



Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riit.com.mx

Compuestos bioactivos y composición mineral en fruto y subproductos de mango cv. Ataulfo

Bioactive compounds and mineral composition in fruit and by-products of mango cv. Ataulfo

Serrano-Berumen, M.F.¹, Sánchez-Chávez, E.², Salas-Salazar, N.A.¹, Soto-Caballero, M.C.¹, Cruz-Álvarez, O.¹, Flores-Córdova, M.A.^{1*}

¹ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas: Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza 910, C.P. 31000 Chihuahua, México.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CIAD. Av. Cuarta Sur No. 3820 Fracc. Vencedores del Desierto. C.P. 33088. Delicias, Chihuahua, México.

6251156262f@gmail.com; esteban@ciad.mx; nsalas@uach.mx; masotoc@uach.mx; ocruz@uach.mx; mafloresc@uach.mx*

Innovación tecnológica: Valorización de los subproductos de mango sobre su composición nutricional.

Área de aplicación industrial: Tecnología alimentaria, medicinal, agrícola, industrial.

Recibido: 30 enero 2025

Aceptado: 02 octubre 2025

Abstract

Mango (*Mangifera indica* L.) is an agro-industrial fruit that generates up to 60% of by-products, which when discarded decompose and produce gases and microbial proliferation. However, some authors have reported high levels of bioactive compounds and antioxidant activity in these by-products. This study focused on analysing the bioactive compounds and antioxidant potential present in fresh and dehydrated mango, and their by-products (peel and seed). The fruit was obtained from the local market in Chihuahua, Mexico. The parameters of weight, color, soluble solids, titratable acidity, phenolic content, flavonoids, antioxidant capacity, and mineral elements were determined in fresh mango, dehydrated pulp, and by-products. The results showed that the pulp accounted for 54.97% of the total yield, while the peel and seed represented 31.56% and 13.47%, respectively. Fresh fruit and dehydrated pulp exhibited the highest values of soluble solids and SS/TA ratio, while fresh pulp showed the highest Fe and Cu content. The seed presented the highest levels of phenolics, flavonoids, antioxidant activity, and minerals such as K, Ca, Mg, and

P, followed by the peel. Therefore, mango peel and seed could be considered as alternative sources for the extraction of natural bioactive molecules, with potential applications in industrial and agricultural processes, or in the development of new products.

Keywords: *Mangifera indica* L. Antioxidant capacity, Dehydrated pulp, Soluble solids, Quality.

Resumen

El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto agroindustrial que genera subproductos hasta en un 60% los cuales al desecharse se descomponen produciendo gases y proliferación de microorganismos. Sin embargo, algunos autores han reportado altas cantidades de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en estos subproductos. La investigación se centró en analizar los compuestos bioactivos y el potencial antioxidante presentes en mango fresco, deshidratado y subproductos (cáscara y semilla). El fruto fue obtenido del mercado de la ciudad de Chihuahua, México. Se determinaron los parámetros de peso, color, sólidos solubles, acidez titulable, fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y elementos minerales, en el mango fresco, deshidratado y subproductos. Los datos obtenidos mostraron un rendimiento del 54.97% de la pulpa, la cáscara el 31.56% y la semilla un 13.47%. La fruta fresca y pulpa deshidratada presentaron los valores más altos de sólidos solubles, y relación SS/AT. La pulpa fresca presentó mayor contenido de Fe y Cu. La semilla presentó los valores más elevados de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante y minerales (K, Ca, Mg y P), mientras que la cáscara ocupó el segundo lugar. Por lo tanto, la cáscara y semilla de mango pudieran ser una alternativa para la obtención de moléculas naturales de interés y ser aprovechados en procesos industriales y agrícolas, o en la generación de nuevos productos.

