









Acta Botanica
Mexicana

Caracterización químico nutricional y análisis fitoquímico de frutos de *Jarilla caudata* (Caricaceae) de Jalisco, México

Nutritional chemical characterization and phytochemical analysis of fruits of *Jarilla caudata* (Caricaceae) from Jalisco, Mexico

Mario Felipe González González¹ , Juan Francisco Zamora Natera^{1,3} , Javier Vioque Peña² ,
Julia Zañudo Hernández¹ , Mario Alberto Ruiz López¹ , César Bonifacio Ramírez López¹ 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: En algunos países, los habitantes de las comunidades rurales complementan su dieta con frutos obtenidos de plantas silvestres, los cuales generalmente carecen de información nutricional y fitoquímica, como ocurre con los frutos de las especies endémicas en México del género *Jarilla* (Caricaceae). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar la composición nutricional de frutos de *Jarilla caudata* en términos de su análisis químico proximal, contenido de minerales y aminoácidos, así como determinar la presencia de metabolitos secundarios, contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides.

Métodos: Los frutos se colectaron en el municipio Teocuitatlán de Corona, Jalisco, en julio de 2018 y 2019. Para determinar la composición químico proximal se siguieron los métodos oficiales de análisis de AOAC. El contenido de minerales se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y los aminoácidos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). Para el análisis de metabolitos secundarios se utilizaron diversos reactivos, y el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales se cuantificó por espectrofotometría.

Resultados clave: En comparación con otros frutos silvestres de la familia Caricaceae, los resultados indicaron que los frutos de *J. caudata* representan una buena fuente de carbohidratos y proteínas (35.7 y 18.9 g/100 g respectivamente), así como de algunos minerales (K, P y Ca). Se observó un pobre perfil y contenido de aminoácidos. El promedio de compuestos fenólicos totales fue de 387.5 mg GAE/100 mg, mientras que el de flavonoides totales fue de 56.5 mg QE/100 mg. No se detectaron compuestos considerados tóxicos o antinutricionales como alcaloides y glucósidos cianogénicos.

Conclusiones: Durante el verano, los frutos de *J. caudata* pueden tener un papel importante como complemento alimenticio para los habitantes de la región de Teocuitatlán de Corona, aportando diferentes nutrientes, particularmente carbohidratos y proteínas, así como otros compuestos con efectos favorables para la salud como los polifenoles.

Palabras clave: aminoácidos, compuestos fenólicos, frutos comestibles, metabolitos secundarios, minerales.

Abstract:

Background and Aims: In some countries, the inhabitants of rural communities supplement their diet with fruits obtained from wild plants, which usually lack nutritional and phytochemical information, as occurs with the fruits of the Mexican endemic species of the genus *Jarilla* (Caricaceae). Therefore, the aim of this research was to study the nutritional composition of *Jarilla caudata* fruits in terms of their proximal chemical analysis, mineral content and amino acid composition, and determine the presence of secondary metabolites, the total content of phenolic compounds and flavonoids.

Methods: The fruits were collected in the municipality Teocuitatlán de Corona, Jalisco, in July 2018 and 2019. The proximal chemical composition was analyzed using the official methods of analysis (AOAC), the mineral content was determined by means of atomic absorption spectrophotometry, while the amino acids were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). Various reagents were used for the preliminary determination of secondary metabolites. The content in phenolic compounds and total flavonoids was quantified by spectrophotometry.

Key results: In comparison with other fruits of the Caricaceae family, the results indicated that the fruits of *J. caudata* represent a good source of carbohydrates and proteins (35.7 and 18.9 g/100 g, respectively), as well as some minerals (K, P and Ca). A poor amino acid profile and content was found. The average content of total phenolic compounds was 387.5 mg GAE/100 mg, while that of flavonoids was 56.5 mg QE/100 mg. Compounds considered toxic or antinutritional, such as alkaloids and cyanogenic glycosides, were not detected.

Conclusions: During summer the fruits of *J. caudata* can play an important role as a food supplement for the inhabitants of the region of Teocuitatlán de Corona, providing different nutrients, particularly carbohydrates and proteins, as well as other compounds with favorable health effects, such as polyphenols.

Key words: amino acids, edible fruits, minerals, phenolic compounds, secondary metabolites.

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Ramón Padilla Sánchez No 2100, 45101 Zapopan, Jalisco, México.

²Instituto de la Grasa (C.S.I.C.), Campus Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km 1, 41089 Sevilla, España.

³Autor para la correspondencia: jfzamora@cucba.udg.mx

Recibido: 13 de julio de 2022.

Revisado: 1 de agosto de 2022.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 20 de octubre de 2022.

Publicado Primero en línea: 17 de noviembre de 2022.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 129 (2022).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Citar como: González González, M. F., J. F. Zamora Natera, J. Vioque Peña, J. Zañudo Hernández, M. A. Ruiz López y C. B. Ramírez López. 2022. Caracterización químico nutricional y análisis fitoquímico de frutos de *Jarilla caudata* (Caricaceae) de Jalisco, México. Acta Botanica Mexicana 129: e2100. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2100>

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

Desde la antigüedad, las plantas silvestres con potencial alimenticio han sido fundamentales en la dieta de los habitantes de las comunidades rurales en diversas partes del mundo (Islary et al., 2019). En este contexto, México se caracteriza por la amplia diversidad de sus especies vegetales. En particular las especies nativas que producen frutos comestibles son consideradas un componente importante de esa diversidad, ya que representan una fuente de alimentos saludables e ingresos económicos para muchas familias campesinas (Lema et al., 2017).

Estudios florísticos y exploraciones etnobotánicas en diferentes estados de México reportan la presencia de numerosas especies nativas cuyo valor potencial radica en sus frutos comestibles. Por ejemplo, en el estado de Veracruz se ha descrito la presencia de 106 frutos silvestres comestibles (Lascurain et al., 2010); en el de Michoacán, 134 especies (Segura et al., 2009); en los cafetales de la Sierra Norte de Puebla, 356 especies nativas y 63 introducidas útiles agrupadas en 13 categorías antropocéntricas (Martínez et al., 2007), de las cuales, las comestibles (algunas por sus frutos) son las más numerosas; y en el Estado de México se reportan 138 especies con frutos y semillas comestibles (101 nativas y 37 introducidas) (Martínez de la Cruz, et al., 2015).

Lo anterior muestra que existe una gran cantidad de recursos alimenticios, como los frutos, que pueden ser utilizados como una alternativa en la lucha contra la inseguridad alimentaria (Bvenura y Sivakumar, 2017). A este respecto, se ha señalado que cualquier evidencia científica sobre el valor nutricional de los frutos silvestres, así como de sus beneficios sobre la salud, les da un valor agregado a estas especies (Sharma et al., 2015).

