rochín-Wong *et al.* (2009). Se mezclaron 250 μL de extracto metanólico con 250 μL de agua destilada, y se añadieron 75 μL de NaNO_2 (50 g L^{-1}) y 750 μL de una solución de AlCl_3 (100 g L^{-1}). Se dejó reposar por 1 min, se añadieron 500 μL de NaOH 1 M, y se aforó a 10 mL con agua destilada. Se mezcló y se leyó espectrofotométricamente a 510 nm. Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de catequina (EC)/100 g peso fresco.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza usando el software estadístico SAS (2001). Para las comparaciones de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Además, se realizó un análisis de correlación entre los compuestos bioactivos.

Resultados y discusión

Los resultados de este estudio mostraron que la aplicación de dosis diferenciales de potasio en la solución nutritiva afectó significativamente ($p \leq 0.05$), el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales, así como la capacidad antioxidante de frutos de pepino (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la concentración de potasio de la solución nutritiva sobre la calidad nutraceutica de frutos de pepino.

K (mM)	Contenido de fenólicos totales*	Contenido de flavonoides totales**	Capacidad antioxidante***
7	12.2 c	1.94 c	1084.2 c
9	11.2 c	1.86 c	1029.5 c
11	10.3 c	1.72 c	1026.4 c
13	14.1 b	2.36 b	1223.1 b
15	17.5 a	2.68 a	1621.5 a

* = resultados en mg equiv de ácido galico/100 mg base fresca; ** = resultados en mg equiv de quercetina/100 gm base fresca; *** = resultados en mM equiv de Trolox/100 gm base fresca. Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$).

En el presente estudio, la mejor calidad nutraceutica se obtuvo en frutos producidos bajo un aporte de 15 mM de K (Cuadro 1). Asimismo, la correlación entre los compuestos fenólicos y flavonoides totales y la capacidad antioxidante de este producto fue alta ($R^2 = 0.98$ y $R^2 = 0.93$), lo que indica que las propiedades antioxidantes de este producto dependen del contenido de estos fitoquímicos. Se observa una mejora significativa en la capacidad antioxidante de los frutos y al aumentar la concentración de potasio en la solución nutritiva, lo cual sugiere que la calidad nutraceutica del fruto puede ser modificada. Como lo señala Nguyen *et al.* (2010) al reportar incrementos en la cantidad de compuestos fenólicos al aumentar las dosis potasio.

Por otra parte, Ibrahim Jaafar (2012) señalan aumentos en el contenido de flavonoides totales con dosis crecientes de potasio. Entre las principales funciones del potasio en el metabolismo de los organismos vegetales se encuentra la regulación del equilibrio celular para facilitar la absorción y

translocación de carbohidratos, y esto tiene un impacto directo sobre la formación de compuestos fenilpropanoides, los cuales son precursores de los compuestos fenólicos (Kuum *et al.*, 2015). La obtención de frutos con mayor contenido de fitoquímicos es deseable debido a que su consumo está asociado con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Llacuna y Mach, 2012). Por lo tanto, la investigación sobre los factores que estimulan su producción o afectan su contenido está aumentando (Navarro *et al.*, 2006). Debido principalmente que los compuestos antioxidantes son esenciales en la calidad nutricional de las frutas (Frusciante *et al.*, 2007) y se clasifican como un factor esencial para determinar su precio en el mercado.

Conclusiones

La mejor calidad nutraceutica en frutos de pepino hidropónico producidos en invernadero fue obtenida con la aplicación de 15 mM de K en la solución nutritiva de Steiner. Asimismo, la correlación entre los compuestos fenólicos y flavonoides totales y la capacidad antioxidante de este producto vegetal fue alta. La calidad nutraceutica de frutos de pepino puede ser modificada mediante el aporte de potasio en la solución nutritiva aplicada. El aporte de potasio en la solución nutritiva representa una alternativa para aumentar el contenido fitoquímico y calidad nutraceutica de cultivos desarrollados bajo condiciones hidropónicas.