Palabras clave: *Mangifera indica* L. Capacidad antioxidante, Pulpa deshidratada, Sólidos solubles, Calidad.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) se cultiva en más de 90 países alrededor del mundo, con un incremento en su exportación del 86.48% entre 1994 y 2020, posicionándose como la séptima fruta más comercializada a nivel global, con una producción de 60.65 millones de toneladas [1]. México ocupa el sexto lugar en la producción mundial de este fruto, siendo el cultivar 'Ataulfo' el más destacado, al representar el 29.4% de la producción nacional [2]. Su importancia radica no solo en el impacto económico, sino también en su elevado valor nutricional debido a su contenido de ácidos orgánicos, aromas, pigmentos, fibra, vitaminas (A, E, C), minerales (hierro, magnesio, potasio, fósforo)

[3]. Además, contiene ácido ascórbico, carotenoides y polifenoles como ácidos gálicos, protocatéico clorogénico y vinílico que le confieren capacidad antioxidante y lo hacen atractivo para todo tipo de consumidor [4]. El mango ha sido estudiado en función de su capacidad antioxidante, ya que genera actividad gastro protectora, analgésica, antibacterial, citoprotectora, antitumoral, previenen diferentes enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes, Alzheimer, colesterol y cáncer [5]. Por su parte Pacheco-Jiménez et al. [6] mencionan que se puede reducir el nivel de glucosa en la sangre, así como del colesterol y triglicéridos en el plasma.

La industria procesadora de mango genera grandes cantidades de cáscara y semilla, que en conjunto representan cerca del 80% del fruto y se catalogan como subproductos, mismos que no tienen valor comercial, lo cual ocasiona problemas de contaminación ambiental debido a la generación de residuos sólidos difíciles de manejar, la emisión de gases durante su descomposición y el riesgo de proliferación de plagas [6]. Algunos autores [7], mencionan que, en un mango, la cáscara equivale al 15–20% y la semilla al 35–60% del peso total del fruto. Además, para las empresas, desechar este subproducto representa un gasto económico adicional debido a la falta de colectores adecuados para su aprovechamiento. En este sentido, diversos estudios han evaluado el uso de la cáscara y la semilla de mango como fuentes de compuestos de interés. Por ejemplo, se ha reportado que la cáscara contiene ácido oleanólico y que, tras su fermentación, puede actuar como prebiótico al favorecer el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Bifidobacterium* a las 24 h de incubación [8]. Autores como Sáyago-Ayerdi et al. [9], utilizaron el extracto de semilla de mango y probaron una disminución del crecimiento microbiano en el mango fresco cortado. También se han propuesto como una alternativa a los antioxidantes sintéticos ya que estos subproductos presentan compuestos carotenoides con propiedades antioxidantes [10]. Por su parte Wall-Medrano et al. [11], mencionan que la cáscara es una importante fuente de compuestos fenólicos, que benefician la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. Por otra parte, la deshidratación constituye un proceso fundamental en diversas industrias, ya que permite preservar las propiedades químicas y sensoriales de los productos [12].

Por lo tanto, la caracterización de los compuestos presentes en el mango y sus subproductos busca valorizar estos desechos

agroindustriales para su aprovechamiento en distintas aplicaciones industriales, cosméticas, farmacéuticas y alimentarias, gracias a sus beneficios para la salud [13].

No obstante, aún son escasos los estudios que analizan los compuestos bioactivos y minerales de pulpa, cáscara y semilla de mango tras procesos de deshidratación. En este contexto, la presente investigación se centró en analizar los compuestos bioactivos, su potencial antioxidante y contenido mineral en mango fresco, deshidratado y en sus subproductos.

Materiales y Métodos

Material vegetal

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de FACIATEC, UACH, en el laboratorio de fisiología Poscosecha, para ello se adquirieron en un mercado local de Chihuahua, México, frutos de mango cv Ataulfo en estado de madurez fisiológica, libres de daños y deformaciones. Los frutos fueron lavados con hipoclorito de sodio utilizando 25 ppm durante 3 min, fueron expuestas al ambiente para su secado. Las muestras se almacenaron en refrigeración a 4 °C, permaneciendo en estas condiciones hasta la realización de los análisis correspondientes

Preparación de las muestras

El fruto fue seccionado con un cuchillo de acero inoxidable cuidadosamente para separar sus tres componentes principales: la cáscara, la pulpa y la semilla. Tanto la pulpa como la cáscara y la semilla se sometieron a un proceso de deshidratación en un horno de secado TE-H45DM, Terlab, México) a 60 °C durante 24 h. La pulpa fue previamente cortada en rodajas para facilitar el secado. Una vez deshidratadas, todas las muestras se molieron en un molino IKA Universal Mill M 20, Alemania.

