

Caracterización química de frutos de mangostán *Garcinia mangostana* L. cultivados en Tuxtla Chico, Chiapas, México

Chemical characterization of mangosteen fruits *Garcinia mangostana* L.
cultivated in Tuxtla Chico, Chiapas, Mexico

Alexis Eduardo Martínez-Rodríguez¹ , Juan Manuel Villarreal-Fuentes^{2*} , Pedro Antonio Moscoso-Ramírez³ 
, Irán Alia-Tejaca⁴  and Francisco Guevara-Hernández¹ 

¹ Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla – Villaflores km 84.5. Apartado postal #78, Villaflores, Chiapas, México. C.P. 30470.

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Universidad Autónoma de Chiapas. Entronque Carretera Costera y Huehuetán Pueblo, SN, Huehuetán, Chiapas, México. C.P. 30660.

³ Colegio Postgraduados Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México.

⁴ Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209.

RESUMEN

El fruto de *Garcinia mangostana* contiene biomoléculas con gran capacidad antioxidante, generando interés de la industria farmacéutica. El presente estudio describe características químicas del fruto de mangostán cultivado en Tuxtla Chico, Chiapas. Los frutos fueron madurados a 23° C, 70 % H.R., y se analizaron a los 0, 3, 6, 9 y 12 d después de su cosecha. Los frutos presentaron altas cantidades de azúcares (150 mg/g p.f. a 280 mg/g p.f.) el cual los árboles 26 y 219 presentaron el pico más alto el día 12. Los solubles totales alcanzaron valores máximos el día inicial (20.1 °Brix) en el árbol 26, el árbol 94 registró la mayor media (19.5 °Brix). Los compuestos fenólicos se cuantificaron en 17.76 µg/g y 49.21 µg/g en pulpa y cáscara, respectivamente; corroborando que la cáscara, la cual se desecha, cuenta con moléculas potenciales para su explotación. La actividad antioxidante en pulpa incrementó durante la poscosecha en los métodos aplicados: 1,1-difenil, 2-picrylhidrazilo (DPPH), 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS) y Capacidad de reducción férrica de plasma (FRAP), siendo FRAP el que mayor actividad de captura presentó (178 mg EAA/100 g), donde el árbol 284 registró la media más alta (111.08 mg/EAA 100 g), comprobando que los frutos de *G. mangostana* cultivados en Tuxtla Chico, Chiapas, muestran potencial antioxidante.

Palabras clave: *Garcinia mangostana*, caracterización, química.

ABSTRACT

Garcinia mangostana fruit contains biomolecules with great antioxidant capacity, generating interest in the pharmaceutical industry. The present study describes chemical characteristics of the mangosteen fruit cultivated in Tuxtla Chico, Chiapas. The fruits were ripened at 23° C, 70 % R.H., and were analyzed at 0, 3, 6, 9 and 12 days after harvest. The fruits presented high amounts of sugars (150 mg/g w.f. to 280 mg/g w.f.) of which trees 26 and 219 presented the highest peak on day 12. Total solubles reached maximum values on

initial day (20.1 °Brix) in tree 26; tree 94 registered the highest average (19.5 °Brix). Phenolic compounds were quantified at 17.76 µg/g and 49.21 µg/g in pulp and peel, respectively; corroborating that the peel, which is discarded, has potential molecules for exploitation. The antioxidant activity in pulp increased during post-harvest in the applied methods: 1,1-diphenyl, 2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic (ABTS) and Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP), being FRAP the one that presented the highest capture activity (178 mg EAA/100 g), where tree 284 registered the highest average (111.08 mg EAA/100 g), proving that *G. mangostana* fruits grown in Tuxtla Chico, Chiapas, show antioxidant potential.

Keywords: *Garcinia mangostana*, characterization, chemical.

INTRODUCCIÓN

El fruto de mangostán *G. mangostana*, es una fruta climática de origen tropical de la familia *Clusiaceae* (*Guttiferae*) cultivado en el sureste asiático (R. Parijadi *et al.*, 2019; Rizaldy *et al.*, 2022). En Centro y Sur América existen escasas plantaciones comerciales, debido a que es un frutal de producción tardía para la primera cosecha (8 a 10 años) (Díaz *et al.*, 2011). No obstante, es una especie promisoría por su excelente calidad, alta capacidad antioxidante (Nawawi *et al.*, 2023) y alta demanda en los mercados nacionales e internacionales (FAO, 2022). El mangostán fue introducido a México en la década de los 60's en el Campo Experimental "El Palmar" Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Díaz y Picón, 2007). En los 90's se iniciaron actividades de investigación sobre este frutal, por considerarse una alternativa productiva para las regiones tropicales húmedas del país. Esta visión sobre las perspectivas del mangostán en México ha sido válida ya que en los últimos años se cultivan en los estados de Chiapas, Veracruz y Jalisco (Rueda *et al.*, 2014) con una superficie sembrada aproximada de 840 ha con tendencia creciente (Díaz y Díaz, 2011) donde el 98 % se localiza en la región del Soconusco con plantaciones

*Autor para correspondencia: Juan Manuel Villarreal Fuentes

Correo-e: jmf@unach.mx

Recibido: 9 de agosto de 2024

Aceptado: 15 de noviembre de 2024

Publicado: 17 de diciembre de 2024

recientes (2013-2017) que iniciaron su vida productiva en el periodo 2019-2023 (Díaz *et al.*, 2019). En el año 2018 en el campo experimental Rosario Izapa en Tuxtla Chico, se reportaron 25 226 frutos (cosechados a los cuatro primeros ciclos de producción), con un promedio de 146 frutos por árbol. Los resultados demuestran que en sus etapas iniciales el rendimiento del mangostán en el área de estudio es similar y en algunos casos superior al obtenido en otros países productores como Indonesia y Malasia (Díaz *et al.*, 2019), lo que confiere a nuestro país una alta competitividad en los mercados internacionales de mangostán. El pericarpio del fruto de *G. mangostana* contiene altas concentraciones de antioxidantes (Andayani *et al.*, 2020) con capacidad anticancerígena al generar un efecto protector en la prevención en los procesos degenerativos de enfermedades cancerígenas (Nardini y Garaguso, 2020) además, previene enfermedades cardiovasculares (Sari *et al.*, 2021), diabetes (Yani *et al.*, 2021), disminuye la obesidad (John *et al.*, 2021) y tiene potencial para prevenir la pérdida de memoria y enfermedades neurodegenerativas (Tiang *et al.*, 2020).

Aunque en México se ha incrementado la superficie del cultivo, escasa investigación se ha realizado en La Región del Soconusco, Chiapas sobre las características químicas del fruto, por lo que se plantea que los frutos del mangostán procedentes del municipio de Tuxtla Chico, Chiapas presentan características nutraceuticas y calidad importantes que son demandadas por el mercado. Por tanto, el objetivo de la investigación fue analizar las características de calidad y nutraceuticas de frutos de algunas selecciones de mangostán (*G. mangostana*) en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, para ofrecer materiales superiores que ofrezcan valor agregado a la industria alimenticia, farmacéutica, al consumidor y a futuros programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos analizados se cosecharon del Campo Experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, el cual se encuentra a la Latitud Norte 14° 56' y Longitud Oeste 92° 16'. La región presenta una altitud de 320 m con una temperatura media anual de 25.5 °C y una precipitación anual de 3544.5 hasta 5000 mm (INEGI, 2010); dando inicio en el mes de diciembre del 2020 y finalizando en el mes de noviembre del 2021.