Tanto en México como en otros países, la información sobre las características físicas, nutricionales y fitoquímicas de algunos frutos silvestres con potencial como alimento es insuficiente, y en algunos casos es nula. A pesar de que en años recientes se han incrementado las investigaciones en los frutos comestibles silvestres con el propósito de identificar y evaluar el efecto de algunos de sus metabolitos secundarios en la salud, hasta el momento no se cuenta con información al respecto en los frutos del género *Jarilla* Rusby (Caricaceae). Estos frutos comestibles son de forma

ovoide o globosa, tipo baya, conocidos principalmente en México como “jarillas” (Díaz-Luna y Lomelí-Sención, 1992). Este género está integrado por tres especies de plantas herbáceas que pueden ser diferenciadas por la morfología de su fruto (Díaz-Luna y Lomelí-Sención, 1992; Carvalho y Renner, 2013). Dos de ellas, *J. caudata* Standl. y *J. heterophylla* Rusby, son endémicas al territorio mexicano, mientras que *J. chocola* Standl. extiende su distribución hasta Guatemala.

La importancia de estos frutos del género *Jarilla* como alimento en estado inmaduro y crudos (sin cocción) se reportó por primera vez en 1921 (Rusby, 1921), particularmente para las comunidades campesinas de Guanajuato, México. Posteriormente, se documentó la presencia, como alimento y medicina, de raíces y frutos de *J. heterophylla* y *J. caudata* en algunos mercados locales de Jalisco (Tookey y Gentry, 1969; Calderón de Rzedowski y Lomelí Sención, 1993). Recientemente, se ha confirmado la importancia de estos frutos como alimento para los habitantes de diferentes zonas rurales de Baja California Sur, Sonora, Guanajuato, Michoacán, Estado de México y Jalisco (Díaz-Luna y Lomelí-Sención, 1992; Calderón de Rzedowski y Lomelí Sención, 1993; Martínez-De la Cruz, et al., 2015). Los pobladores también recolectan frutos en estado maduro para obtener el líquido que se almacena en su interior, y aprovecharlo como bebida refrescante (Calderón de Rzedowski y Lomelí Sención, 1993).

Por lo anterior y considerando que no hay información nutricional y/o fitoquímica de estos frutos, el objetivo de la presente investigación consistió en analizar la composición nutricional de los frutos silvestres de *J. caudata* en términos de su composición químico proximal, contenido de minerales y aminoácidos. Además, se determinó, mediante un análisis fitoquímico preliminar, la presencia de algunos metabolitos secundarios, así como el contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides.

Materiales y Métodos

Colecta de frutos inmaduros de *Jarilla caudata*

En julio de 2018 y 2019, aproximadamente 2 km al sur de la localidad conocida como Agua Honda, municipio Teocuitatlán de Corona, Jalisco, México (20°04'40.0"N, 103°20'08.1"W), se colectaron aproximadamente 25 frutos verdes e inmaduros de *J. caudata*, tal y como son consumi-



dos y comercializados en esa región (Fig. 1). Así mismo, se recolectaron algunas plantas de donde provenían los frutos para preparar ejemplares de herbario. El material vegetal recolectado fue identificado con claves taxonómicas especializadas (Díaz-Luna y Lomelí-Sención, 1992; McVaugh y Anderson, 2001; Carvalho y Renner et al., 2013). El espécimen de referencia *M. F. González González 3* fue depositado en el herbario Luz María Villareal de Puga (IBUG) de la Universidad de Guadalajara, México.

Los frutos aparentemente sanos (sin daño mecánico o causado por insectos) se guardaron en recipientes de plástico y se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología del Departamento de Botánica y Zoología de la Universidad de Guadalajara, donde fueron almacenados a 4 °C. Los mues-

treos y el procesamiento de los frutos fueron hechos de la misma manera para cada uno de los dos años de colecta.

Preparación de los frutos de *Jarilla caudata*

De los frutos recolectados se seleccionaron los más sanos y libres de imperfecciones, que fueron agrupados en tres lotes en forma sistemática y aleatoria para formar una muestra compuesta con tres repeticiones. Posteriormente fueron lavados con agua de grifo y después con agua destilada. Utilizando un cuchillo de acero inoxidable (Ekco, modelo 24314, China), el epicarpio de los frutos fue removido manualmente, de la misma manera como lo hacen en esta región antes de consumirlo. Se realizaron cortes transversales haciendo rodajas pequeñas que fueron secadas en un hor-

