

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA FRUTA KIWI EN UNA ZONA TROPICAL DE ALTURA EN MÉXICO

PHYSICOCHEMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF KIWIFRUIT IN A MEXICAN TROPICAL HIGHLAND

Diana Guerra-Ramírez¹, Martín Galicia Lucas¹,
Irma Salgado-Escobar² y Juan Guillermo Cruz-Castillo^{3*}

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Departamento de Preparatoria Agrícola, Chapingo, Estado de México, México. ²Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, Tlalpan, Ciudad de México, México. ³UACH, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia (jcruz@chapingo.mx)

RESUMEN

El fruto de kiwi (*Actinidia deliciosa*) que se consume en México es mayormente importado. Es una fruta producida en países con clima templado, y su cultivo en zonas altas tropicales ha sido poco estudiado. El objetivo del presente estudio fue evaluar algunas propiedades físico-químicas y funcionales de la fruta kiwi Tropical Highland. Esta población seleccionada es de bajo requerimiento frío invernal y se produce en una zona alta tropical de Veracruz, México. Los atributos evaluados en el fruto se compararon con los del cv. Hayward. El tamaño y peso del fruto fueron mayores en el cv. Hayward, mientras que Tropical Highland tuvo menor número de semillas, presumiblemente debido a una baja polinización. La acidez titulable y los °Brix fueron mayores en kiwi Tropical Highland. La concentración de clorofila, fenoles totales y capacidad antioxidante fueron menores en los extractos de la pulpa del kiwi Tropical Highland. En contraste, la concentración de flavonoides fue mayor en el kiwi Tropical Highland. Tropical Highland, generado en México, tuvo propiedades funcionales adecuadas y representa una nueva opción frutícola para ser considerada en otras zonas altas en los trópicos de México y Mesoamérica.

Palabras clave: *Actinidia deliciosa*, bajo requerimiento de frío, capacidad antioxidante, flavonoides.

SUMMARY

The kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) consumed in Mexico is mostly imported. It is a fruit produced in countries with a temperate climate, and its cultivation in high-altitude tropical areas has been little studied. The objective of the study was to evaluate some physical-chemical and functional properties of the Tropical Highland kiwifruit. This selected population has a low winter chilling requirement and it is produced in a high-altitude tropical area of Veracruz, Mexico. The traits evaluated were compared with those of cv. Hayward. The size and weight of the fruit were greater in cv. Hayward while the Tropical Highland had fewer seeds, presumably due to poor pollination. Titratable acidity and °Brix were higher Tropical Highland kiwifruit. The chlorophyll concentration, total phenols and antioxidant capacity were lower in the extracts of the Tropical Highland kiwifruit pulp. In contrast, the flavonoids concentration was higher in the Tropical Highland kiwifruit. The Tropical Highland kiwifruit, developed in Mexico, had adequate functional properties and represents a new fruit option to be considered in other highland areas in the tropics of Mexico and Mesoamerica.

Index words: *Actinidia deliciosa*, antioxidant capacity, flavonoids, low chilling requirement.

INTRODUCCIÓN

En México, particularmente en el estado de Veracruz, existen zonas serranas tropicales cultivadas hasta los 2800 msnm, donde se producen frutales caducifolios en traspatios o en pequeñas huertas. En este ámbito, los frutales de clima templado generalmente presentan problemas de brotación de yemas reproductivas y producen frutos de menor calidad (Cruz-Castillo *et al.*, 2006); sin embargo, estos frutales han formado parte de una estrategia de los pequeños productores para mejorar su alimentación, reducir la erosión del suelo y obtener mayores recursos económicos en las zonas serranas del estado de Veracruz.

El kiwi (*Actinidia deliciosa*) cv. Hayward se introdujo en el mercado mexicano a finales de la década de los 1970s. Este frutal es un bejuco caducifolio que crece adecuadamente en países de clima templado, y requiere durante el invierno entre 700 y 900 horas frío (HF) por debajo de 4 °C para florecer (Wall *et al.*, 2008). Plantas del kiwi Hayward han sido establecidas experimentalmente a 2500 m de altitud en Veracruz, con resultados pobres en lo relativo a la brotación de yemas reproductivas; ésto se debe a la pobre acumulación de frío invernal, el cual oscila entre 180 y 300 HF. México no figura como país productor de esta especie, y prácticamente todo el kiwi que se consume en el mercado nacional proviene de California, Chile y Nueva Zelanda. Posibilitar la producción de kiwi en México reduciría las importaciones, fortalecería el mercado frutícola interno y mejoraría la economía de los pequeños productores de las zonas serranas de Veracruz.

