

Caracterización fisiológica y bioquímica de *Cucurbita ficifolia* Bouché durante su desarrollo.

Moya Hernández A^{a,*}, Bosquez Molina E^a, Blancas Flores G^b, Verde Calvo J R^a

a Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Biotecnología, Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, C.P. 09340, Iztapalapa, Ciudad de México, México. *aramoyahdez@gmail.com

b Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias de la Salud, Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, C.P. 09340, Iztapalapa, Ciudad de México, México.

RESUMEN:

C. ficifolia es un fruto de consumo local y por ende de baja producción, sin embargo, recientemente se ha reportado que tiene un importante efecto hipoglucémico incluso mejor que los medicamentos utilizados para tratar la DM2. A pesar de esto, aún no se tiene una caracterización fisiológica y se desconoce su patrón de crecimiento. Los objetivos fueron: caracterizar los frutos de *C. ficifolia* determinando su patrón de respiración y producción de etileno durante su desarrollo y determinar su patrón de crecimiento asociado a sus características físicas y químicas. Se tomaron muestras de los frutos de chilacayote en diferentes etapas de crecimiento y se determinaron: peso, relación de esfericidad, volumen, grados Brix, pH, acidez titulable, firmeza y materia seca, el patrón de respiración y producción de etileno. Su crecimiento es sigmoidal simple con cambio de coloración en el pericarpio, forma ovoide durante todo el crecimiento y no se encontraron diferencias significativas en sus características químicas. La concentración de CO₂ disminuye a lo largo del desarrollo, característica de frutos no climatéricos. Al conocer estos parámetros se sabe que sus cambios químicos y bioquímicos son muy lentos, dato importante en el caso de querer elaborar un nutraceutico..

Palabras clave:

Chilacayote, estados de desarrollo, patrón de crecimiento

ABSTRACT:

C. ficifolia is a fruit of consumption is local and therefore its production is low, however, recently it has been reported that it has an important hypoglycemic effect even better than the medicines used to treat DM2. In spite of the fact that this effect has been corroborated on numerous occasions, it still does not have a physiological characterization and its growth pattern is unknown. The objectives were: to characterize the fruits of *C. ficifolia* determining its respiration pattern and ethylene production during its development and to determine its growth pattern associated with its physical and chemical characteristics. Samples of the chilacayote fruits were taken at different growth stages and the following determinations were made: weight, sphericity ratio, volume, Brix degrees, pH, titratable acidity, firmness and dry matter, the breathing pattern and ethylene production. Its growth is simple sigmoidal with change of coloration in the pericarp, ovoid form throughout the growth and no significant differences were found in its chemical characteristics. Its concentration of CO₂ decreased throughout the development, characteristic of non-climacteric fruits. When knowing these parameters it is known that their chemical and biochemical changes are very slow, important data in the case of wanting to elaborate a nutraceutical..

Key words:

Chilacayote, stages of development, growth pattern

Área: Frutas y hortalizas

INTRODUCCIÓN

Cucúrbita ficifolia Bouché es conocida en México como chilacayote y se encuentra dentro de un grupo de las calabazas el cual está conformado por otras tres especies, *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duche Ex Lam y *C. argyrosperma* Huber (Rodríguez-Amaya et al. 2009). Comparando con las otras especies que pertenecen a este grupo, el chilacayote es de menor importancia económica debido a la reducida superficie cosechada y el valor de ésta. Se cosecha principalmente en Morelos, Estado de Mexico y la Ciudad de México. A pesar de su baja producción tiene diferentes usos, los frutos maduros se consumen como dulce, para preparar una bebida tipo agua fresca o mermeladas, los frutos inmaduros como hortaliza, ya sea cocinada o en fresco para la elaboración de diferentes platillos, también se consumen los tallos jóvenes, las puntas de las guías, las flores y las semillas. Esta especie también se utiliza para tratar algunas enfermedades como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) ya que se ha encontrado que posee un importante efecto hipoglucémico (Molina Moreno & Córdova Téllez 2006; Zumaran-Alvarado et al. 2017; Moya-Hernández 2015).