Se seleccionaron 10 árboles considerados mejores para su evaluación poscosecha (26, 93, 94, 190, 214, 219, 277, 282, 283 y 284) de una superficie de 2 hectáreas detectando el periodo de fructificación. En cada árbol se cosecharon 25 frutos en etapa seis de maduración (Palapol *et al.*, 2009) que corresponde a un color negro púrpura; la unidad experimental fue un fruto con cinco repeticiones y el diseño experimental fue completamente al azar. La fase de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma de Chiapas, los frutos se colocaron en una cámara de maduración a 23° C y 70 % de humedad relativa. Se realizaron análisis por dupli-

cado a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de su cosecha midiendo las siguientes variables: sólidos solubles totales, compuestos fenólicos en pulpa y cáscara, azúcares totales, acidez titulable y capacidad antioxidante por los métodos: DPPH, ABTS y FRAP.

Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales (sst) se determinaron a partir de dos gotas de jugo de mangostán extraídas de la pulpa de cada uno de los frutos y se midió con un refractómetro (ATA-GO PAL-1®, Japón) los resultados se reportaron en unidades de °Brix.

Acidez titulable

La acidez titulable se realizó de acuerdo con el método de la Association of Official Analytical Chemistry (A.O.A.C., 1990) donde cinco gramos de pulpa se homogenizaron con 10 mL de agua destilada con ayuda de un UltraTurrax (IKA, USA), se licuaron y filtraron con papel filtro Núm. 8; se tomaron 20 mL del filtrado, se colocaron en un matraz Erlenmeyer y se adicionaron tres gotas de Fenoltaleína (2 %), esta mezcla se tituló con hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N). Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de ácido málico.

Azúcares totales

Se evaluó mediante el método de Antrona (Witham *et al.*, 1971). Una mezcla de 0.5 g de pulpa y 60 mL de etanol al 80 % se llevó a ebullición por cinco min y se mantuvieron en refrigeración por 15 días. Posteriormente, se tomó un mL del homogenizado y se evaporó, posteriormente se adicionaron 50 mL de agua destilada, tomando un mL al cual se le adicionaron tres mL de agua destilada y seis mL de la solución de Antrona (0.04 %), manteniendo los tubos en baño de hielo; cada tubo se agitó y colocó en agua en ebullición por tres min para posteriormente sumergirse en baño de hielo y se tomar las lecturas correspondientes en un espectrofotómetro (HACH DR 5000®, EUA) a 600 nm. Los resultados se expresaron en mg/g de p.f.

Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante en pulpa y cáscara

Se realizó conforme a la metodología de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se pesó un g de pulpa de cada fruto y se homogenizó en un tubo de ensayo con ayuda de un Ultra Turrax (IKA®, USA), con 15 mL de agua destilada y posteriormente se filtró. Se tomó 0.5 mL del filtrado y se mezcló con 2.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10), después de cinco min se adicionaron dos mL de carbonato de sodio (7.5 %p/v) y se dejó reposar durante dos horas. Posteriormente se obtuvo la absorbancia mediante las lecturas de las muestras que se realizaron en un espectrofotómetro (HACH DR 5000®, USA) a 760 nm. Con los valores de absorbancia obtenidos se estimó el contenido de fenoles totales expresados en µg (EAG)/g de peso fresco. Para la determinación de fenoles totales en cáscara se realizó la misma metodología usando 0.1 g.

La actividad antioxidante por el método de 1,1-difenil, 2-picrylhidrazilo (DPPH) se realizó con el filtrado de los compuestos fenólicos y se siguió la metodología descrita por Brand *et al.* (1995) se tomaron 0.10 mL y tres mL de la solución DPPH (6.1×10^{-5} M de DPPH disuelto en metanol), después de 30 min de reposo en oscuridad se leyó el cambio de absorbancia en un espectrofotómetro (HACH DR 5000[®], USA) a 517 nm. La actividad antioxidante se determinó usando una curva estándar con ácido ascórbico (0-100 mg/L) y los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)/100 g de peso fresco.

La determinación de la actividad antioxidante por el método de 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS) se realizó al mezclar 0.05 mL de la solución de ácido ascórbico con tres mL de ABTS (7 mM y persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) a 2.45 mM, se mezcló 1:1, reposó 16 horas y se diluyó con etanol 20 % hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)/100 g de peso fresco (Re *et al.*, 1999).

Finalmente, la capacidad antioxidante de reducción férrica (FRAP), se determinó con la metodología de Benzie y Strain (1996), al mezclar dos g de pulpa con 13 mL de agua destilada, se filtró y del filtrado se tomó 0.08 mL más 0.02 mL de agua destilada, posteriormente se le adicionaron 1.90 mL de FRAP (TPTZ $FeCl_3$ y tampón acetato), se dejó reaccionar durante 30 min a 37 °C. transcurrido el tiempo se leyó la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro (HACH DR 5000[®]). Los resultados fueron expresados en mg equivalentes ácido ascórbico (EAA)/100 g de peso fresco.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron graficados en el software Sigma-Plot v. 14.2 y se realizó análisis de varianza entre los árboles en cada una de las variables evaluadas con el paquete estadístico SAS v. 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sólidos solubles totales (sst)

El contenido de sst durante el periodo de evaluación estuvo entre 17.08 y 20.1 %. Durante la maduración los frutos de mangostán provenientes de diferentes árboles mostraron comportamiento diverso (Figura 1). Así, en los frutos de los árboles 26, 93, 190, 219, 277, 282 y 284 los sst disminuyeron los primeros nueve días y después se incrementaron ligeramente; en tanto que los frutos de los árboles 94, 214 y 283 los sst se mantuvieron o incrementaron significativamente durante la maduración (Figura 1). En la literatura se indica que los sst se incrementan en los frutos de mangostán durante la maduración cuando se cosechan en la etapa de maduración 1 (color de la epidermis verde amarillenta con 5 a 10 % de manchas rojizas) (Manurakchinakorn *et al.*, 2008; Palapol *et al.*, 2009) y cuando se cosecha en etapa de maduración 5 (púrpura rojiza) los sólidos solubles totales se mantienen o disminuyen (Castro *et al.*, 2012; Mustafa *et al.*,