Hasta obtener un polvo de granulometría fina, el cual se almacenó en bolsas de polietileno a

4 °C hasta su análisis. El procedimiento se realizó con tres réplicas biológicas independientes.

Parámetros fisicoquímicos

Peso. El peso del fruto se registró en gramos utilizando una balanza analítica digital (± 0.01 g, OHAUS, modelo PA214, Parsippany, NJ, USA). Las mediciones se realizaron por triplicado [14].

Color. El color de la pulpa se determinó mediante un colorímetro portátil *Chroma Meter CR-400/410* (Konica Minolta, Osaka, Japón), calibrado previamente con una placa estándar blanca. Se registraron los parámetros de luminosidad (L^*), componente rojo-verde (a^*) y componente amarillo-azul (b^*), expresando los resultados como promedio de tres lecturas por muestra AOAC [15].

pH. Se midió con un potenciómetro digital (*pH meter*, modelo HI2211, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA), calibrado con soluciones buffer pH 4.0, 7.0 y 10.0 antes de cada serie de mediciones AOAC [15].

Acidez titulable. La determinación se realizó de acuerdo con el método oficial de la AOAC [15], titulando con NaOH 0.1 N hasta alcanzar el punto final (pH 8.2) en presencia de fenolftaleína como indicador. Los resultados se expresaron en g de ácido cítrico equivalente por 100 g de muestra fresca.

Sólidos solubles totales (°Brix). Se cuantificaron utilizando un refractómetro digital (ATAGO, modelo PAL-1, Tokio, Japón), con rango de 0–53 °Brix. Las lecturas se realizaron a 25 °C y los resultados se expresaron como °Brix promediado AOAC [15].

Índice de madurez. Se calculó a partir de la relación entre el contenido de azúcares

(°Brix) y la acidez titulable (g ácido cítrico/100 g de muestra) AOAC [15].

Compuestos bioactivos

Preparación del extracto

Se tomó 1g de pulpa fresca, deshidratada, cáscara y semilla cada una por separado, se homogenizaron con 20 mL de metanol al 80% y se sonicaron durante una hora. Posteriormente se colocaron en la centrifuga Thermo Scientific Sorvall ST 16R EE. UU. a 4000 rpm durante 20 minutos a 10 °C, se separó el sobrenadante y se extrajo el residuo, se repitió el proceso nuevamente. Los sobrenadantes obtenidos se combinaron y la muestra resultante se almacenó a 20 °C para su posterior análisis. Este procedimiento se realizó por triplicado.

Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales (FT) se determinó utilizando la metodología previamente descrita por Singleton y Ross [16] realizada con ligeras modificaciones. Brevemente se mezclaron 0.5 mL de la muestra, 0.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, 1.5 mL de Na_2CO_3 al 2% (p,v) y 2.75 mL de H_2O desionizada. La solución se incubó en un área oscura por 60 minutos. Posteriormente, se midió la absorbancia a 725 nm en un equipo espectrofotométrico UV-Vis (Thermo Scientific G, EE. UU.). Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca (mg EAG g^{-1}).

Flavonoides Totales

El contenido de flavonoides totales (TFI) fue determinado con el método publicado por Zhishen et al. [17]. Se tomaron 250 μL de extracto y se mezclaron con 75 μL de una solución al 5% p/v de nitrito de sodio (NaNO_2); la mezcla se agitó en vortex durante 10 min. Posteriormente, se dejó reaccionar durante 5 min, tras lo cual se añadieron 150 μL de una solución al 10% p/v de cloruro de

aluminio (AlCl_3) y 500 μL de NaOH 1 M. Finalmente, la mezcla se diluyó con agua destilada hasta un volumen final de 3 mL. La absorbancia se midió a 510 nm, y los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de catequina por gramo de muestra (mg EC g^{-1}).