En México es muy común el uso de plantas como medicina tradicional para tratar la DM2, enfermedad metabólica caracterizada por altos niveles de glucosa en la sangre, razón por la cual se han realizado diversos estudios científicos para comprobar y comparar el efecto hipoglucémico de algunas especies vegetales utilizadas para esta enfermedad. En uno de estos estudios se comparó el efecto hipoglucémico de 12 especies en donde se encontró que el que tuvo un mejor efecto incluso que el medicamento fue *C. ficifolia* (Román-Ramos et al. 1995). Esto llevo a otros investigadores a corroborar dicho efecto en diferentes modelos experimentales por diferentes vías de administración en estudios agudos o crónicos y utilizando frutos provenientes de diferentes regiones de México. En todas estas investigaciones se reportó el importante efecto hipoglucémico de este fruto (Acosta-Patiño et al. 2001; Alarcón-Aguilar et al. 2002; Xia & Wang 2006a; Xia & Wang 2006b; Fortis-Barrera et al. 2013; Moya-Hernández et al. 2018).

A pesar de que se ha corroborado dicho efecto, en ninguno de estos reportes se indica si las propiedades hipoglucémicas son dependientes de alguna de sus características bioquímicas o fisiológicas. Debido a que es un fruto poco conocido ya que su consumo es principalmente en el Valle de México, no se tiene información de su patrón de crecimiento ni de su patrón de respiración y producción de etileno. Por lo cual es muy importante determinar dichos parámetros y realizar su caracterización para posteriormente poder asociar su efecto hipoglucémico con alguna etapa de desarrollo y así poder promover el consumo de este fruto y por ende aumentar su producción aumentando su valor económico.

Objetivos: caracterizar los frutos de *C. ficifolia* determinando su patrón de respiración y producción de etileno durante su crecimiento y determinar su patrón de crecimiento asociado a características físicas y químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de frutos *C. ficifolia*

Se seleccionaron y sembraron 144 semillas de *C. ficifolia* en un semillero dentro del laboratorio de Tecnología y Poscosecha de frutas y hortalizas, después de 15 días se trasplantaron a un terreno de 5x4 m² ubicado en la UAM Iztapalapa. Durante el desarrollo del cultivo la temperatura promedio fue de 23.5 ± 2.2 ° C y 63.5 ± 7.5% HR. El riego se realizó dos veces por semana. La primera flor masculina apareció después de 35 días y la flor femenina hasta el día 40 (hubo más brotes simultáneamente). Las flores se marcaron en la fecha de anthesis (45 días después del trasplante). El establecimiento de la fruta comenzó 8 días después y a partir de aquí se cosecharon las frutas

necesarias para el estudio, considerando muestras por triplicado a los 5, 10, 15, 25, 30, 40, 45, 50 y 55 días después de anésis. Las frutas recolectadas en cada muestreo se usaron para medir la producción de etileno, la tasa de respiración y los parámetros físicos y químicos.

Producción de etileno y tasa de respiración

Estos parámetros se midieron usando un sistema estático. Se colocaron en recipientes herméticos de vidrio manteniéndolos a 25 °C durante 1 h antes de la medición. Las concentraciones de dióxido de carbono ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) en el espacio libre de los recipientes se determinaron usando un cromatógrafo de gases Gow-Mac (Pasadena, EE. UU.) equipado con un detector de conductividad térmica (TCD) operando a 119 mV. Las temperaturas del inyector y del detector eran 90 °C y 89 °C respectivamente y se usó helio como gas acarreador (Bosquez Molina et al. 2015).

Parámetros de madurez

Parámetros físicos: para definir la forma de la fruta se estableció la relación entre los diámetros ecuatorial y polar (llamado coeficiente de esfericidad) expresado como $\epsilon = \phi_E / \phi_P$, el peso (g) y los volúmenes de fruta y zumo (cm^3) se determinaron por triplicado en cada etapa de desarrollo de las frutas. La firmeza de la pulpa se midió en lados opuestos (sin pericarpio) de cada fruta con un penetrómetro Effegi expresado en newton (N). Tanto la humedad como la materia seca se expresaron en % y se determinaron de acuerdo con las directrices de la OCDE (2006).

Parámetros químicos: los sólidos solubles totales (TSS) se midieron usando un refractómetro manual ATAGO y se expresaron como porcentaje (%). El pH del jugo se midió con un pHmeter E1023. La acidez titulable (TA) se determinó en términos del porcentaje de equivalentes de ácido málico (OECD 2006).