En las zonas tropicales del mundo existen pocas experiencias cultivando kiwi; en Tailandia este cultivo ha enfrentado el problema de brotación irregular de las yemas reproductivas, lo cual se resolvió parcialmente con

aplicaciones de cianamida hidrogenada (Pichakum *et al.*, 2018); sin embargo, este compensador de frío es de uso restringido en los principales países productores de kiwi (Hernández y Craig, 2016); además, el producto no ha sido eficiente cuando se ha aplicado experimentalmente en kiwi cv. Hayward en Veracruz. En contraste la selección de variedades de kiwi con bajo requerimiento de HF ha sido la solución en otros países (Zhao *et al.*, 2017), pero dichas variedades no han sido evaluadas en México.

El kiwi es una fruta sobresaliente en capacidad antioxidante (D'Evoli *et al.*, 2013); sin embargo, la fruta del kiwi sometida a altas temperaturas durante su crecimiento en zonas templadas tuvo menor calidad (Richardson *et al.*, 2004). No obstante, las características funcionales del kiwi cultivado bajo condiciones tropicales de altura, no han sido evaluadas; por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar *in vitro* algunas propiedades físico-químicas, y funcionales de un kiwi seleccionado con bajo requerimientos de HF cultivado en una zona alta tropical en Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético y sitio de estudio

Plantas del kiwi Tropical Highland se establecieron por esquejes a 5 × 3 m en 2014. Este kiwi fue generado en Veracruz, a partir de segregantes desarrollados por semillas del cv. Hayward (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang et A. R. Ferguson) y caracterizados por presentar un bajo requerimiento de HF. La huerta se localizó en Huatusco, Veracruz, México (19° 11' 12.48" N, 97° 11' 13.75" W), a una elevación de 1950 msnm.

Conducción del huerto

Los arbustos se condujeron en T, y como polinizador se intercaló el cv. Matua cada 9 plantas. Los arbustos se mantuvieron bajo condiciones de temporal con una precipitación media anual de 1800 mm. La fruta de los kiwis no fue raleada, y ningún pesticida o regulador del crecimiento fue aplicado.

Variables evaluadas

De una huerta con 50 plantas de la selección Tropical Highland, tres plantas de tamaño similar (1.7 m) fueron seleccionadas al azar de donde se cosecharon 90 frutos aleatoriamente. Asimismo, se utilizaron 90 frutos de kiwi Hayward que fueron adquiridos en un supermercado de California, EUA. A cada uno de los 180 frutos se les determinó la masa (g), la longitud (mm) y diámetro mayor

(mm) con un pie de rey digital (Mitutoyo modelo CD-6" CSX, Kanagawa, Japón). También se evaluó la concentración de sólidos solubles totales (CSST) en °Brix, pH, acidez titulable (%) y firmeza (N). El número de semillas por fruto se evaluó en una muestra aleatoria de 30 frutos de cada muestra de fruta. Los frutos fueron cortados transversalmente en tres rodajas y el número de semillas se contó en ambas superficies de las tres rodajas (seis caras) (Cruz-Castillo y Wolley, 2006).