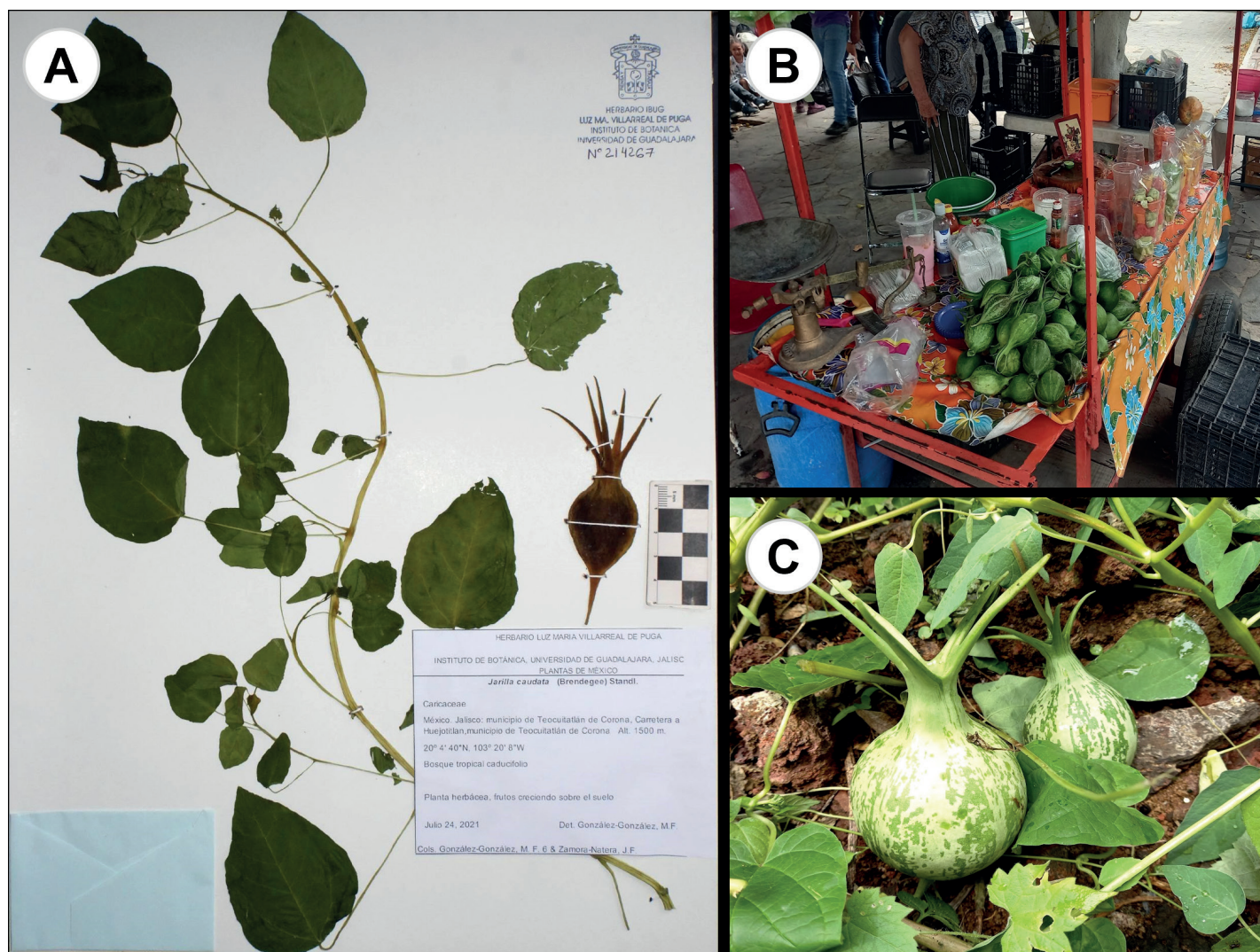


Figura 1: *Jarilla caudata* Standl. A. ejemplar depositado en el herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara, México; B. comercialización de frutos en un mercado local de Teocuitatlán de Corona, Jalisco, México; C. frutos en su hábitat, Teocuitatlán de Corona, Jalisco, México.

no de aire (Thermo Fisher, modelo PR305225M, Waltham, Massachusetts, EUA) a 50 °C hasta completa sequedad. Posteriormente, las muestras secas fueron molidas en una licuadora convencional (Oster clásica, modelo BLST4655, Estado de México, México) y se conservaron a 4 °C hasta la realización de los análisis.

Análisis químico proximal

Se llevó a cabo el análisis proximal de las muestras secas y molidas para estimar el contenido de humedad, cenizas, fibra y lípidos acorde a los protocolos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), métodos 925.09, 923.03, 985.29 y 932.06, respectivamente (AOAC, 1990). Se utilizó un factor de 6.25 para convertir el nitrógeno total por el método Kjeldahl, en proteína cruda (James, 1995). El valor total de carbohidratos se determinó por espectrofotometría (Dubois et al., 1951), utilizando una curva de calibración de glucosa como estándar (Merck KGaA). El contenido de energía se calculó por diferencia, de acuerdo con James (1995) y se utilizaron los factores de conversión descritos por la FAO (2003).

Determinación de minerales

El análisis de minerales se llevó a cabo después de que 2 g de las muestras se incineraran en seco en una mufla (Felisa, modelo FE-363, Jalisco, México) a 550 °C. Las cenizas de cada muestra se hirvieron con 10 ml de HCl al 20% en un vaso de precipitado hasta obtener una solución transparente. Luego se filtró en un matraz estándar de 100 ml para después aforar con agua desionizada. Los minerales se determinaron a partir de la solución resultante usando un espectrofotómetro de absorción atómica (Agilent Technologies, modelo AA Agilent 240FS, Santa Clara, EUA) y fueron expresados en mg/100 g de materia en base seca (AOAC, 2005).

Determinación de aminoácidos

El análisis de aminoácidos de los frutos colectados en 2018 y 2019 se llevó a cabo por el método fenilisotiocianato (PITC) (Salazar-Cavazos, 1993), con algunas modificaciones. Para la extracción de aminoácidos, 30 mg de tejido pulverizado en mortero con presencia de N₂ líquido, se suspendieron en 600 µl de etanol absoluto frío (se enfrió antes de su uso a

-20 °C) y las mezclas fueron homogenizadas por 30 minutos. Se agregaron 600 µl de GABA (Ácido Gama Aminobutírico) y se agitaron en vortex (DAIGGER Vortex-Genie 2, Bohemia, NY, EUA) por 30 segundos. Luego, estas fueron incubadas en un thermoblock (Heat Block, VWR Scientific Company, Atlanta, EUA) herméticamente a 70 °C por 5 min y posteriormente a 4 °C por 60 min, para finalmente centrifugarlas (Centrifuga Eppendorf Mod-5424, Hamburg, Alemania) a 14,000 g durante 30 min. El sobrenadante recuperado se filtró y se “alícuotó” en muestras de 200 µl en tubos de 1.5 ml. Las muestras se llevaron a sequedad total a 45 °C en un concentrador con vacío (Concentrator plus/Vacufo plus, Eppendorf, Hamburg, Alemania). Ya seco, se le añadieron 20 µl de metanol, agua y trietilamina (2:2:1) y posteriormente fueron concentrados en el mismo concentrador a 45 °C para eliminar el exceso de reactivo. A las muestras secas provenientes de la extracción de aminoácidos se les agregaron 20 µl de metanol:agua:trietilamina (2:2:1). Se llevaron a agitación y secado al vacío durante 30 min a 45 °C para eliminar el exceso de reactivo. Finalmente la muestra se derivatizó agregando 20 µl de metanol:agua:trietilamina:isocianato de fenilo (7:1:1:1). Nuevamente se agitó en vortex, seguido de una incubación por 30 min a temperatura ambiente y un secado al vacío. Los concentrados fueron reconstituídos en un buffer adecuado (acetato de sodio 0.1 M, pH 6.5) para su análisis posterior.

El análisis de aminoácidos se realizó por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC), en un cromatógrafo (Shimadzu High Performance Liquid Chromatograph CBM-20A/20Alite, Shimadzu Scientific Instruments, Columbia, EUA) con detector SPD-20 de arreglo de fotodiodos, bajo las siguientes condiciones: columna Shimadzu-Premier C18, 4.6 × 150 mm (DXL) y tamaño de partícula de 5 µm, flujo de 0.9 ml/min y un volumen de inyección de 20 µl. Los componentes de la fase móvil fueron: A=acetato de sodio (0.1 M, pH 6.5) y B=acetonitrilo:H₂O (4:1).

Extracción de metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios de los frutos fueron extraídos colocando en un tubo falcón 1 g de material vegetal y 10 ml de metanol:agua (80:20, v/v). Posteriormente los tubos fueron agitados y llevados a un baño de sonicación (Brason Ultrasonics Corporation, Serie CPXH, Danbury, EUA) por



20 minutos en dos ocasiones dejando reposar 5 minutos en cada intervalo de tiempo. En seguida los tubos fueron centrifugados a 5000 rpm por 10 minutos y se recuperó el sobrenadante para las pruebas fitoquímicas. Los sobrenadantes fueron almacenados en un refrigerador a 4 °C hasta su análisis.

Análisis de metabolitos secundarios

Se llevó a cabo un análisis fitoquímico preliminar de los extractos metanólicos obtenidos de los frutos. Se determinó la presencia de los principales grupos de metabolitos secundarios mediante los siguientes procedimientos.