Análisis de datos

Para la tasa de respiración y producción de etileno se calcularon la media y la desviación estándar en cada etapa de desarrollo teniendo en cuenta las tres repeticiones. Se utilizó el software Statgraphics versión 5.1 para realizar un ANOVA a $p \leq 0.05$ de importancia y una prueba de Tukey-Kramer para determinar las diferencias significativas entre la media de cada uno de los parámetros de calidad. En este caso, cada fruto se consideró una unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de respiración a lo largo del crecimiento del fruto de *C. ficifolia* mostro un patrón típico para las frutas no climatéricas (Fig. 1). Se observó una mayor concentración de CO_2 en los frutos jóvenes, de 6.58×10^{-4} a 1.38×10^{-3} $\text{mg de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ y una fuerte disminución hacia los 30 días después de la anésis la cual aumentó gradualmente hasta aproximadamente $6.2-6.58 \times 10^{-4}$. No se detectó etileno en ninguna etapa del desarrollo, lo que podría deberse a niveles muy bajos de este.

Los frutos clasificados como no climatéricos exhiben una baja producción de CO_2 durante su crecimiento y desarrollo, y generalmente desarrollan cantidades muy bajas de etileno durante la maduración (Fernández-Trujillo et al. 2008; Marín-López et al. 2003). El patrón de respiración determinado en *C. ficifolia* indica que es un fruto que puede clasificarse como no climatérico, ya que la producción de CO_2 fue de valores más altos cuando la fruta estaba en las primeras etapas de crecimiento y disminuyó gradualmente después del período de crecimiento y desarrollo hasta el tamaño final alcanzado. Por otro lado, los niveles de respiración reportados coinciden con otros productos

de la misma familia de cucurbitáceas como el melón y la sandía (con 0.27-0.48 a 50 ml de CO₂ kg⁻¹h⁻¹) los cuales también son no climatéricos. (Zong Ru-Jing et al. 1995; Fonseca et al. 2004)

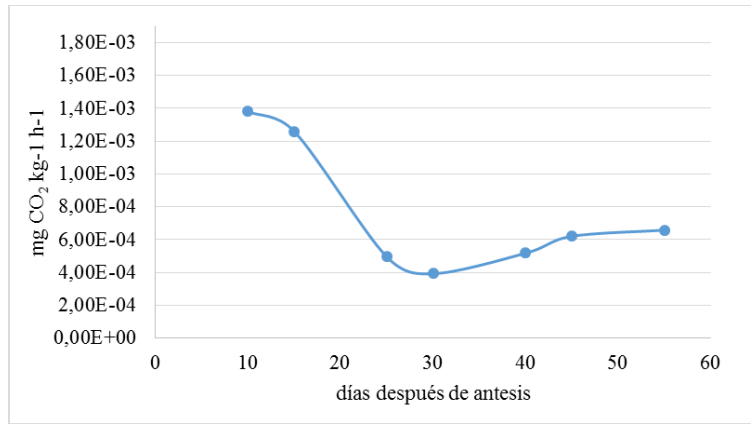


Figura 1. Actividad respiratoria durante el desarrollo de *C. ficifolia*

En la figura 2 se ilustra el patrón de crecimiento de la fruta en términos de peso y volumen; ambos representan un único patrón de crecimiento sigmoideal y se pueden distinguir claramente tres etapas: 1-fase de crecimiento lento de 5 a 15 días en donde se observaron cambios de luz en el aspecto del pericarpio, es decir, un color verde claro uniforme, 2-período principal de aceleración de crecimiento de 20 a 45 días después de la antesis, aquí los frutos comenzaron a mostrar una superficie verde moteada y 3-periodo de 5 días de desaceleración final y 5 días más para un final en donde sigue siendo el aspecto verde moteado, estos colores del fruto coinciden con los ya reportados (Villanueva Verduzco 2007; Mera Ovando et al. 2011; Moya-Hernández 2015). En la parte inferior del gráfico hay fotos de los frutos cosechados, se puede ver que hay un ligero cambio en el color del pericarpio.

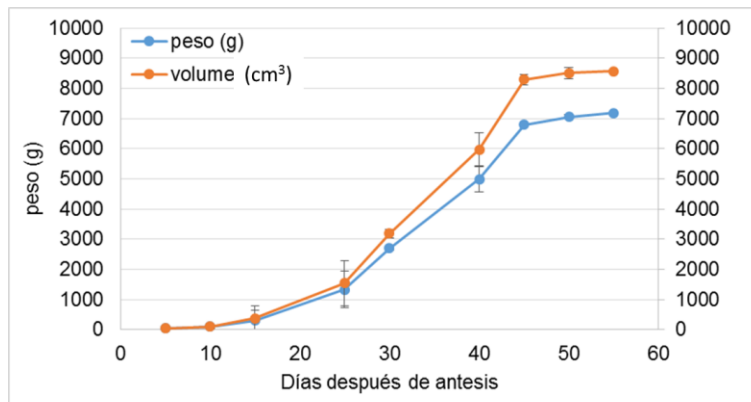


Figura 2. Patrón de crecimiento de *C. ficifolia*.