Capacidad antioxidante

Esta metodología se realizó con el radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) [18]. Fueron macerados 5g del fruto utilizando metanol al 80%, luego se centrifugará a 4000 g por 10 min. Se tomó 0,5 mL del extracto obtenido y se combinan con 2,5 mL de una solución del reactivo de 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl al 0,1 mM, por espacio de 1 h la solución obtenida se dejó reposar. La absorbancia fue medida por espectrofotometría a 515 nm.

Nutrientes minerales

La extracción de K^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} y Ni^{2+} se determinó utilizando HNO_3 (ácido nítrico), HClO_4 (ácido perclórico) y H_2SO_4 (ácido sulfúrico). Se utilizó 1 g de muestra (almendra interna) y se realizó una mezcla de 25 mL en una relación de 10:10:2, esta mezcla ácida se colocó a ebullición en una placa calefactora bajo campana extractora. La cuantificación fue realizada con un equipo de absorción atómica marca Analyst 100® (PerkinElmer®, EE.UU). Los valores obtenidos en macronutrientes se mencionan en g kg^{-1} y los micronutrientes en g kg^{-1} .

Análisis estadístico

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y, en caso de diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey, utilizando un nivel de significancia de $p < 0.05$. En todos los casos se utilizó el programa de análisis

estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc., Carolina del Norte USA) [19].

Resultados y Discusión

Peso del fruto

La madurez es un factor importante asociado a la calidad y evaluada mediante atributos físicos y químicos, tales como el peso, color, firmeza, tamaño, humedad, azúcar, almidón y ácidos [20]. De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable peso del fruto de mango, el rendimiento se expresó como el porcentaje de cada componente en relación con el peso total del fruto: la pulpa representó el 54.97%, la cáscara el 31.56% y la semilla el 13.47%. Siendo la pulpa la que obtuvo el mayor porcentaje de peso. Se ha reportado que el mango de acuerdo con su variedad puede generar un porcentaje de pulpa del 33 al 85 %, la cáscara de un 7 al 24 % y la semilla del 9 al 40 %, de acuerdo con lo que se pretenda procesar industrialmente [21]. Por lo que la proporción obtenida en este estudio sitúa al mango Ataúlfo en un rango medio de aprovechamiento de pulpa, lo que es ventajoso para su procesamiento como fruta fresca y en la industria de jugos. Sin embargo, el contenido relativamente alto de cáscara y semilla (44.6% en conjunto) sugiere un potencial importante para su valorización como fuente de compuestos bioactivos y minerales, en lugar de considerarse como mero subproducto. Este hallazgo es consistente con tendencias actuales de economía circular en la agroindustria [22], donde los residuos de mango se revalorizan en la obtención de antioxidantes y fibras funcionales [23].

Determinación de parámetros químicos

Los parámetros químicos obtenidos en pulpa fresca y deshidratada de mango ataúlfo, se muestran en la Tabla 1. Los cuales presentan diferencias significativas tanto en pH como en acidez titulable, siendo la pulpa deshidratada la que tiene un pH más ácido y

por consiguiente mayor acidez titulable, este comportamiento puede atribuirse a la concentración de ácidos orgánicos durante el proceso de deshidratación, mismo que varía según método y condiciones de secado; algunos trabajos reportan pH ligeramente mayor en mango seco frente a fresco [24]. Por su parte Dereje y Abera [25], reportaron que en cultivares como *Keitt* el pH de las rebanadas de mango deshidratadas se redujo en comparación con el fruto fresco (3.86), lo cual se asocia con la concentración de ácidos orgánicos tras la remoción de agua.