La presencia de alcaloides se determinó con el reactivo de Dragendorff (Shukla et al., 2013). Para la detección de taninos se utilizó FeCl_3 3% (Oikeh et al., 2013). La presencia de compuestos fenólicos se evaluó utilizando el Método del Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). El ensayo de Shinoda fue utilizado para determinar la presencia de flavonoides en el extracto vegetal (Yadav y Agarwala, 2011). La presencia de saponinas fue analizada por el método de espuma en solución acuosa (Oikeh et al., 2013). Para determinar terpenoides se utilizó el ensayo de Lieberman-Burchard (Oikeh et al., 2013). Para la prueba de glucósidos cianogénicos se utilizó la reacción de Grignard (Piura et al., 2015). Los datos se registraron como abundante (+++), moderado (++), escaso/dudoso (+) y ausencia (-).

Determinación de compuestos fenólicos totales

En matraces volumétricos de 25 ml, se agregó 1 ml de los extractos metanólicos o ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) como solución estándar (20, 40, 60, 80 y 100 mg/l). Posteriormente, a cada matraz se le adicionaron 9 ml de agua destilada y 1 ml del reactivo de Folin Ciocalteu. Después de 5 min la reacción fue neutralizada añadiendo 10 ml de Na_2CO_3 al 7% y diluida con agua destilada hasta completar 25 ml. Las muestras y la curva de calibración fueron medidas a 750 nm en un espectrofotómetro UV - Vis (modelo JENWAY 7305, Stone, Staffordshire, UK). El contenido de compuestos fenólicos totales fue expresado como mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG)/100 g de muestra en base seca (bs). Las determinaciones se realizaron por triplicado (Marinova et al., 2005).

Determinación de flavonoides totales

En matraces volumétricos de 10 ml, se agregó 1 ml de los extractos metanólicos o catequina (99%, Sigma-Aldrich) como solución estándar (20, 40, 60, 80 y 100 mg/l). Los extractos se mezclaron con 4 ml de agua destilada y 0.3 ml de Na_2NO_2 al 5% (p/v) y se dejó reposar por 5 minutos. Posteriormente fueron adicionados 0.3 ml de AlCl_3 al 10% (p/v), 2 ml de NaOH 1M y se aforó con agua destilada. Después de 30 min de reposo la absorbancia fue determinada a 510 nm. El contenido de flavonoides fue expresado como mg equivalentes de catequina (mg EC)/100 g. Las determinaciones se realizaron por triplicado (Marinova et al., 2005).

Resultados

Composición químico proximal, minerales y aminoácidos

En el Cuadro 1 se muestra el análisis químico proximal de los frutos inmaduros deshidratados y molidos de *J. caudata*. Solo el contenido de proteína cruda y cenizas (que representa el contenido de minerales totales) mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto al año de colecta. Los carbohidratos totales y el contenido de proteína cruda fueron los nutrientes más abundantes, con valores de 36.84 y 17.04 g/100 g, respectivamente (promedio de dos años). Le siguen el contenido de cenizas y de fibra cruda con valores promedio muy similares (11.51 y 11.35 g/100 g respectivamente). El nutriente con menor presencia en estos frutos fue la grasa o extracto etéreo con un contenido promedio de 3.86 g/100 g, mientras que el contenido promedio de humedad fue de 9.77%. Los valores energéticos fueron similares estadísticamente, independientemente del año de colecta.

En el Cuadro 2 se muestra el contenido de macro y micro-minerales en los frutos inmaduros de *J. caudata* en mg/100 g de materia seca. Los frutos colectados en 2018 en comparación con los colectados en 2019 mostraron mayor contenido de macro-minerales con excepción del calcio. El potasio fue el macro-mineral con mayor presencia en ambos años con valores de 4277 y 3822 mg/100 g respectivamente, seguido de fósforo con 446 y 370 mg/100 g, mientras que calcio y magnesio registraron las menores cantidades con valores promedio de 280.5 y 287.5 mg/100 g, respectivamente. No se observaron diferencias significativas en el contenido



Cuadro 1: Composición química proximal de frutos de *Jarilla caudata* Standl., colectados en 2018 y 2019. Superíndices con la misma letra dentro de cada columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Años de colecta	Humedad	Proteína cruda	Cenizas	Fibra cruda	Grasa	Carbohidratos	Valor energético
g/100 g (base seca)							Kcal/100 g
2018	9.55 ^a	18.01 ^a	10.53 ^a	9.23 ^a	3.67 ^a	35.29 ^a	233.9 ^a
2019	10.03 ^a	16.08 ^b	12.49 ^a	13.47 ^b	4.06 ^a	37.18 ^a	221.2 ^a
Promedio	9.77	17.04	11.51	11.35	3.86	36.84	227.56

Cuadro 2: Contenido de macro- y micro-minerales en frutos de *Jarilla caudata* Standl., colectados en 2018 y 2019. Superíndices con la misma letra dentro de cada columna indica diferencias significativas ($P < 0.05$).

Colecta de frutos (años)	Macro-minerales (mg/100 g de muestra)				Micro-minerales (mg/100g de muestra)			
	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Mo
2018	446a	4277a	275a	302a	1.02a	3.27a	2.26a	0.01a
2019	370b	3822b	296a	273b	0.81a	3.84a	1.96a	0.01a
Promedio	383	4049	280.5	287.5	0.95	3.55	2.11	0.01

de micro-minerales entre los dos años de colecta. El hierro fue el que se registró en mayor cantidad con 3.55 mg/100 g (promedio de dos años), seguido del zinc y manganeso con valores promedio de 2.11 y 0.95 mg/100 g respectivamente, mientras que el molibdeno fue el micronutriente en menor concentración (< 0.01 mg/100 g). Otros micro-minerales como cobre y sodio no fueron detectados en estos frutos.

Con las técnicas analíticas utilizadas en este estudio se identificaron y cuantificaron en ambos años de colecta siete aminoácidos libres en los frutos verdes e inmaduros de *J. caudata* (Cuadro 3). Aunque el contenido de estos aminoácidos fue variable en función del año de colecta, solamente tres de estos, lisina, fenilalanina y treonina, son considerados esenciales. Entre los pocos aminoácidos esenciales, treonina presentó mayor concentración que lisina y fenilalanina. Inclusive en el año de colecta 2018, estos se encontraron en cantidades que apenas fueron detectados en el análisis (Cuadro 3).

Análisis fitoquímico

En el Cuadro 4 se presentan los primeros resultados de un tamizaje fitoquímico en extractos obtenidos de los frutos de *J. caudata* en dos años de colecta. El análisis permitió detec-

tar la presencia de los principales grupos de metabolitos secundarios, variando en algunos casos el contenido de estos en función del año de colecta. Los compuestos fenólicos y los terpenos fueron ligeramente más abundantes en el año 2019 que en 2018, mientras que la abundancia de los flavonoides y saponinas fue similar en ambos años. Alcaloides y glucósidos cianogénicos no estuvieron presentes en los frutos.