De acuerdo con el coeficiente de esfericidad (ϵ), la forma de los frutos de *C. ficifolia* a lo largo del desarrollo mostró un perfil oval, ya que los valores de 1,0 corresponden a una forma esférica y los mayores o menores a este valor se consideran ovals (curva negra en Fig. 3).

Durante el desarrollo de las frutas, se producen diferentes cambios físicos y químicos (Pinzón et al. 2007; Kader 2007). Los cambios mínimos observados en los parámetros químicos también son indicativos de una fruta no climatérica (Fernández-Trujillo et al. 2008).

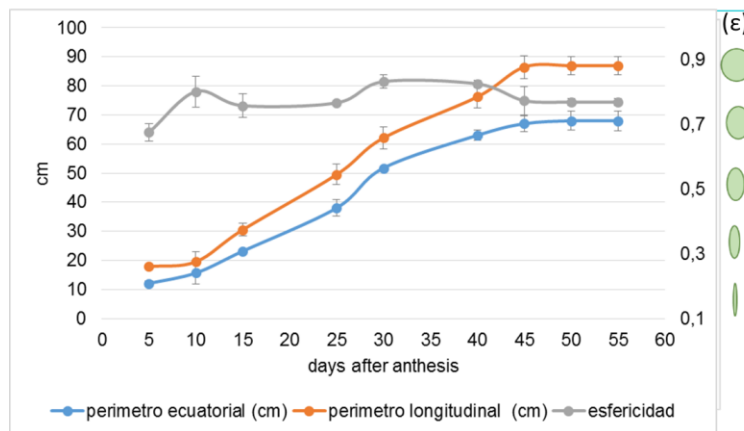


Figura 3. Cambio de forma durante el crecimiento de *C. ficifolia*

Los parámetros de calidad a través del desarrollo mostraron que los principales cambios se observaron en firmeza con diferencias significativas a los 15 a 25 y 40 a 45 días del desarrollo mientras que el % de materia seca, TSS, % TA y pH, no fueron detectados cambios significativos (Tabla 1).

Al ser un fruto con propiedades importantes como lo es el efecto hipoglucémico, es muy importante la obtención de esta caracterización ya que la ciencia busca caracterizar las especies que se están utilizando para coadyuvar en algunas enfermedades.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los frutos de *C. ficifolia* en los diferentes estados de desarrollo

días	firmeza (N)	brix	pH	% materia seca	% acidez
10	33,7 ± 0,9 ^a	5,6 ± 0,1 ^c	5,4 ± 0,2 ^a	7,4 ± 1,7 ^{a b}	3,4 ± 0,3 ^c
15	32,8 ± 0,4 ^a	6,0 ± 0,0 ^d	5,9 ± 0,0 ^b	7,8 ± 0,5 ^{a b}	2,7 ± 0,3 ^b
25	51,1 ± 8,1 ^b	5,8 ± 0,2 ^{c d}	6,1 ± 0,0 ^{b c}	8,1 ± 1,3 ^{a b}	2,1 ± 0,8 ^{a b}
30	59,4 ± 6,8 ^b	5,7 ± 0,2 ^{a b}	6,4 ± 0,3 ^d	8,8 ± 0,5 ^{a b}	1,6 ± 0,3 ^a
40	64,5 ± 4,3 ^b	5,5 ± 0,0 ^a	6,0 ± 0,1 ^{b c}	8,5 ± 0,0 ^b	1,9 ± 0,1 ^{a b}
45	81,8 ± 7,8 ^c	5,0 ± 0,0 ^b	6,1 ± 0,0 ^{c d}	8,6 ± 0,2 ^b	1,7 ± 0,2 ^a
55	81,9 ± 9,2 ^c	5,0 ± 0,2 ^b	6,1 ± 0,3 ^{c d}	8,5 ± 0,4 ^b	1,8 ± 0,1 ^a

Letras diferentes significan que hay una diferencia significativa entre las etapas de desarrollo (p<0.05)

CONCLUSIÓN

Los frutos de chilacayote tienen un patrón de crecimiento sigmoideal simple, manteniendo su forma ovalada durante todo su crecimiento y desarrollo. Mientras que su patrón de respiración muestra un patrón típico de frutos no climatéricos. Al conocer estos parámetros se sabe que sus cambios químicos y bioquímicos son muy lentos, además de ser la primera etapa de la caracterización completa de este fruto, dato importante ya sea para la elaboración de un nutracéutico y promover su producción y consumo.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta-Patiño, J.L. et al., 2001. Hypoglycemic action of *Cucurbita ficifolia* on Type 2 diabetic patients with moderately high blood glucose levels. *Journal of Ethnopharmacology*, 77, pp.99–101.