La pulpa de kiwi, previamente liofilizada (1 g), se mezcló con metanol 80 % en una relación 1:10 (p/v) y se ajustó a pH 3 con HCl 5 %. Cada muestra se extrajo por agitación en vórtex (1000 rpm, 3 min), sonicación (15 min), agitación en incubadora (150 rpm, 37 °C, 30 min) y nuevamente sonicación (15 min). Después, la mezcla fue centrifugada (2500 rpm, 15 min). El sobrenadante se recuperó y se llevó a un volumen final de 10 mL. A partir de este extracto se cuantificó el contenido de fenoles y flavonoides totales y la capacidad antioxidante. El contenido de fenoles totales (mg EAG g⁻¹ peso seco) fue determinado por el método de Folin-Ciocalteu adaptado a microplacas (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2016). La curva de calibración del ácido gálico se preparó en un intervalo de 0.001 a 0.01 mg mL⁻¹. Los flavonoides totales (mg EC g⁻¹ peso seco) se determinaron de acuerdo con Kubola y Siriamornpun (2011), y se preparó una curva de calibración con catequina. La capacidad antioxidante (μmol ET g⁻¹ peso seco) se valoró con los ensayos ABTS [ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico, A-1888] (Re *et al.*, 1999), FRAP (poder antioxidante reductor del hierro) (Benzie y Strain, 1996) y DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) (Cheng *et al.*, 2006). Las curvas de calibración para ABTS, FRAP y DPPH se prepararon con Trolox. La concentración de extracto de kiwi que inhibe el 50% de los radicales DPPH (concentración inhibitoria: CI₅₀) se calcularon graficando el porcentaje de degradación del DPPH contra la concentración de cada uno de los extractos. La concentración de clorofila fue determinada con una muestra de pulpa de kiwi (1 g), previamente liofilizada, la cual se mezcló con metanol 90 % en una relación 1:20 (p/v). Las concentraciones de clorofila *a*, clorofila *b* y clorofila total (mg 100 g⁻¹ peso seco) fueron calculadas a partir de las ecuaciones descritas por Lichtenthaler (1987). Todos los ensayos bioactivos se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

La información se analizó con pruebas *t* de Student para muestras independientes e igual número de observaciones con el sistema estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016). La información se presenta con valores medios y errores estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los kiwis Hayward superaron al kiwi Tropical Highland en masa, diámetro ecuatorial y número de semillas (Cuadro 1). Con base en el menor número de semillas ($P \leq 0.05$), el tamaño de la fruta producida en Veracruz puede ser incrementado mejorando la polinización; además, en huertas convencionales de kiwi, el raleo de fruta es otra práctica importante para incrementar el tamaño de la fruta (Famiani *et al.*, 2012); sin embargo, esta actividad no se realizó en los arbustos del kiwi Tropical Highland, lo cual influyó negativamente en las dimensiones del fruto.

Cuadro 1. Valores promedio (\pm error estándar) de la masa del fruto fresco (MFF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP) y número de semillas (NS) de frutos de dos cultivares de kiwi.

Cultivar	MFF (g)	DE (cm)	DP (cm)	NS
Hayward	123.0 \pm 9.1 a	5.9 \pm 0.39 a	7.0 \pm 0.3 a	200 \pm 10.0 a
Tropical Highland	74.5 \pm 11.3 b	4.2 \pm 0.13 b	7.0 \pm 0.51 a	175 \pm 8.0 b

Letras minúsculas diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas significativas (t de Student, $P \leq 0.05$).

El kiwi Tropical Highland fue cosechado con 11 °Brix, y éste se relaciona con un mayor o menor valor de firmeza durante la evaluación (Cuadro 2). En promedio, la fruta comercial del kiwi Hayward fue más firme que la fruta del genotipo Tropical Highland, pero este último tuvo las mayores concentraciones de acidez titulable (AT) y concentración de sólidos solubles totales (CSST), aunque el pH de la pulpa fue similar en ambos tipos de kiwi (Cuadro 2). Los valores de pH, AT y CSST determinados en el presente estudio coinciden con los observados en kiwi Hayward producido en Turquía (Cangi *et al.*, 2011). Usualmente el kiwi Hayward se cosecha comercialmente con 6.2 °Brix (Cruz-Castillo y Woolley, 2006), pero los valores promedio de la CSST, en términos de °Brix, fueron un indicativo de que la fruta ya estaba apta para consumo. Así mismo, la mayor acidez en el kiwi Tropical Highland indicó una mayor concentración de ácidos orgánicos (D'Evoli *et al.*, 2013).

El contenido de clorofila *a*, *b* y total fue mayor en la fruta del kiwi comercial cv. Hayward (Cuadro 3). La concentración de clorofila en la pulpa de la fruta de kiwi está relacionada con la incidencia de radiación solar sobre los frutos (Lawes, 1989). Las plantas de kiwi en Veracruz tuvieron una poda ligera en invierno; por lo tanto, la fruta se desarrolló en un ambiente más sombreado que la fruta comercial, éste pudo haber causado una reducción en la concentración de clorofila en la fruta del kiwi Tropical Highland.