La acidez titulable (AT) constituye una variable clave en la determinación de las características organolépticas del fruto, ya que refleja el porcentaje de ácidos orgánicos, principales responsables de su sabor [26]. Asimismo, diversos estudios han señalado que los niveles de sólidos solubles totales (SST) en mangos de un mismo cultivar pueden variar de forma considerable según el sitio de cultivo y el ciclo productivo [27]. Por su parte Siller-Cepeda et al. [28] señalan que los mangos Tommy Atkins, Haden y Kent al momento de corte y para fines de exportación deben presentar valores mínimos de SST de 7.3° Brix. Por tanto y de acuerdo con Carrera

et al. [29], los SST se deben tomar en cuenta de acuerdo con el corte y uso final del fruto, así como a las preferencias sensoriales del gusto del cliente.

Un factor relevante en la determinación la calidad del mango es la correlación entre sólidos solubles y acidez titulable (SS/AT), el cual se emplea como índice de madurez. Ya que durante la maduración los azúcares se incrementan mientras que los ácidos disminuyen. En la tabla 1 se observa que la pulpa deshidratada no presentó variaciones significativas en comparación con la pulpa fresca, lo que sugiere que el proceso de deshidratación permitió conservar el perfil de sabor característico de la fruta fresca. Resultados similares han sido reportados en mango *cv. Tommy Atkins*, donde la relación SS/AT ha demostrado ser un parámetro confiable para evaluar el estado de madurez y la calidad del fruto bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Esta concordancia refuerza la importancia del índice SS/AT como criterio robusto para interpretar cambios de calidad, aun cuando el fruto es sometido a procesos de conservación como la deshidratación [30].

Tabla 1. Determinación de parámetros químicos en pulpa fresca y deshidratada de mango ataulfo.

	pH	SST (°Brix)	AT (%)	Relacion SST/AT
P. fresca	2.80±0.10 ^{1b*}	7.36 ± 0.06 a	0.368 ±0.01b	19.98 ± 0.50 a
P. deshidratada	3.91± 0.13a	8.06 ± 0.47a	0.395 ± 0.01a	20.43 ± 1.88 a

*Los valores con letras distintas dentro de columnas, de acuerdo con la prueba de Tukey, presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$). ¹El valor representa la media de tres repeticiones ± desviación estándar.

Color

Un parámetro importante de calidad es el color, el cual va de la mano con las propiedades químicas del mango [31]. En la Tabla 2 se observan los resultados de color evaluados en cáscara, pulpa fresca y deshidratada de mango ataulfo, con diferencias significativas $p \geq 0.05$. La pulpa fresca presentó mayores valores de

luminosidad y saturación en comparación con la pulpa deshidratada, lo que refleja la pérdida de intensidad cromática durante el secado. Esta disminución podría deberse a la degradación de carotenoides, principalmente β -caroteno, como reportaron Fratianni et al. [32]. Además, el oscurecimiento observado en mango cultivar Tommy Atkins, *cv. Kent* podría estar mediado por reacciones de

pardeamiento enzimático catalizadas por la polifenol oxidasa, como han demostrado Ismail et al. [33] quienes hallaron una fuerte correlación entre actividad enzimática y pérdida de compuestos fenólicos [34]. De acuerdo con lo señalado por Zuluaga et al. [35] quienes mencionan que utilizaron secado con aire caliente a 60 °C durante 24 h para la variedad Tommy Atkins obtuvieron una $L = 67.68$, $a^* = 19.42$ y $b^* = 65.97$ y secado a 80 °C por 120 min, reportaron una $L = 52.97$; $a^* = 8.2$ y $b^* = 42.18$, las variaciones en los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) obtenidos bajo diferentes condiciones de secado se explican principalmente por la influencia de

la temperatura y el tiempo de exposición, así como por las características propias de cada variedad de mango. En particular, los autores discuten que temperaturas más elevadas y procesos más intensos favorecen el pardeamiento y la degradación de pigmentos naturales, lo cual reduce los valores de luminosidad (L^*) y modifica los tonos rojos y amarillos (a^* y b^*). Estos hallazgos respaldan lo observado en nuestro estudio, donde las condiciones de secado también determinaron cambios en el color, sugiriendo que el control preciso de las variables de proceso es fundamental para preservar las propiedades visuales del producto.