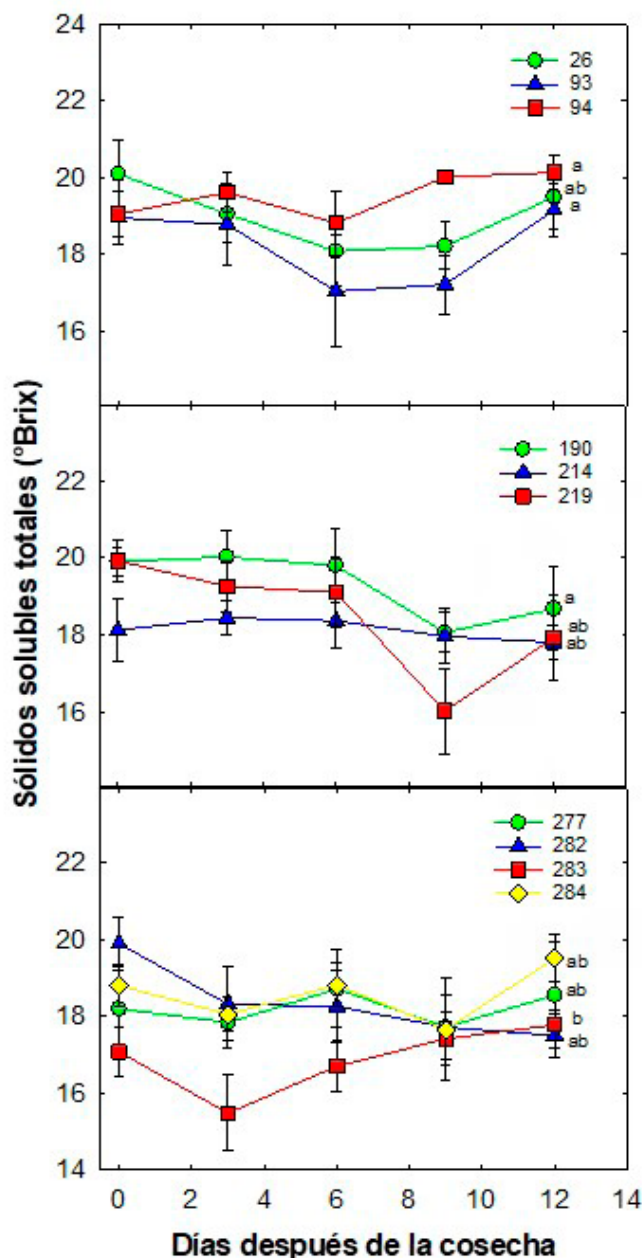


Figura 1. Dinámica de sólidos solubles totales (°Brix) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes para cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 1. Total soluble solids dynamics (°Brix) during postharvest of mango selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters for each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

2018). Por lo que cuando se cosecharon los frutos del presente experimento ya habían alcanzado su máxima etapa de maduración (Etapa 5-6), debido a que cuando los frutos se cosechan entre la etapa 3 (rosa-rojizo) y 6 (púrpura oscura) el contenido de sólidos solubles totales es entre 16.3 y 17.4 %, después de unos días incrementan entre 17.4 y 17.5 % (Ketsa

y Paull, 2011). Sin embargo, en Filipinas e Indonesia se han documentado frutos de hasta 20 % (Mulyono *et al.*, 2021; Tac-an *et al.*, 2021).

Lo anterior sugiere que en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas se pueden producir frutos de mangostán con alto contenido de sst que son muy atractivos para la industria y el comercio nacional e internacional, ya que, durante la evaluación del día seis después de cosecha (el fruto llegó a su máxima etapa de maduración, etapa 6) se obtuvieron cifras de hasta 20.1 %.

Acidez titulable

Durante el periodo de evaluación la acidez titulable del mangostán se determinó entre 2.5 % y 3.5 % (Figura 2). Sumiasih *et al.* (2019), al cosechar frutos de mangostán en etapas 1 (epidermis del fruto verde amarillento con manchas rojizas) a 4 (frutos rojos) la acidez titulable se cuantificó entre 0.60 y 0.74 % y una vez almacenados a temperatura ambiente la acidez disminuyó hasta 0.54 – 0.55 % después de 15 días. En los frutos evaluados la acidez titulable mostró máximos a los 3, 6 y 9 días en los árboles 26, 93, 94, 190, 214, 219 y 284, en tanto que los frutos de los árboles 277, 282 y 283 la acidez titulable disminuyó constantemente (Figura 2). Esto se atribuye a diferencias en la maduración de los frutos, ya que el índice de cosecha de los frutos de mangostán es el color de la epidermis, un parámetro subjetivo y que puede ocasionar heterogeneidad en la maduración. Lo que si se considera importante es que la acidez titulable de los frutos en el Soconusco es significativamente mayor, ya que durante la maduración del mangostán se indica que inicia en 0.77 % alcanzando un máximo de 0.84 % y volviendo a disminuir a 0.73 % (Palapol *et al.*, 2009).

Azúcares totales

Los azúcares totales se incrementaron durante la maduración con una variación de entre 150 mg/g p.f. a 280 mg/g p.f. (Figura 3). Wongs-Aree y Noichinda (2022) indican que los azúcares reductores se incrementan significativamente en el arilo de la etapa roja a la etapa roja púrpura. El fruto de *G. mangostana* en Tuxtla Chico alcanzó en promedio valores de 21.5 % de azúcares totales que es mayor que los valores entre 17 y 18 % reportado por otros autores en otros países del mundo (Kanchanapom y Kanchanapom, 1998; Tongdee y Suwanagul, 1989).

Compuestos fenólicos en pulpa

Los compuestos fenólicos se incrementaron después de la cosecha alcanzando máximos a los 3, 6 y 9 días después de la cosecha y posteriormente disminuir (Figura 4). Este comportamiento se observó en todos los árboles a excepción del árbol 284 donde los compuestos fenólicos se incrementaron constantemente durante 12 días, de 17.2 µg/g p.f. hasta 24.3 µg/g p.f. (Figura 4). No se detectaron diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos entre los árboles evaluados, el contenido de estas moléculas fue entre 10.0