Alarcon-Aguilar, F.J. et al., 2002. Evaluation of the hypoglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* Bouche (Cucurbitaceae) in different experimental models. *Journal of Ethnopharmacology*, 82, pp.185–189.

Alarcón-Aguilar, F.J. et al., 2002. Evaluation of the hypoglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* Bouché (Cucurbitaceae) in different experimental models. *Journal of Ethnopharmacology*, 82, pp.185–189. Available at: www.elsevier.com/locate/jethpharm.

Bosquez Molina, E., Pelayo Zaldívar, C. & Yáñez López, M. de L., 2015. *Estudios fisiológicos y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas* 1st ed., México, D.F.

Fernández-Trujillo, J.P. et al., 2008. Climacteric and non-climacteric behavior in melon fruit. 2. Linking climacteric pattern and main postharvest disorders and decay in a set of near-isogenic lines. *Postharvest Biology and Technology*, 50(2–3), pp.125–134.

Fonseca, J.M., Rushing, J.W. & Testin, R.F., 2004. The anaerobic compensation point for fresh-cut watermelon and implications for postprocess handling. *HortScience*, 39(3), pp.562–566.

Fortis-Barrera, Á. et al., 2013. *Cucurbita ficifolia* Bouché (Cucurbitaceae) and D-chiro-inositol modulate the redox state and inflammation in 3T3-L1 adipocytes. *Pharmacy and pharmacology*, 65, pp.1563–1576.

Kader, A.A., 2007. *Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas* 3rd ed., California.

Marín-López, S.M. et al., 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var Colombia). *Cenicafe*, 54(3), pp.208–225.

Mera Ovando, L.M. et al., 2011. *Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de Cucurbita L.* 1st ed. Instituto de Biología, ed., México, D.F.: UNAM.

Molina Moreno, J.C. & Córdova Téllez, L., 2006. *Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura: Informe nacional 2006*. primera. J. C. Molina Moreno & L. Córdova Téllez, eds., México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C.

Moya-Hernández, A. et al., 2018. Analysis of genetic diversity of *Cucurbita ficifolia* Bouché from different regions of Mexico, using AFLP markers and study of its hypoglycemic effect in mice. *South African Journal of Botany*, 116, pp.110–115. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S025462991731596X> [Accessed March

20, 2018].

Moya-Hernández, A., 2015. *Caracterización Molecular de Frutos de Chilacayote (Cucurbita ficifolia Bouché) Mediante la Técnica AFLP*. Universidad Autónoma Metropolitana.

OECD, 2006. OECD guidance on objective testing to determine the ripeness of fruit. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14(2), pp.101–112.

Pinzón, I.M., Fisher, G. & Corredor, G., 2007. Determination of the maturity stages of purple passion fruit. *Agronomía Colombiana*, 25(1), pp.83–95.

Rodriguez-Amaya, R. et al., 2009. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA CALABAZA PIPIANA (Cucurbita). *Agricultura Técnica en México*, 35(4), pp.378–388.

Román-Ramos, R., Flores-Sáenz, J.L. & Alarcón-Aguilar, F.J., 1995. Anti-hyperglycemic effect of some edible plants. *Ethno pharmacology*, 48, pp.25–32.

Villanueva Verduzco, C., 2007. *Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal*. 1st ed. R. Medina Gómez, ed., México: UACH.

Xia, T. & Wang, Q., 2006a. Antihyperglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* fruit extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Fitoterapia*, 77, pp.530–533. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2012.08.036>.

Xia, T. & Wang, Q., 2006b. D-chiro-Inositol found in *Cucurbita ficifolia* (Cucurbitaceae) fruit extracts plays the hypoglycaemic role in streptozotocin-diabetic rats. *Pharmacy and pharmacology*, 58, pp.1527–1532.

Zong Ru-Jing, Morris, L. & Cantwell, M., 1995. Postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 6(1–2), pp.65–72.

Zumaran-Alvarado, E.M. et al., 2017. Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES*, 71, pp.27–33.