Tabla 2. Parámetro de color evaluado en cáscara, pulpa fresca y deshidratada de mango Ataúlfo.

	L^*	a^*	b^*	Croma	Hue
Cáscara	$37.99 \pm 2.07^1 c^*$	$10.77 \pm 1.07 b$	$6.48 \pm 0.21 c$	$12.57 \pm 0.99 c$	$31.13 \pm 2.08 c$
P. fresca	$73.30 \pm 0.72 a$	$20.70 \pm 0.24 a$	$69.36 \pm 2.17 a$	$72.41 \pm 2.14 a$	$73.32 \pm 0.36 b$
P. desh.	$61.19 \pm 1.01 b$	$4.78 \pm 0.29 c$	$29.30 \pm 0.46 b$	$29.69 \pm 0.48 b$	$80.74 \pm 0.50 a$

*Los valores con letras distintas dentro de columnas, de acuerdo con la prueba de Tukey, presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$). ¹El valor representa la media de tres repeticiones \pm desviación estándar.

Compuestos bioactivos

Fenoles totales, Flavonoides totales y capacidad antioxidante

Se han realizado diversas investigaciones en mango, debido a la variedad de polifenoles y su potencial antioxidante [36]. El contenido de compuestos fenólicos en el mango y subproductos se observan en la Figura 1, la semilla presentó el mayor contenido de polifenoles con $90.06 \text{ mg EAG/g}^{-1}$, en comparación con la pulpa y la cáscara. Este hallazgo refuerza la idea de que la semilla es una fracción poco aprovechada, pero con gran potencial como fuente de antioxidantes naturales. Dichos datos coinciden con lo reportado en otros cultivares de mango como Sumaya-Martínez et al. [37] quienes realizaron un trabajo en mango ataulfo y obtuvieron valores de 37 mg EAG/g^{-1} de fenoles en pulpa a diferencia del contenido obtenido en este trabajo con 20.41 mg/g^{-1} un

poco más bajo. Calva et al. [38] en mango criollo obtuvieron $52.64 \text{ g EAG/100 g}^{-1}$ de fenoles en semillas y $104.31 \text{ g EAG/100 g}^{-1}$ en cáscara. De la misma manera Ribeiro et al. [39] en mango 'Ubá' la cáscara presentó un contenido fenólico total de 57.24 mg/kg^{-1} y 82.54 mg/kg^{-1} en la semilla. Estas diferencias reflejan la influencia del cultivar, las condiciones de crecimiento y el procesamiento, aunque en todos los casos se confirma la misma tendencia: la semilla y la cáscara concentran mayor contenido fenólico que la pulpa. lo que refuerza la idea de que estos tejidos representan una fuente destacada de contenido de fenoles. Minatel et al. [40] menciona la importancia de los fenoles al ceder un átomo de hidrógeno o electrón al radical libre, el cual al ser estabilizado no genera daño oxidativo a las células y con ello evitar las enfermedades crónico-degenerativas.

En cuanto al contenido de flavonoides obtenidos en mango y sus subproductos se observaron diferencias significativas $p \geq 0.05$. con valores más altos en la semilla y menores en la pulpa fresca. La elevada concentración en la semilla puede atribuirse a su función de reserva metabólica y a la acumulación de compuestos fenólicos con actividad defensiva [41]. En contraste, la menor concentración en la pulpa fresca podría relacionarse con procesos de dilución durante la maduración y con su papel fisiológico orientado a la atracción de dispersores, donde predominan azúcares y pigmentos [42].