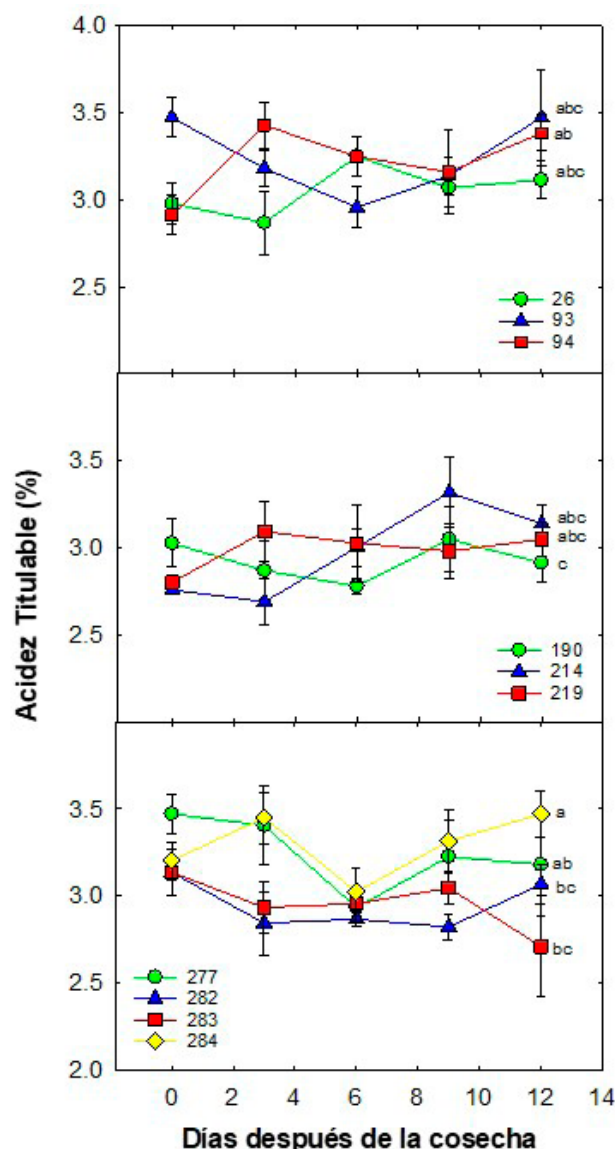


Figura 2. Dinámica de acidez titulable (%) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 2. Titratable acidity dynamics (%) during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

µg/g de p.f. a 25.80 µg/g de p.f (Figura 4). Muzykiewicz *et al.* (2020) reportan que la pulpa del mangostán contiene 1.83 mg/g de ácidos fenólicos, que representa 100 veces más que lo encontrado en el presente trabajo. Las diferencias se atribuyen a los métodos de cuantificación utilizados en ambos trabajos.

Compuestos fenólicos en cáscara

Los compuestos fenólicos en el epicarpio del fruto se incrementaron durante la maduración, alcanzando máximos a

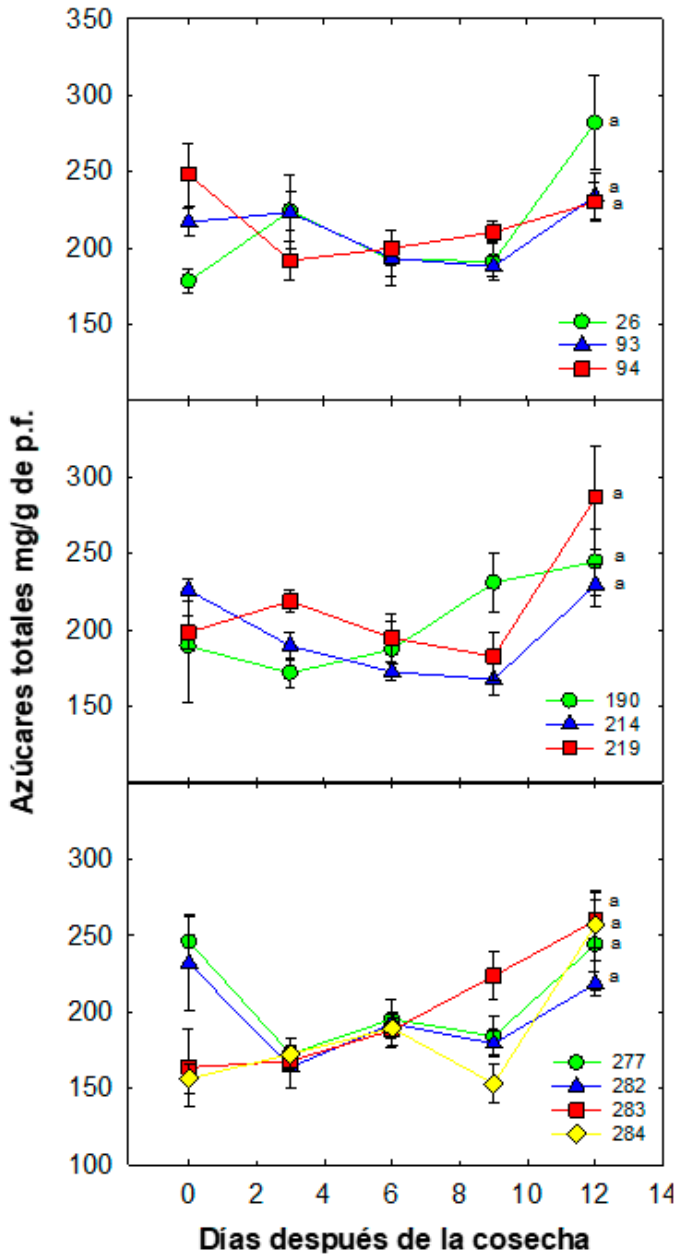


Figura 3. Dinámica de azúcares totales (mg/g de p.f.) durante la maduración de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 3. Total sugars dynamics (mg/g of f.w.) during ripening of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

los 3 días (árbol 190 y 282), 6 días (árboles 93, 94 y 277), 9 días (árboles 26, 282, 283 y 284) y 12 días (árboles 190 y 219) y posteriormente disminuyen (Figura 5). Suttirak y Manurakchinakorn (2014) indican que durante la maduración de los frutos de Mangostán el contenido total de compuestos fenólicos disminuye. En la epidermis de los frutos de Man-

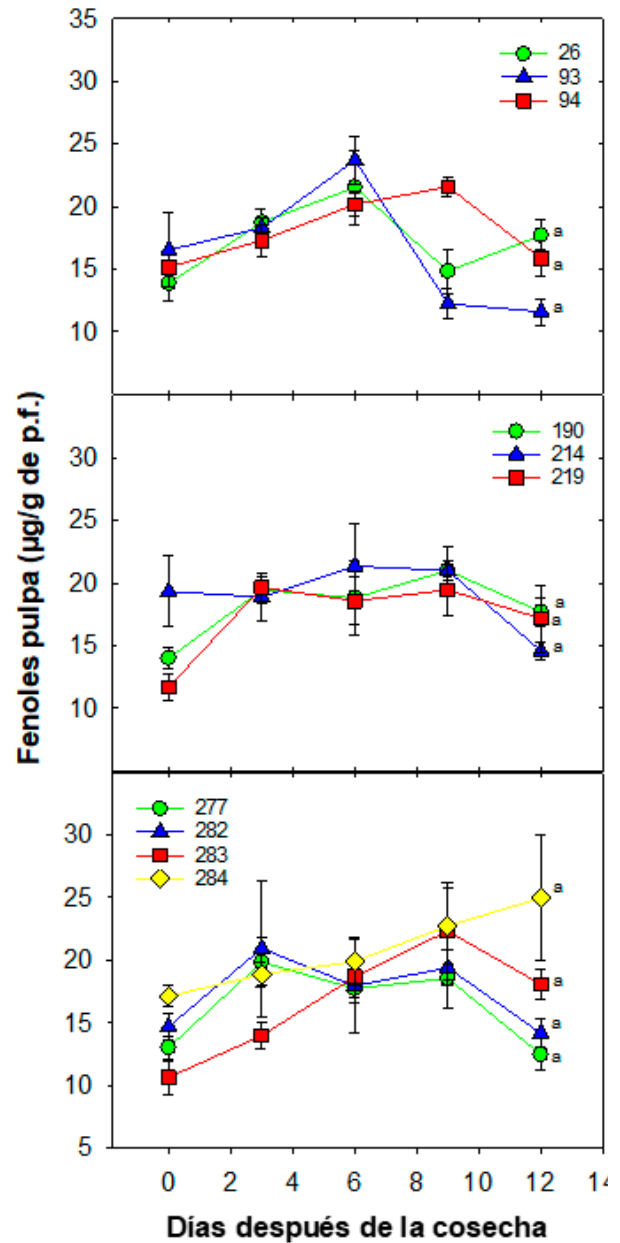


Figura 4. Dinámica de fenoles pulpa (µg/g de p.f.) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 4. Pulp phenols dynamics (µg/g of f.w.) during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