En la figura 2 se muestra el contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides en frutos inmaduros de *J. caudata* colectados en 2018 y 2019. El contenido de compuestos fenólicos totales es ligeramente mayor en el año 2019 que en 2018 (389 vs. 383 mg GAE/100 g), sin registrarse diferencias significativas. El contenido total de flavonoides no mostró diferencias significativas entre los dos años de colecta con valores de 59 en 2018 y 58 mg QE/100 g en 2019.

Discusión

Composición químico proximal, contenido de minerales y aminoácidos

La composición químico proximal considera el análisis de los alimentos dividiéndolos en cinco constituyentes: hume-

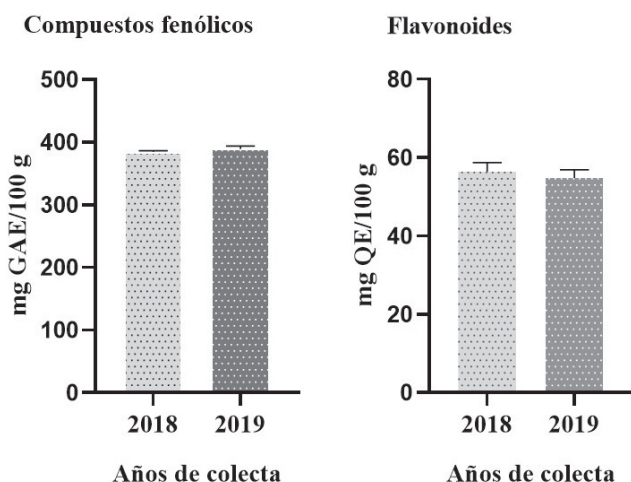


Cuadro 3: Perfil y contenido de aminoácidos libres en frutos de *Jarilla caudata* Standl., colectados en 2018 y 2019. *Valores menores a 0.05 mg/g de muestra seca.

Aminoácidos	Frutos de 2018	Frutos de 2019	Promedio
	mg/g de muestra (peso seco)		
Ácido aspártico	2.91±0.017	2.273±0.026	2.596
Asparagina	2.265±0.015	1.864±0.012	2.062
Treonina	1.472±0.003	1.316±0.048	1.394
Arginina	0.868±0.029	0.0723±0.039	0.4701
Prolina	0.930±0.048	0.859±0.019	0.894
Fenilalanina	Trazas*	0.176±0.0241	0.088
Lisina	Trazas*	0.327±0.0199	0.163

Cuadro 4: Contenido de algunos metabolitos secundarios en frutos de *Jarilla caudata* Standl., colectados en 2018 y 2019. Los contenidos se representan como abundantes (+++), moderados (++), escasos (+) o ausentes (-). n=3.

Metabolitos secundarios	Ensayo	2018	2019
Alcaloides	Dragendorff	-	-
Compuestos fenólicos	Folin-Ciocalteu	++	+++
Flavonoides	Shinoda	+	+
Saponinas	Fehling	++	++
Terpenos	Lieberman	++	+++
Glucósidos cianogénicos	Grignard	-	-

**Figura 2:** Contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides en frutos de *Jarilla caudata* Standl., colectados en 2018 y 2019.

dad, proteínas, cenizas, grasas y carbohidratos. Aunque no da una información completa sobre el valor nutricional, es considerado un procedimiento rápido y de bajo costo para monitorear variaciones en la calidad de los alimentos (Sibiya et al., 2021). Los primeros estudios sobre la importancia de los frutos de las especies del género *Jarilla* como alimento se registraron en 1921 (Rusby, 1921). Aunque en años posteriores se siguió analizando la utilidad de estos frutos como alimento, en la actualidad no se tenía información sobre su valor nutricional y composición fitoquímica (Tookey y Gentry, 1969; Díaz-Luna y Lomelí Senci3n, 1992; Cal-

der3n de Rzedowski y Lomelí Senci3n, 1993; Mart3nez-De la Cruz et al., 2015; Sandoval-Ortega y Siqueiros-Delgado, 2020).

En M3xico tambi3n se ha reportado la importancia de otros frutos comestibles obtenidos de diferentes especies de la familia Caricaceae como *Vasconcellea cauliflora* A. DC. y *Jacaratia mexicana* A. DC. (D3az-Luna y Lomelí Senci3n, 1992; Lascurain et al., 2010; Mart3nez-De la Cruz et al., 2015). Sin embargo, hasta el momento no se ten3a informaci3n sobre el valor nutricional y composici3n fitoqu3mica del fruto de *J. caudata*. En otros pa3ses los frutos de algunas especies silvestres de la familia Caricaceae tienen importancia como alimento y existen estudios recientes sobre su valor nutricional y composici3n fitoqu3mica. As3, por ejemplo, en frutos maduros de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A.DC., colectados en tres regiones de Brasil, se reportaron valores promedio de cenizas, prote3nas y carbohidratos totales de 1.47, 1.24 y 13.62 g/100 g, respectivamente, inferiores a los valores observados en este estudio con *J. caudata* (Prospero et al., 2016). En otra investigaci3n m3s reciente tambi3n se report3 en pulpa madura de *Jacaratia spinosa* valores de nutrientes en base h3meda inferiores a los observados en este estudio (Berni et al., 2019).

As3 mismo, en Chile con frutos maduros de *Vasconcellea pubescens* A.DC., bajo diferentes condiciones de secado, el contenido de prote3nas vari3 de 7.92 a 10.70 g/100 g, cenizas de 9.09 a 12.40 g/100 g, fibra de 11.64 a 15.55 g/100 g y grasas de 1.65 a 2.95 g/100 g (Vega-G3lviz et al., 2019). De estos valores solamente el contenido de fibra en frutos secados al sol super3 significativamente al contenido de fibra encontrado en los frutos de *J. caudata*



secados en estufa de aire forzado (15.55 vs. 11.35 g/100 g). Otro estudio en Brasil con frutos inmaduros y maduros de *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hil., reportó un mayor contenido promedio de proteínas en frutos maduros que en frutos inmaduros (2.04 vs. 1.74 g/100 g) (Folharini et al., 2019). Sin embargo, se observó lo contrario con el contenido promedio de carbohidratos, cuyos valores fueron más altos en los frutos inmaduros que en los maduros (12.28 vs. 7.6 g/100 g) (Folharini et al., 2019). Además, los contenidos de cenizas y fibra son muy similares entre ambos tipos de frutos (inmaduro y maduros). De lo anterior se puede señalar que independientemente del estado de maduración de los frutos de *Vasconcellea quercifolia*, el contenido de los diferentes nutrientes analizados también fue inferior a los que se registraron en los frutos inmaduros de *J. caudata*.