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Corrales-Bernal et al. [43] quienes encontró en la pulpa fresca un contenido de flavonoides de 56.2 mg/g^{-1} catequina/100 g en pulpa de mango fresco maduro. Por su parte Kuskoski et al. y Min et al. [44] [30], en la determinación de flavonoides en mango ataulfo, obtuvieron valores de 19.3 mg/g^{-1} E. quercetina/g en pulpa más baja a la obtenida en este estudio con 75.44 mg/g^{-1} . Maldonado-Celis et al. [3] comentan que 100 g de fruta contienen antocianidinas como la cianidina con 0.10 mg; la delphinidina con 0.02 mg/g^{-1} ; y la pelargonidina con 0.02 mg/g^{-1} , los flavonoles como la miricetina con 0.06 mg/g^{-1} y el kaempferol con 0.05 mg/g^{-1} . Así mismo, estos autores mencionan que la cáscara contiene una mayor cantidad de mangiferina.

La actividad antioxidante determinada en mango por el método de DPPH•, arrojó

resultados estadísticamente significados, en los cuales se puede observar en la Figura 1. Se muestra la comparación entre las cuatro variables a analizar dando como resultado que la semilla presenta la mayor capacidad de atrapar el radical libre DPPH•, casi con un 50% más que la pulpa. La fuerte correlación entre el contenido fenólico y la actividad antioxidante observada mediante el ensayo DPPH• confirma el papel clave de estos metabolitos en la capacidad de neutralización de radicales libres. Desde un punto de vista nutracéutico, este resultado sugiere que los extractos de semilla podrían emplearse como ingredientes funcionales en la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. Por su parte, Sumaya-Martínez et al. [37] determinaron la actividad antioxidante de mango ataulfo y obtuvieron $244 \text{ } \mu\text{mol ET/g}^{-1}$ en pulpa, mientras que en este trabajo se obtuvo 12.51 mg/g^{-1} . Un trabajo en pulpas congeladas de 11 frutas consumidas en el sur de Brasil, entre ellas el mango, encontraron que este fue la segunda fruta que presentó la mayor concentración de actividad antioxidante equivalente a trolox con $13,7 \text{ } \mu\text{mol ET/100 g}^{-1}$ de la muestra [44]. Se ha mencionado que los residuos de mango presentan mayor actividad antioxidante a diferencia de otros frutos. Sin embargo, la capacidad antioxidante depende del microambiente en el que se encuentra el compuesto, lo que le permite una interacción mutua, originando sinergia o inhibición [12].