gostán se cuantificaron entre 22.0 µg/g de p.f. a 87.0 µg/g de p.f. (Figura 5). Diversos autores indican que en la epidermis de Mangostán se tienen compuestos fenólicos como ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, taninos y xanthonas (Rohman *et al.*, 2019)

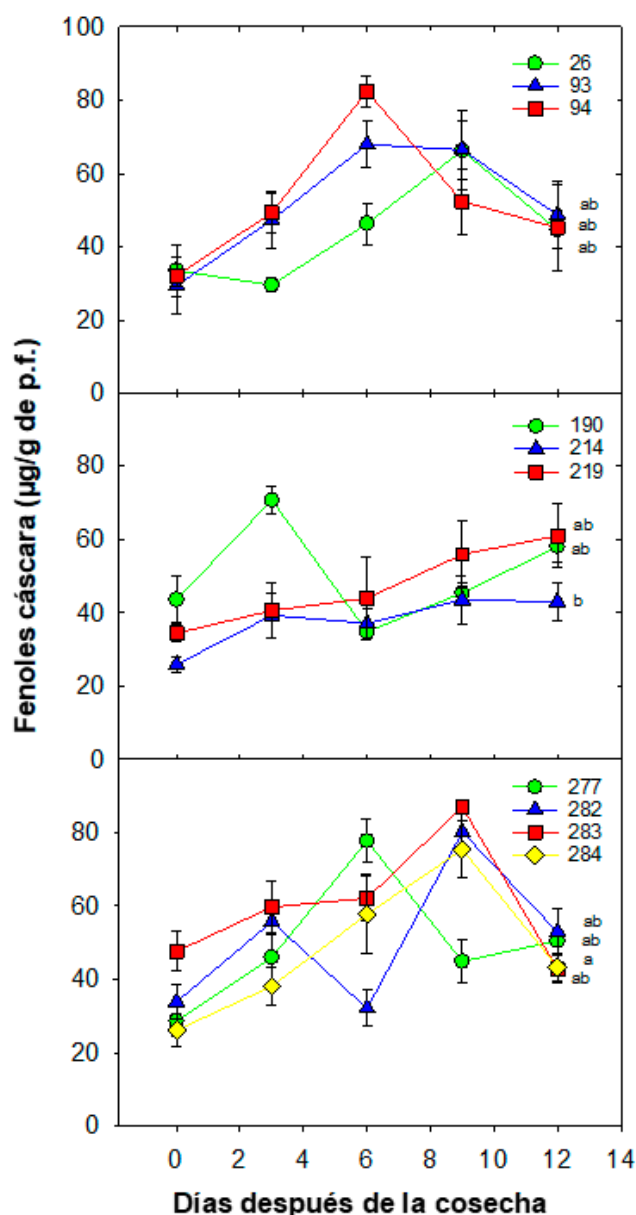


Figura 5. Dinámica de compuestos fenólicos en cáscara ($\mu\text{g/g}$ de p.f.) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 5. Phenolic compounds dynamics in the peel ($\mu\text{g/g}$ of f.w.) during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

Con los resultados obtenidos de compuestos fenólicos en pulpa y cáscara podemos corroborar que el mayor contenido en el fruto de mangostán se presenta en su cáscara y por cantidades relevantes con relación a su pulpa. Lo anterior fortalece los hallazgos por Nawawi *et al.* (2023), quien de igual forma registró mayores cantidades de polifenoles en cáscara de mangostán que en la pulpa. Mosquera *et al.* (2020) reportaron entre $50 \mu\text{g/mg}$ extracto y $125 \mu\text{g/mg}$ extracto, resultados comparables a esta investigación.

Según Nauman y Johnson (2022), el mangostán tiene una clase única de fitoquímicos conocidos como xantonas que se han informado que muestran importantes actividades antioxidantes. Díaz *et al.* (2011), mencionan que la actividad antioxidante, bacteriana, antifúngica, antiinflamatoria, anti-tumoral y antileucémica en *G. mangostana* ha sido motivo en los últimos años de muchos estudios farmacológicos y clínicos reportados por diversos autores desde 2007, esto lo ha llevado a convertirse en el tercer recurso botánico más vendido en Estados Unidos (Díaz *et al.*, 2011). Se trata del recurso natural que posee mayor cantidad de xantonas, conteniendo más de 30. La facilidad que presenta el mangostán es que todas las xantonas se encuentran, en su mayoría, en el pericarpio y son de fácil extracción (Larasati *et al.*, 2020). Como se ha mencionado antes, en el Soconusco, Chiapas se presenta un alto potencial de producción para el cultivo de mangostán, podría llegar a ser de importancia económica para el estado de Chiapas y de alto prestigio en la agroindustria y la industria farmacéutica por sus altos contenidos de compuestos fenólicos.

Determinación de capacidad antioxidante por el método de DPPH

La actividad antioxidante evaluada por el método de DPPH se incrementó durante la poscosecha de los frutos de Mangostán alcanzando máximos entre los 6 y 9 días después de la cosecha, similar comportamiento se observó en todos los frutos de los árboles evaluados, a excepción de los árboles 26, 190 y 277 donde la actividad se incrementó al tercer día (Figura 6). La actividad pro DPPH fue entre $30.0 \text{ mg EAA}/100 \text{ g}$ y $85.0 \text{ mg EAA}/100 \text{ g}$, sin detectarse diferencias estadísticas entre las selecciones (Figura 6).

La capacidad antioxidante con el radical DPPH resultó moderadamente bajo comparado con los resultados con FRAP, esto puede obedecer a los diferentes mecanismos de acción de los compuestos que presentan actividad antioxidante en el extracto y a su naturaleza química, entre otros (Daza *et al.*, 2012). Chew y Lim (2018), en Malasia y Muzykiewicz *et al.* (2020), en Polonia, presentaron valores en pulpa de $12 - 115 \text{ mg EAA}/100 \text{ g}$; esto refuerza una vez más que, en el epicarpio de *G. mangostana* se encuentra concentrada la mayor cantidad de antioxidantes del fruto.