Literatura citada

- Beckles, D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 63:129-140.
- Brand, W. C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.* 28:25-30.
- Budiastuti, S.; Purnomo D.; Sulisty, T. D.; Rahardjo, S. P.; Darsono, L.; Pardjo, V. 2012. The enhancement of melon fruit quality by application of the fertilizer and gibberellin. *J. Agric. Sci. Technol.* 2:455-460.
- Constán, A. C.; Leyva, R.; Blasco, B.; Sánchez, R. E.; Soriano, T.; Ruiz, J. M. 2014. Biofortification with potassium: antioxidant responses during postharvest of cherry tomato fruits in cold storage. *Acta Physiol. Plantarum.* 36:283-293.
- Devi, B. S. R.; Y. J. Kim, S. K. Selvi, S. Gayathri, K. Altanzul, S. Parvin, D. U. Yang, O. R. 2012. Influence of potassium nitrate on antioxidant level and secondary metabolite genes under cold stress in *Panax ginseng*. *Russian J. Plant Physiol.* 59:318-325.
- Eifediyi, E. K. y Remison, S. U. 2010. Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativum* L.) as influenced by farm yard manure and inorganic fertilizer. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 2:216-220.
- Esparza, R. J. R.; Stone, M. B.; Stushnoff, C.; Pilon, S. E. y Kendall, P. A. 2006. Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *J. Food Sci.* 71:270-276.
- González, N. J. F. 2009. La agricultura protegida. *Horticultivos.* Editorial Agro Síntesis SA. de CV. México, D. F. 6 p.
- Ibrahim, M. H. and Jaafar, H. Z. 2012. Primary, secondary metabolites, H₂O₂, malondialdehyde and photosynthetic responses of *Orthosiphon stimanus* Benth. to different irradiance levels. *Molecules.* 17:1159-1176.

- Kuum, M.; Veksler V. and Kaasik, A. 2015. Potassium fluxes across the endoplasmic reticulum and their role in endoplasmic reticulum calcium homeostasis. *Cell Calcium*. 58:79-85.
- Lester, G. E.; Jifon, J. L. and Makus, J. D. 2009. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil*. 335:117-131.
- Lester, G. E.; Jifon, J. L. and Makus, D. J. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil*. 335:117-131.
- Llacuna, L. and Mach, N. 2012. Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Rev. Esp. Nutr. Humana Dietét.* 16:16-24.
- Mukherjee, P. K.; Nema, N. K.; Maity, N. and Sarkar, B. K. 2013. Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. *Fitoterapia*. 84:227-236.
- Navarro, J. M.; Flores, P.; Garrido, C. and Martínez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem*. 96:66-73.
- Nguyen, P. M.; Kwee, E. M. and Niemeyer, E. D. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chem*. 123:1235-1241.
- Preciado, R. P.; Fortis, V.; García, J. L.; Rueda, E.; Esparza, R. J. R.; Lara, A.; Segura, M. A. y Orozco, V. 2011. Evaluation of organic nutrient solutions for greenhouse tomato production. *Interciencia*. 36(9):689-693.
- Ravishankar, D.; Rajora, A.; Greco, F. and Osborn, E. 2013. Flavonoids as prospective compounds for anti-cancer therapy. *The Inter. J. Biochem. Cell Biol*. 45:2821-2831.
- Rochín, W. C. S.; Gámez, M. N.; Montoya, B. L. C. y Medina, J. L. A. 2009. Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Rev. Mex. Ing. Quím.* 8:232-241.
- SAS. 2001. (Statistical Analysis System) Institute. SAS user's guide. Statistics. Version 9.0. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth Int. Congr. On Soilless Culture. I.S.O.S.C. Proceeding. The Netherlands. 633-649 pp.
- Wang, Y. and Wu, W. H. 2010. Plant sensing and signaling in response to K⁺ deficiency. *Mol. Plant*. 3:280-287.
- Xiao, J.; Muzashvili, T. and Georgiev, M. 2014. Advances in the biotechnological glycosylation of valuable flavonoids. *Biotechnol. Adv.* 32:1145-1156.