Con respecto a la papaya (*Carica papaya* L.), la única especie domesticada y cultivada de la familia Caricaceae, son numerosas las investigaciones y variables los resultados generados respecto a su composición nutricional. Sin embargo, cuando estos frutos han sido analizados en estado inmaduro suelen presentar valores muy similares a los que se determinaron en este estudio con frutos inmaduros de *J. caudata*. Así, por ejemplo, en frutos inmaduros de *C. papaya* utilizados como ingredientes en sopas en algunas regiones de África, se registró un contenido de proteína de 16.50 y 15.73 g/100 g en pulpa cruda secada al sol y pulpa cocida, respectivamente (Okon et al., 2017). Sin embargo, el contenido de carbohidratos fue superior al observado en los frutos de este estudio (63.00 y 60.67 g/100 g, respectivamente). En otra investigación con *C. papaya*, cultivada en Nigeria y con frutos cosechados en tres diferentes estados de maduración, se observó que el contenido de carbohidratos totales y proteínas en los frutos inmaduros (27.1 y 8.80 g/100 g) fueron menores a los valores que se registraron en este estudio. Los demás nutrientes, con excepción del contenido de fibra, también mostraron valores inferiores a los registrados en este estudio (Chukwuka et al., 2013). En frutos inmaduros de *C. papaya* de Pakistán solamente el contenido de cenizas mostró valores superiores a los encontrados en los frutos inmaduros de *J. caudata* (14.2 vs. 11.51 g/100 g) (Oloyede, 2005).

Otros frutos no silvestres de especies de otras familias, como el pepino *Cucumis sativus* L. (Cucurbitaceae), que

también se consumen crudos, frescos e inmaduros, generalmente presentan menor contenido de nutrientes que los determinados en este estudio en frutos de *J. caudata* (Agatemor et al., 2018; Shariff et al., 2020). Aunque es escasa la información sobre el contenido de minerales en frutos silvestres de la familia Caricaceae, encontrar potasio y fósforo como los macrominerales más abundantes en los frutos de *J. caudata* es congruente con lo reportado en otras investigaciones con frutos de especies silvestres y domesticadas de diferentes familias de plantas. De acuerdo con Martínez-Ballesta et al. (2010), el potasio y el fósforo junto con el calcio están estrechamente relacionados con las funciones metabólicas del organismo, incluyendo el crecimiento celular y la contracción de los músculos. En un estudio donde se analizó la composición de minerales en aproximadamente 22 frutos, la mayoría nativos de la región del Amazonas, se observó una tendencia muy similar a la registrada en este estudio, ya que el contenido de potasio fue el más abundante (varió de 711 a 9479 mg/100 g), y debido a que no se analizó el fósforo, le siguieron el calcio y el magnesio con una fluctuación de 402 a 8750 mg/100 g y de 359 a 2199 mg/100 g, respectivamente (Alves et al., 2019).

Se reportó el potasio como el macro-mineral mayoritario. Sin embargo, se encontraron fósforo y en menor cantidad calcio y magnesio, contrario a lo que se observó en este estudio (Montero et al., 2020). En frutos de *Jacaratia spinosa*, colectados en tres localidades de Brasil, también se registró una tendencia similar a la observada en este estudio. Sin embargo, los contenidos de macro-minerales fueron menores. Por ejemplo, el potasio varió de 355 a 515 mg/100 g mientras que el contenido de fósforo, calcio y magnesio fluctuó de 24 a 37 mg/100 g (Prospero et al., 2016). Lo anterior indica que la mayoría de los frutos mencionados anteriormente presentan menor contenido en macro-minerales en comparación con los frutos de *J. caudata*, inclusive algunos estudios con frutos verdes y maduros de *C. papaya* reportan un contenido de potasio, fósforo, calcio y magnesio inferior a los que se han registrado en frutos verdes e inmaduros de *J. caudata* (Oloyede, 2005; Chukwuka et al., 2013). En frutos silvestres de la familia Caricaceae, analizados por su composición de micro-nutrientes, solamente se tiene información al respecto en *Jacaratia spinosa* de Brasil (Prospero et al., 2016). Estos autores reportaron un contenido promedio de



hierro, zinc y manganeso de 0.59, 0.13 y 0.17 mg/100 g respectivamente, valores inferiores a los observados en los frutos de *J. caudata* (Cuadro 2).

Además de las proteínas, los frutos poseen aminoácidos en forma libre, que pueden influir en las propiedades sensoriales de los frutos. Al comparar el contenido de aminoácidos encontrados en los frutos inmaduros de *J. caudata* con lo que se ha reportado en la literatura en otros frutos silvestres, estos frutos presentaron bajo contenido de aminoácidos. En relación con los frutos silvestres y comestibles de la familia Caricaceae, solamente en frutos inmaduros y maduros de *Vasconcellea quercifolia* se tiene un análisis completo sobre el perfil y composición de aminoácidos, en donde se reportó al ácido aspártico como el segundo aminoácido mayoritario, independientemente del estado de maduración (Folharini et al., 2019). Esto difiere de lo registrado en este estudio, ya que en los frutos de *J. caudata* el ácido aspártico es el aminoácido mayoritario (Cuadro 3). Los frutos de *J. caudata* mostraron un perfil pobre de aminoácidos en comparación con lo reportado en otros frutos silvestres con potencial alimenticio de la familia Caricaceae. Es posible que esto esté relacionado con la etapa de madurez en la que se analizaron los frutos, ya que de acuerdo con Choi et al. (2012), durante la maduración de los frutos puede ocurrir una síntesis o una degradación de diferentes compuestos químicos. Las diferencias observadas en la composición nutricional, contenido de minerales y aminoácidos en los frutos de *J. caudata*, en comparación con otros frutos de la familia Caricaceae, pueden deberse a la especie en estudio, diferencias en el estado de maduración del fruto, diferencias en las técnicas analíticas utilizadas, a la localidad de colecta, partes del fruto analizadas (frutos completos o pulpa), o a tratamientos previos a los frutos antes del análisis (base seca vs. base húmeda), entre otros (Chukwuka et al., 2013; Prospero et al., 2016; Berni et al., 2019; Folharini et al., 2019; Vega-Gálvez, et al., 2019).