Determinación antioxidante por el método de ABTS

La actividad evaluada por el método de ABTS mostró que se incrementó durante poscosecha alcanzado un máximo en el día 9 en todas las selecciones (Figura 7). Esto probablemente asociado al incremento de diversas moléculas antioxidantes que se incrementan durante la maduración del Mangostán, como son las xantonas y flavonoides (Gondokesumo *et al.*, 2019). En promedio la actividad se mantuvo entre $30 \text{ mg EAA}/100 \text{ g}$ a $75 \text{ mg EAA}/100 \text{ g}$ (Figura 7).

Determinación antioxidante por el método de FRAP

La actividad de FRAP se incrementó en poscosecha y se observó que el día tres presentó la máxima actividad (Figura

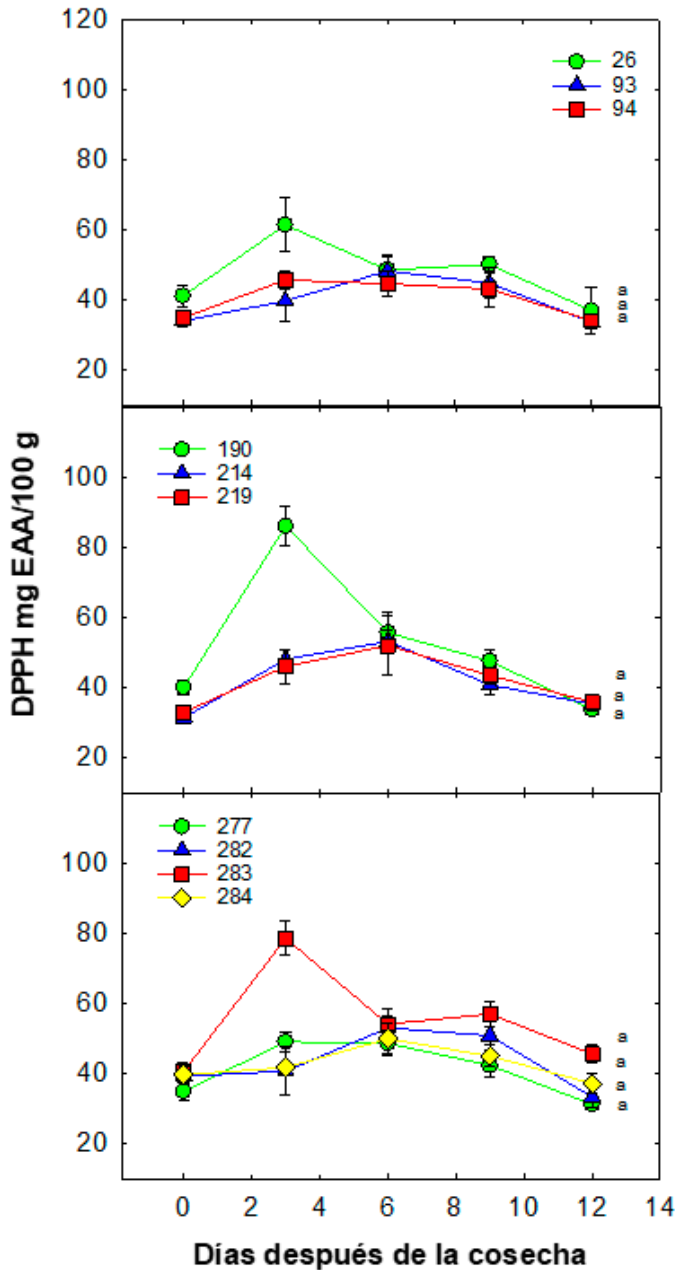


Figura 6. Actividad antioxidante evaluada por DPPH durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 6. Antioxidant activity evaluated by DPPH during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

8), asociada al comportamiento de compuestos fenólicos en el epicarpio. Los valores que se registraron durante el periodo de evaluación fueron entre 58 mg EAA/100 g y 178 mg EAA/100 g (Figura 8), valores dentro del rango de 40 – 236 mg EAA/100 g reportado por otros autores (Chew y Lim, 2018; Muzykiewicz *et al.*, 2020).

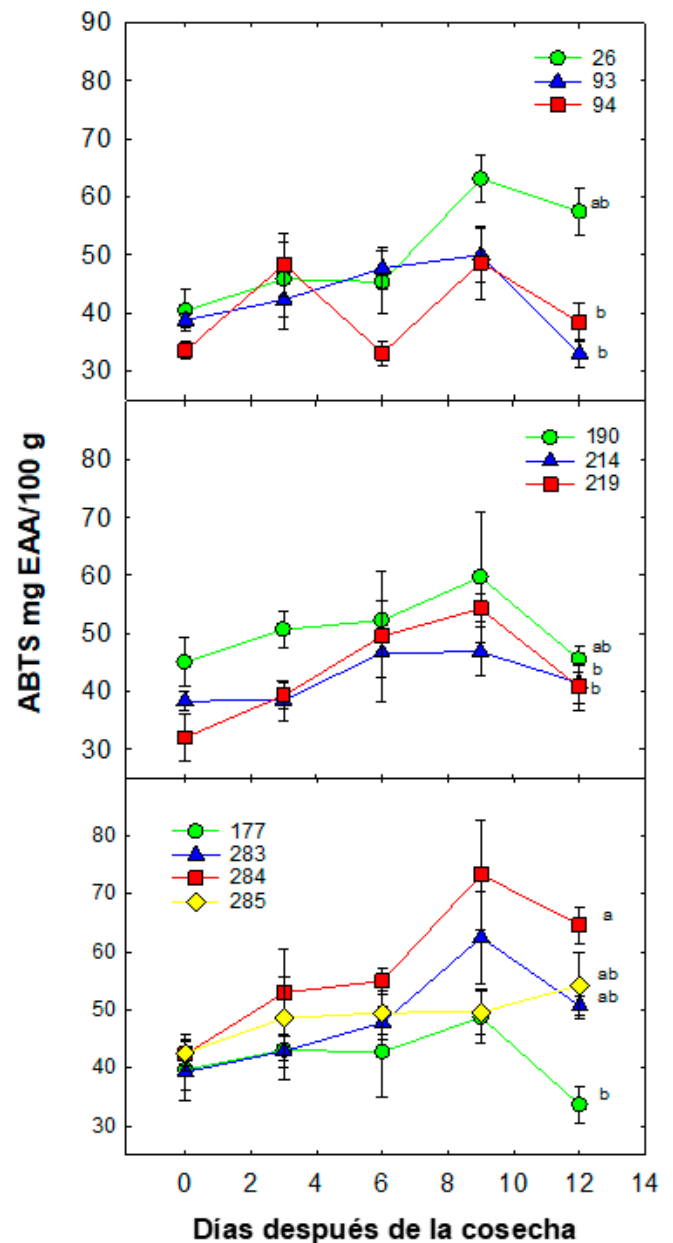


Figura 7. Dinámica de ABTS (mg EAA/100 g) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 7. ABTS dynamics (mg EAA/100 g) during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

La determinación de capacidad antioxidante por el método de FRAP fue donde se registró la mayor actividad antioxidante de la pulpa de *G. mangostana*, los resultados fueron muy superiores en comparación a los métodos de DPPH y ABTS.