Cuadro 2. Valores promedio (\pm error estándar) de firmeza, pH, acidez titulable (AT) y concentración de sólidos solubles totales (°Brix) en pulpa de frutos de dos cultivares de kiwi.

Cultivar	Firmeza (N)	pH	AT (%)	°Brix
Hayward	0.64 \pm 0.16 a	3.6 \pm 0.01 a	0.83 \pm 0.03 b	13.6 \pm 1.5 b
Tropical Highland	0.18 \pm 0.09 b	3.5 \pm 0.03 a	0.92 \pm 0.02 a	16.5 \pm 1.0 a

Letras minúsculas diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas significativas (t de Student, ≤ 0.05).

Cuadro 3. Contenido promedio (\pm error estándar) de clorofila *a*, *b* y total en pulpa de fruta dos cultivares de kiwi (TH). Valores con base en masa seca.

Cultivar	Clorofila <i>a</i> (mg 100 g ⁻¹)	Clorofila <i>b</i> (mg 100 g ⁻¹)	Clorofila total (mg 100 g ⁻¹)
Hayward	2.79 \pm 0.32 a	6.50 \pm 1.14 a	9.29 \pm 1.45 a
Tropical Highland	2.13 \pm 0.24 b	5.47 \pm 0.72 b	7.61 \pm 0.96 b

Letras minúsculas diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas significativas (t de Student, $P \leq 0.05$).

Los extractos de la pulpa del kiwi comercial cv. Hayward tuvieron mayor concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante en términos de ABTS, FRAP y DPPH (Cuadro 4). Estos valores fueron ligeramente menores a los reportados por Park *et al.* (2013) en fruta de kiwi con manejo agronómico convencional. La concentración inhibitoria (CI_{50}) de la fruta del kiwi comercial cv. Hayward requirió menor concentración del extracto de kiwi para inhibir el 50 % del radical libre DPPH, lo cual le confirió a esta fruta mayor capacidad antioxidante (Cuadro 4); sin embargo, el contenido de flavonoides fue menor en la fruta del kiwi cv. Hayward. Las diferencias en la concentración de compuestos bioactivos pudieron ser atribuibles al manejo agronómico y al medio ambiente en que cada fruta se desarrolló (D'Evoli *et al.*, 2013). El efecto del ambiente sobre la concentración de compuestos bioactivos y su capacidad antioxidante también ha sido documentada en otras especies; por ejemplo, González-Jiménez *et al.* (2020) mencionan que en fresa la concentración de fenoles, flavonoides, antocianinas y la actividad antioxidante disminuyen conforme aumenta la conductividad eléctrica en suelos salinos.

La fruta de la selección de kiwi evaluada posibilita la producción en zonas altas tropicales de México y Mesoamérica con una capacidad antioxidante aceptable. Este estudio es el primer reporte de la capacidad antioxidante de frutos de *A. deliciosa* en zonas tropicales de altura. La concentración de sólidos solubles totales no fue

Cuadro 4. Valores promedio (\pm error estándar) de fenoles totales, flavonoides, capacidad antioxidante (ABTS, FRAP y DPPH), y concentración inhibitoria (CI_{50}) de fruta de dos cultivares de kiwi. Valores con base en masa seca.

Cultivar	Fenoles totales (mg EAG g ⁻¹)	Flavonoides (mg EC g ⁻¹)	ABTS (μ mol ET g ⁻¹)	FRAP (μ mol ET g ⁻¹)	DPPH (μ mol ET g ⁻¹)	CI_{50} (mg mL ⁻¹)
Hayward	2.55 \pm 0.20 a	0.07 \pm 0.02 b	25.67 \pm 1.65 a	17.64 \pm 1.32 a	14.15 \pm 0.48 a	1.62 \pm 0.04 b
Tropical Highland	2.35 \pm 0.11 b	0.11 \pm 0.02 a	19.74 \pm 2.73 b	13.64 \pm 0.91 b	9.71 \pm 0.76 b	2.98 \pm 0.10 a

Letras minúsculas diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas significativas (t de Student, $P \leq 0.05$).