Análisis fitoquímico

En el análisis fitoquímico de los frutos de *J. caudata* no se detectó la presencia de metabolitos secundarios tóxicos o anti-nutricionales como alcaloides y glucósidos cianogénicos, aunque si hubo presencia de saponinas. Estos compuestos, al igual que taninos, fitatos y oxalatos, disminuyen

la disponibilidad de algunos nutrientes requeridos por el organismo (Umaru, 2007). Por otro lado, es importante señalar que en estos frutos se detectó la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales fueron posteriormente cuantificados por espectrofotometría (Fig. 2). Se ha reportado que específicamente los compuestos fenólicos tienen relación con la calidad sensorial de los alimentos de origen vegetal, tanto frescos como procesados (Tekaya et al., 2014). Además, en los últimos años el interés en estos compuestos ha aumentado debido a sus efectos favorables para la salud, protegiendo frente al estrés oxidativo (actividad antioxidante) y reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer (Martínez-Valverde et al., 2000; Gayosso-García Sancho et al., 2011). Solamente en algunas especies silvestres de la familia Caricaceae se han realizado análisis fitoquímicos para conocer los metabolitos secundarios presentes en los frutos comestibles. En Chile, por ejemplo, después de analizar el contenido de polifenoles y flavonoides totales en frutos maduros de *Vasconcellea pubescens* sometidos a diferentes técnicas de secado, se determinó una variación de 676 a 889 mg GAE/100 g y de 125 a 333 mg QE/100 g en compuestos fenólicos y flavonoides, respectivamente (Vega-Gálvez et al., 2019). Cabe señalar que estos valores son superiores a los que se encontraron en los frutos de *J. caudata* en ambos años de colecta (Fig. 2). En otros estudios fitoquímicos en frutos maduros de *Jacaratia spinosa* (Caricaceae) solo se reportaron el perfil y contenido de carotenoides, así como su actividad antioxidante (Prospero et al., 2016; Berni et al., 2019). El perfil y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, así como su actividad antioxidante ha sido ampliamente estudiada en extractos obtenidos de frutos, hojas y semillas de *C. papaya*, única especie domesticada y cultivada de la familia Caricaceae (Rivera-Pastrana, 2010; Gayosso-García Sancho et al., 2011; Addai et al., 2013; Zunjari et al., 2015; Pinnamaneni, 2017). En estos estudios se han reportado valores de compuestos fenólicos y flavonoides, tanto superiores como inferiores a los observados en los frutos de *J. caudata*. Aunque en este estudio no fue posible analizar frutos durante la maduración, se demostró en *C. papaya* que el contenido de compuestos fenólicos tiende a disminuir con la maduración de los frutos (Gayosso-García Sancho et al., 2011).



Conclusiones

En comparación con frutos silvestres comestibles de otras especies de la familia Caricaceae, los frutos de *J. caudata* presentaron altos valores de proteínas, carbohidratos y minerales, principalmente potasio, fósforo, calcio, así como hierro y zinc. Sin embargo, el contenido de aminoácidos registrado fue bajo. No se detectó la presencia de metabolitos secundarios tóxicos o anti-nutricionales como alcaloides y glucósidos cianogénicos. El contenido de compuestos fenólicos y flavonoides encontrados en estos frutos es similar y en algunos casos superior al que se han reportado en otros frutos silvestres.

Contribución de autores

MFGG y JVP concibieron y diseñaron el estudio. CBRL y MFGG realizaron colectas de muestras vegetales y realizaron los análisis de laboratorio. JZH, JFZN y MARL contribuyeron a la interpretación de los resultados y redacción del manuscrito. Todos los autores revisaron y aprobaron el manuscrito final

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante una beca otorgada a MFGG (No de beca: 1073088), y por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Sevilla (España), mediante el proyecto I-COOP2021 concedido a JVP.

Agradecimientos

Al personal del herbario Luz Maria Villareal de Puga de la Universidad de Guadalajara por las facilidades otorgadas para revisar los especímenes de la familia Caricaceae.

Literatura citada

- Addai, Z. R., A. Abdullah, S. A. Mutalib, K. H. Musa y E. M. A. Douqan. 2013. Antioxidant activity and physicochemical properties of mature papaya fruit (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Advance Journal of Food Science and Technology* 5(7): 859-865. DOI: <https://doi.org/10.19026/ajfst.5.3173>
- Agatemor, U. M. M., F. C. N. Okwesili y A. A. Chioma. 2018. Phytochemical and proximate composition of cucumber (*Cucumis sativus*) fruit from Nsukka, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 17(38): 1215-1219. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2018.16410>
- Alves, B. S. F., J. B. Pereira Junior, F. I. M. Carvalho, H. A. Dantas Filho y K. G. Fernandes Dantas. 2019. Mineral composition of Amazonian fruits by flame atomic absorption spectrometry using multivariate analysis. *Biological Trace Element Research* 189(1): 259-266. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1451-6>
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists AOAC, 15a ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, USA.
- AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemists AOAC. 18a ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Berni, P., S. S. Campoli, T. C. Negri, N. M. V. de Toledo y S. G. Canniatti-Brazaca. 2019. Non-conventional tropical fruits: characterization, antioxidant potential and carotenoid bio accessibility. *Plant Foods for Human Nutrition* 74(1): 141-148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0710-1>
- Bvenura, C. y D. Sivakumar. 2017. The role of wild fruits and vegetables in delivering a balanced and healthy diet. *Food Research International* 99(1): 15-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.046>
- Calderón de Rzedowski, G. y J. A. Lomelí Sención. 1993. Familia Caricaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 17: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.21829/fb.178.1993.17>
- Carvalho, F. y S. Renner. 2013. Correct names for some of the closest relatives of *Carica papaya*: A review of the Mexican/Guatemalan genera *Jarilla* and *Horovitzia*. *PhytoKeys* 29: 63-74. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.29.6103>
- Choi, S.-H., J. B. Ahn, H. J. Kim, N.-K. Im, N. Kozukue, C. E. Levin y M. Friedman. 2012. Changes in free amino acid, protein, and flavonoid content in jujube (*Ziziphus jujube*) fruit during eight stages of growth and antioxidative and cancer cell inhibitory effects by extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(41): 10245-10255. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf302848u>
- Chukwuka, K., M. Iwuagwu, y U. Uka. 2013. Evaluation of nutritional components of *Carica papaya* L. at different stages of ripening. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 6(4): 13-16.
- Díaz Luna, C. L. y J. A. Lomelí Sención. 1992. Revisión del género *Jarilla* Rusby (Caricaceae). *Acta Botanica Mexicana* 20: 77-99. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm20.1992.659>