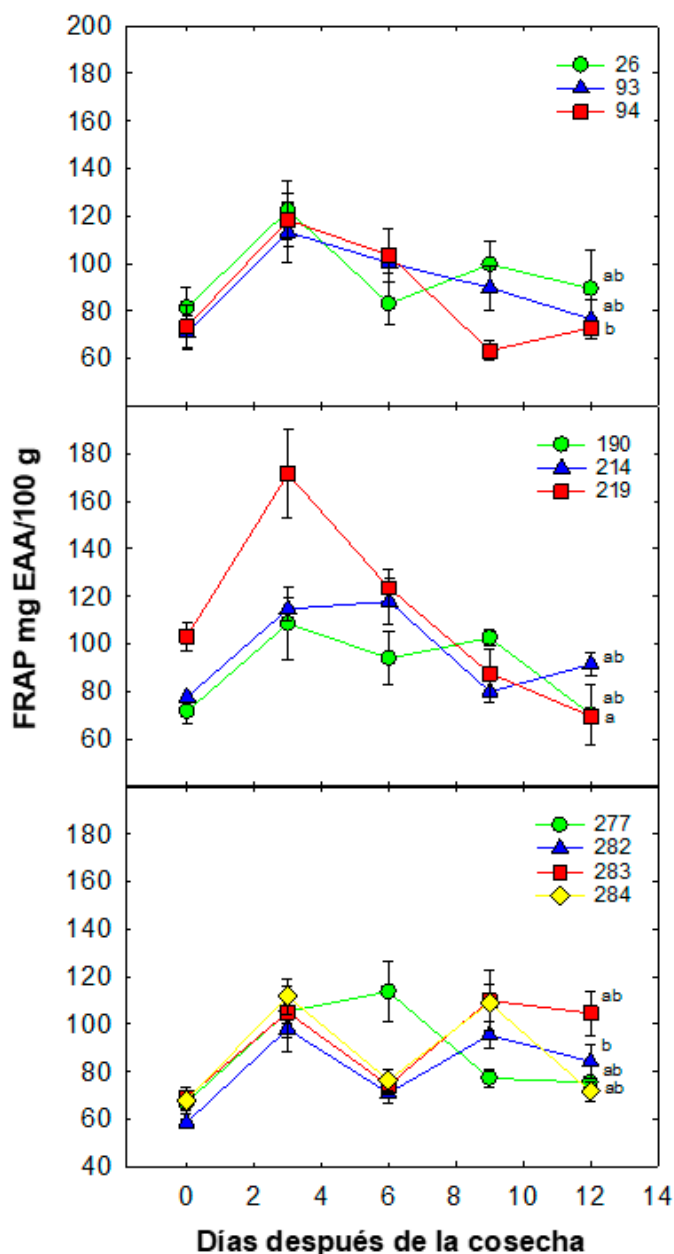


Figura 8. Dinámica de FRAP (mg EAA/100 g) durante la poscosecha de selecciones de mangostán en Tuxtla Chico, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco repeticiones y su error estándar. Letras diferentes entre cada ecotipo indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05); la simbología expresada por figuras de colores y números representan a las selecciones.

Figure 8. FRAP dynamics (mg EAA/100 g) during postharvest of mangosteen selections in Tuxtla Chico, Chiapas. Each point represents the mean of five repetitions and its standard error. Different letters between each ecotype indicate significant differences according to the Tukey test (0.05); the symbolism expressed by colored figures and numbers represents the selections.

CONCLUSIONES

La pulpa de *G. mangostana* cultivada en Tuxtla Chico, Chiapas, demostró tener calidad para su uso en la industria alimenticia y farmacéutica. El contenido de fenoles y la actividad antioxidante del epicarpio indica que puede ser utilizada para diferentes productos en la agroindustria. Los frutos de

los árboles 94, 190, 283 y 284 sobresalieron en los análisis por lo que se sugieren para programas de mejoramiento posteriores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONAHCYT por el apoyo a través de la beca nacional de maestría (1200341) otorgada a Alexis Eduardo Martínez Rodríguez y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el aporte de los frutos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Andayani, R., Armin, F. y Mardiyah, A. 2020. Determination of the total phenolics and antioxidant activity in the rind extracts of *Garcinia mangostana* L. *Garcinia cowa* Roxb., and *Garcinia atroviridis* Griff. EX T. Anders. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 13: 149-152. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2020.v13i8.36525>
- A.O.A.C. 1990. Oficial method of analysis. 16th ed. N. Hoorwitz, P. Chialo, & H. Reynold, (Eds.). Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D.C.
- Benzie, I.F. y Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239(1): 70-76.
- Brand, W.W., Cuvelier, M. y Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss Technology Food Science and Technology*. 28(1): 25-30.
- Castro, M.F.P.M., Anjos, V.D. de A., Rezende, A.C.B., Benato, E.A. y Valentini, S.R. de T. 2012. Postharvest technologies for mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) conservation. *Food Science and Technology*. 32(4): 668-672. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000103>
- Chew, Y.-L. y Lim, Y.-Y. 2018. Evaluation and comparison of antioxidant activity of leaves, pericarps and pulps of three *Garcinia* species in Malaysia. *Free Radicals and Antioxidants*. 8(2): 130-134. <https://doi.org/10.5530/fra.2018.2.19>
- Daza, R.L.D., Murillo, P.E., Méndez, A.J., Murillo, A.W., Moyano, D.D. y Osorio, N. 2012. Potencial antioxidante de la cáscara del mangostino. *Revista Vitae*. 19(1): S355-S356.
- Díaz, A.M. y Picón, R.L. 2007. Influencia de los factores climáticos en la fenología del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) en la zona centro del estado de Veracruz, México. En Memoria del II simposio Internacional de Fruticultura tropical y subtropical. p. 98.
- Díaz, F.V.H. y Díaz, H.B.G. 2011. El mangostán (*Garcinia mangostana* L.): Una alternativa para la reconversión productiva en la región tropical húmeda de México. En *Tecnologías de producción para el trópico. 65 aniversario del Campo Experimental Rosario Izapa*. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Libro Técnico No 7. G.G. López, D.J. Iracheta, y A.C.H. Avendaño (ed.), pp. 74-78. INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- Díaz, F.V.H., Díaz, H.B.G., Ruíz, C.P.A., Mariles, F.V., Cano, G.M.A. y Gálvez, M.L.A. 2011. El mangostán *Garcinia mangostana* L. Libro Técnico No 8. INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