afectada negativamente por las condiciones ambientales tropicales. En próximos estudios, la concentración de vitamina C y de minerales merecen ser evaluadas para determinar y complementar la composición funcional y nutrimental de esta fruta producida en el trópico mexicano.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzie I. F. F. and J. J. Strain (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power. The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239:70-76, <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Cangi R., E. Altuntas, C. Kaya and O. Saracoglu (2011) Some chemical and physical properties at physiological maturity and ripening period of kiwifruit ('Hayward'). *African Journal of Biotechnology* 10:5304-5310, <https://doi.org/10.5897/AJB11.192>
- Cheng Z., J. Moore and L. Yu (2006) High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:7429-7436, <https://doi.org/10.1021/jf0611668>
- Cruz-Castillo J. G. and D. J. Woolley (2006) Pedicel weight and length do not affect kiwifruit size. *European Journal of Horticultural Science* 71:272-276.
- Cruz-Castillo J. G., F. Rodríguez-Bracamontes, J. Vázquez-Santizo and P. Torres-Lima (2006) Temperate fruit production in Guatemala. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 34:341-348, <https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514424>
- D'Evoli L., S. Moscatello, A. Baldicchi, M. Lucarini, J. G. Cruz-Castillo, A. Aguzzi, ... and G. Lombardi-Boccia (2013) Post-harvest quality, phytochemicals and antioxidant activity in organic and conventional kiwifruit (*Actinidia deliciosa*, cv. Hayward). *Italian Journal of Food Science* 25:362-368.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo (2016) InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Famiani F., A. Baldicchi, D. Farinelli, J. G. Cruz-Castillo, F. Marocchi, M. Mastroleo, ... and A. Battistelli (2012) Yield affects qualitative kiwifruit characteristics and dry matter content may be an indicator of both quality and storability. *Scientia Horticulturae* 146:124-130, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.08.009>
- González-Jiménez S. L., A. M. Castillo-González, M. R. García-Mateos, L. A. Valdez-Aguilar, C. Ybarra-Moncada y E. Avitia-García (2020) Respuesta de fresa cv. Festival a la salinidad. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:53-60, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.53>
- Hernández G. and R. L. Craig (2016) Identifying agrichemical alternatives to hydrogen cyanamide in 'Zesy002' ('Gold3') kiwifruit. *Acta Horticulturae* 1130:123-130, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1130.18>
- Hernández-Rodríguez G., T. Espinosa-Solares, G. Hernández-Eugenio, M. Villa-García, B. Reyes-Trejo and D. Guerra-Ramírez (2016) Influence of polar solutions on the extraction of phenolic compounds from capulin fruits (*Prunus serotina*). *Journal of the Mexican Chemical Society* 60:73-78, <https://doi.org/10.29356/jmcs.v60i2.76>
- Kubola J. and S. Siriamornpun (2011) Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry* 127:1138-1145, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.115>
- Lawes G. S. (1989) The effect of shading on the chlorophyll content of 'Hayward' kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 17:245-249, <https://doi.org/10.1080/01140671.1989.10428039>
- Lichtenthaler H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148:350-382, [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Park Y. S., M. H. Im, K. S. Ham, S. G. Kang, Y. K. Park, J. Namiesnik, ... and S. Gorinstein (2013) Nutritional and pharmaceutical properties of bioactive compounds in organic and conventional growing kiwifruit. *Plant Foods and Human Nutrition* 68:57-64, <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0339-z>
- Pichakum A., W. Chaiwimol, M. Meetam and W. Songnuan (2018) Responses of green kiwifruit grown in low-chill area to hydrogen cyanamide application. *Acta Horticulturae* 1206:97-103, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1206.14>
- Re R., N. Pellegrini, A. Prolegente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237, [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Richardson A.C., K. B. Marsh, H. L. Boldingh, A. H. Pickering, S. M. Bulley, N. J. Frearson, ... and E. A. Macrae (2004) High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant, Cell and Environment* 27:423-435, <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2003.01161.x>
- Wall C., W. Dozier, R. C. Ebel, B. Wilkins, F. Woods and W. Foshee III (2008) Vegetative and floral chilling requirements of four new kiwi cultivars of *Actinidia chinensis* and *A. deliciosa*. *HortScience* 43:644-647, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.644>
- Zhao T., D. Li, L. Li, F. Han, X. Liu, P. Zhang, M. Chen and C. Zhong (2017) The differentiation of chilling requirements of kiwifruit cultivars related to ploidy variation. *HortScience* 52:1676-1679, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12410-17>