- Dubois, M., K. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers y F. Smith. 1951. A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature* 168, 167. DOI: <https://doi.org/10.1038/168167a0>
- FAO. 2003. Food Energy-Methods of Analysis and Conversion Factors. Report of a technical workshop. FAO food and nutrition paper 77, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Pp. 26-27.
- Folharini, Z. F., C. R. Orlandi, M. C. Martini, F. Bruxel, T. Altamayer, D. T. Brietzke, T. E. Goncalves, J. Finatto, E. M. Ethur, N. F. Moura, L. Hoehne y E. M. Freitas. 2019. Nutritional characterization of *Vasconcellea quercifolia* A. St-Hil.: potential for the development of functional food. *Food Science and Technology* 39: 432-438. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.18018>
- Gayosso-Garcia Sancho, L. E., E. M. Yahia y G. A. González-Aguilar. 2011. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. *Food Research International* 44(5): 1284-1291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.001>
- Islary, A., J. Sarmah y S. Basumatary. 2019. Amino acid composition of five wild edible fruits of Assam, North-east India. *Asian Journal of Chemistry* 31(4): 825-828. DOI: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2019.21749>
- James, C. S. 1995. Experimental procedures - Estimation of major food constituents. In: James, C. S. (ed.). *Analytical Chemistry of Foods*. Springer. Boston, USA. Pp. 71-135. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2165-5_5
- Lascurain, M., S. Avendaño, S. del Amo y A. Niembro. 2010. Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONAFOR-CONACYT, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 74 pp.
- Lema, F., M. A. Pérez, M. T. Martínez y G. H. Navarro. 2017. Importancia y caracterización de frutales criollos en dos comunidades de Tuxpan, Veracruz. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 11(2):306-313. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7590>
- Marinova, D., F. Ribarova y M. Atanassova. 2005. Total Phenolics and Total Flavonoids in Bulgarian Fruits and Vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 40(3): 255-260.
- Martínez-Ballesta, M. C., R. Domínguez-Perles, D. A. Moreno, B. Muries, C. Alcaraz-López, E. Bastías y M. Carvajal. 2010. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2): 295-309. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009022>
- Martínez-Valverde, I., M. J. Periago y G. Ros. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 5-18.
- Martínez-De La Cruz, I., M. Rubí-Arriaga, A. González-Huerta, D. de J. López-Pérez, O. Franco-Mora y Á. Castañeda-Vildózola. 2015. Frutos y semillas comestibles en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(2): 331-346.
- Martínez, M. Á., V. Evangelista, F. Basurto, M. Mendoza M. y A. Cruz Rivas. 2007. Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(1): 15-40. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2007.001.457>
- McVaugh, R. y W. R. Anderson. 2001. Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. Vol. 3 Ochnaceae to Losaceae. The University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. Pp. 461-477.
- Montero, I. F., S. A. M. Saravia, R. A. Santos, R. C. dos Santos., J. A. F. Marcía y H. N. R. da Costa. 2020. Nutrients in Amazonian fruit pulps with functional and pharmacological interest. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 14(5): 118-127. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJPP2020.5136>
- Oikeh, E. I., K. Oriakhi y E. S. Omoregie. 2013. Proximate analysis and phytochemical screening of *Citrus sinensis* fruit wastes. *The Bioscientist* 1(2): 164-170.
- Okon, W. I., A. I. Ogri, G. O. Igile y I. J. Atangwho. 2017. Nutritional quality of raw and processed unripe *Carica papaya* fruit pulp and its contribution to dietary diversity and food security in some peasant communities in Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11(3): 1000-1011. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.5>
- Oloyede, O. I. 2005. Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. *Pakistan Journal of Nutrition* 4(6): 379-381. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjn.2005.379.381>
- Pinnamaneni, R. 2017. Nutritional and medicinal value of papaya (*Carica papaya* Linn.). *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6(8): 2559-2578. DOI: <https://doi.org/10.20959/wjpps20178-9947>
- Piura, W., J. Maradiaga, N. Palacios, R. Ponce y L. Medina. 2015. Tamizaje fitoquímico de las hojas de *Passiflora edulis*



- Passifloraceae. Portal de la Ciencia 6: 62-67. DOI: <https://doi.org/10.5377/pc.v6i0.1843>
- Prospero, E. T., P. P. da Silva y M. H. Spoto. 2016. Caracterização físico-química, nutricional e de compostos voláteis de frutos de *Jacaratia spinosa* provenientes de três regiões do estado de são paulo-brasil. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial 10(1): 2095-2111.
- Rivera-Pastrana, D. M., E. M. Yahia y G. A. González-Aguilar. 2010. Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 90(14): 2358-2365. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4092>
- Rusby, H. H. 1921. A strange fruit. Torreya 21(3): 47-50.
- Salazar-Cavazos, M. 1993. Aminoácidos por cromatografía de líquidos de alta resolución. Estudio de perfiles en frutos de diferentes especies de *Karwinskia*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 70 pp.
- Sandoval-Ortega, M. H. y M. E. Siqueiros-Delgado. 2020. *Jarilla heterophylla*, un nuevo registro para la flora del estado y único representante nativo de la familia Caricaceae en Aguascalientes, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 79: 36-43. DOI: <https://doi.org/10.33064/iycuaa2020792928>
- Segura, L. S., R. D. Zavala, C. Equihua, C. Andrés, y E. Y. Torres. 2009. Los recursos genéticos de frutales en Michoacán. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(3): 297-305.
- Shariff, A. H., P. N. Z. M. Wahab, A. H. Jahurul, N. Huda, N. B. Romes, M. Zakaria, J. Roslan, R. A. Wahab y F. Huyop. 2020. Nutrient composition, total phenolic content, and antioxidant activity of tropical Kundasang-grown cucumber at two growth stages. Chilean Journal of Agricultural Research 81(2): 220-227. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000200220>
- Sharma, P. B., P. J. Handique y H. S. Devi. 2015. Antioxidant properties, physico-chemical characteristics and proximate composition of five wild fruits of Manipur, India. Journal of Food Science and Technology 52(2): 894-902. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1128-2>
- Shukla, S., A. Mehta y V. K. Bajpai. 2013. Phytochemical screening and anthelmintic and antifungal activities of leaf extracts of *Stevia rebaudiana*. Journal of Biologically Active Products from Nature 3(1): 56-63. DOI: <https://doi.org/10.1080/22311866.2013.782695>
- Sibiya, N. P., E. Kayitesi y A. N. Moteetee. 2021. Proximate analyses and amino acid composition of selected wild indigenous fruits of Southern Africa. Plants 10(4): 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10040721>
- Singleton, V. L., R. Orthofer y R. M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology 299: 152-178. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Tekaya, M., B. Mechri, H. Cheheb, F. Attia, I. Chraief, M. Ayachi, D. Boujneh y M. Hammami. 2014. Changes in the profiles of mineral elements, phenols, tocopherols and soluble carbohydrates of olive fruit following foliar nutrient fertilization. LWT-Food Science and Technology 59(2): 1047-1053. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.027>
- Tooke, H. L. y H. S. Gentry. 1969. Proteinase of *Jarilla chocola*, a relative of papaya. Phytochemistry 8(6): 989-991. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)86342-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)86342-6)
- Umaru, H. A., R. Adamu, D. Dahiru y M. S. Nadro. 2007. Levels of antinutritional factors in some wild edible fruits of Northern Nigeria. African Journal of Biotechnology 6(16): 1935-1938. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2294>
- Vega-Gálvez, A., J. Poblete, I. Quispe-Fuentes, E. Uribe, C. Bilbao-Sainz y A. Pastén. 2019. Chemical and bioactive characterization of papaya (*Vasconcellea pubescens*) under different drying technologies: evaluation of antioxidant and antidiabetic potential. Journal of Food Measurement and Characterization 13(3): 1980-1990. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00117-4>
- Yadav, R. y M. Agarwala. 2011. Phytochemical analysis of some medicinal plants. Journal of Phytology 3(12): 10-14.
- Zunjar, V., D. Mammen y B. M. Trivedi. 2015. Antioxidant activities and phenolics profiling of different parts of *Carica papaya* by LCMS-MS. Natural Product Research 29(22): 2097-2099. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.986658>