- Díaz Fuentes, V.H., Ruíz-Cruz, P.A., Nájera-Domínguez, W., Iracheta-Donjuán, L. y Gálvez-Marroquín, L.A. 2019. Comportamiento productivo inicial del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Agro Productividad*. 12(3): 17-22. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1321>
- FAO. 2022. Major Tropical Fruits Market Review 2021. <https://openknowledge.fao.org>. Fecha de consulta: 10 de mayo de 2024.
- Gondokesumo, M.E., Pardjianto, B., Sumitro, S.B., Widowati, W. y Handono, K. 2019. Xanthones analysis and antioxidant activity analysis (Applying ESR) of six Ddifferent maturity levels of mangosteen rind extract (*Garcinia mangostana* Linn.). *Pharmacognosy Journal*. 11(2): 369-373. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.56>
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010 Tuxtla Chico Chiapas. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07102.pdf. Fecha de consulta: 07 de abril de 2024.
- John, O.D., Mouatt, P., Panchal, S.K. y Brown, L. 2021. Rind from purple mangosteen (*Garcinia mangostana*) attenuates diet-induced physiological and metabolic changes in obese rats. *Nutrients*. 13(2): 319. <https://doi.org/10.3390/nu13020319>
- Kanchanapom, K. y Kanchanapom, M. 1998. Mangosteen. En *Tropical and Subtropical Fruits*. P.E. Shaw, H.T. Chan, y S. Nagi (ed.), pp. 191-216. AgScience Inc.
- Ketsa, S. y Paull, R.E. 2011. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). En *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. E. M. Yahia (ed.), pp. 1-30. Woodhead Publishing.
- Larasati, F., Batubara, I. y Lestari, Y. 2020. The presence of endophytic actinobacteria in mangosteen peel (*Garcinia mangostana*) and its antioxidant activity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 21(4): 1488-1497. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210429>
- Manurakchinakorn, S., Issalakraisila, M. y Nuymak, P. 2008. Physiological and quality attributes of mangosteens (*Garcinia mangostana* L.) as affected by modified atmosphere packing. *Acta Horticulturae*. 768: 239-246. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.768.29>
- Mosquera, M.O.M., Obando, C.M.A. y Ortega, C.N. 2020. Chemistry Characterization and antioxidant activity of mangosteen (*Garcinia mangostana* L., Clusiaceae) cultivated in Colombia. *Revista Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*. 19(2): 167-178.
- Mulyono, D., Irawati, Y. y Syah, M.J.A. 2021. Identification morphological variability of six mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) As a conservation strategy for local varieties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 739(1): 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012076>
- Mustafa, M.A., Ali, A., Seymour, G. y Tucker, G. 2018. Delayed pericarp hardening of cold stored mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) upon pre-treatment with the stress hormones methyl jasmonate and salicylic acid. *Scientia Horticulturae*. 230: 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.017>
- Muzykiewicz, A., Zielonka-Brzezicka, J., Siemak, J. y Klimowicz, A. 2020. Antioxidant activity and polyphenol content in extracts from various parts of fresh and frozen mangosteen [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 19(3): 261-270. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0788>
- Nardini, M. y Garaguso, I. 2020. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*. 305: 125437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
- Nauman, M.C. y Johnson, J.J. 2022. The purple mangosteen (*Garcinia mangostana*): Defining the anticancer potential of selected xanthones. *Pharmacological Research*. 175: 106032. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.106032>
- Nawawi, N., Ijod, G., Abas, F., Ramli, N., Mohd Adzahan, N. y Mohamad Azman, E. 2023. Influence of different drying methods on anthocyanins composition and antioxidant activities of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarps and LC-MS analysis of the active extract. *Foods*. 12(12): 2351. <https://doi.org/10.3390/foods12122351>
- Palapol, Y., Ketsa, S., Stevenson, D., Cooney, J.M., Allan, A.C. y Ferguson, I.B. 2009. Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. *Postharvest Biology and Technology*. 51(3): 349-353. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.08.003>
- R. Parijadi, A.A., Ridwani, S., Dwivany, F.M., Putri, S.P. y Fukusaki, E. 2019. A metabolomics-based approach for the evaluation of off-tree ripening conditions and different postharvest treatments in mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Metabolomics*. 15(5): 73. <https://doi.org/10.1007/s11306-019-1526-1>
- Re, R.P.N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, A. y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical action decolonization assay. *Free Radic Biology and Medicine*. 22: 1231-1337.
- Rizaldy, D., Hartati, R., Nadhifa, T. y Fidrianny, I. 2022. Chemical compounds and pharmacological activities of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) – Updated review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 12(2): 2503-2516. <https://doi.org/10.33263/BRIAC122.25032516>
- Rohman, A., Rafi, M., Alam, G., Muchtaridi, M. y Windarsih, A. 2019. Chemical composition and antioxidant studies of underutilized part of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 9(8): 47-52. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90807>
- Sari, N., Katanasaka, Y., Sugiyama, Y., Miyazaki, Y., Sunagawa, Y., Funamoto, M., Shimizu, K., Shimizu, S., Hasegawa, K. y Morimoto, T. 2021. Alpha mangostin derived from *Garcinia mangostana* Linn ameliorates cardiomyocyte hypertrophy and fibroblast phenotypes in vitro. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 44(10): 1465-1472. <https://doi.org/10.1248/bpb.b21-00294>
- Singleton, V.L., Orthofer, R. y Lamuela R.R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Revista Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Sumiasih, I.H., Poerwanto, R. y Efendi, D. 2019. Study of several stages of maturity and storage temperature on color changes and shelf life of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *International Journal of Applied Biology*. 3(1): 45-54. <https://doi.org/10.20956/ijab.v3i1.5967>
- Suttirak, W. y Manurakchinakorn, S. 2014. In vitro antioxidant properties of mangosteen peel extract. *Journal of Food Science and Technology*. 51(12): 3546-3558. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0887-5>

- Tac-an, A.M.I., Lacap, A.T., Bayogan, E.R.V. y Lubaton, C.D.S. 2021. Postharvest quality of two mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit maturities held in ambient and CoolBot-equipped cold storage. *Journal of Science, Engineering and Technology (JSET)*. 9(1): 48-60. <https://doi.org/10.61569/n49qq233>
- Tiang, N., Ahad, M.A., Murugaiyah, V. y Hassan, Z. 2020. Xanthone-enriched fraction of *Garcinia mangostana* and α -mangostin improve the spatial learning and memory of chronic cerebral hypoperfusion rats. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 72(11): 1629-1644. <https://doi.org/10.1111/jphp.13345>
- Tongdee, S. C. y Suwanagul, A. 1989. Postharvest mechanical damage in mangosteens. *Revista ASEAN Food*. 4: 151-155.
- Witham, F.H., Blaydes, D.F. y Devlin, R.M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, U.S.A.
- Wongs-Aree, C. y Noichinda, S. 2022. Postharvest quality properties of potential tropical fruits related to their unique structural characters. En *Postharvest Handling Fourth*. J.W. Florkowski, H.N. Banks, L.R. Shewfelt, y E.S. Prussia (ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822845-6.00009-9>
- Yani, F., Bellastasi, R. y Fauziah, F. 2021. Antidiabetic potential of *Garcinia mangostana* extract and α -mangostin compounds from mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). *EAS Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 3(5): 95-105.