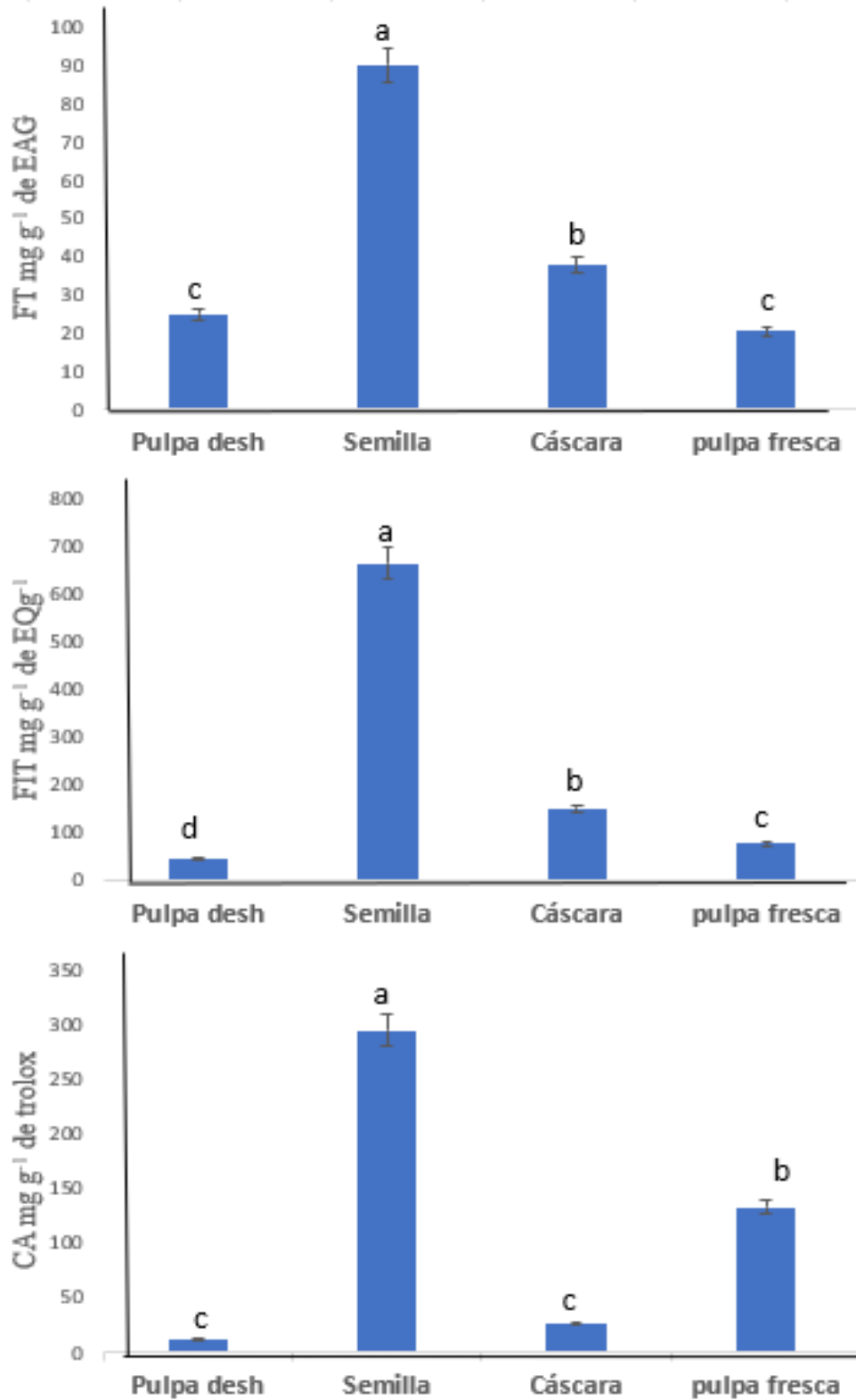


Figura 1. Contenido de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en pulpa deshidratada, semilla, cáscara y pulpa fresca de mango cv ataulfo. FT: fenoles totales; FIT: Flavonoides totales; CA: capacidad antioxidante. Las barras representan el error estándar (n=3).

Composición mineral

La evaluación de macro y microelementos, realizada en la cáscara, pulpa fresca, deshidratada y semilla, se observa en la Tabla 3. Donde se presentaron diferencias significativas $p \geq 0.05$, siendo la semilla la que obtuvo los valores más altos en los elementos de K, Ca, Mg, P. Por su parte, la cáscara obtuvo los valores más altos en Mg, Na, Zn y Mn. En cambio, la pulpa tuvo el valor más alto en Fe y Cu. Como se mencionó anteriormente la cáscara y semilla aportan un 58% del total del fruto, por lo que estos subproductos pueden ser considerados como fuentes de macro y microelementos. Estos perfiles son consistentes con lo reportado por Velderrain et al. [45], quienes señalaron en residuos de mango contenidos de calcio de 60.63 mg/100 g en la cáscara y 111.30 mg/100 g en la semilla. Asimismo, informaron valores de magnesio de 94.80 mg/100 g en la semilla, hierro de 12.78 mg/100 g en la cáscara y 11.90 mg/100 g en la semilla, y finalmente zinc de 0.66 mg/100 g en la cáscara y 1.10 mg/100 g en la semilla. Destacando que la semilla puede considerarse una fuente relevante de calcio y magnesio, mientras que la cáscara aporta cantidades importantes de hierro y zinc. En nuestro estudio se observó la misma tendencia, lo que refuerza la idea de que estos subproductos representan una fracción valiosa desde el punto de vista nutricional. Por lo que los subproductos del mango representan una fuente alternativa de minerales esenciales para la dieta humana. Además, la variabilidad entre fracciones confirma que cada tejido vegetal cumple funciones fisiológicas diferenciadas en el fruto, con concentraciones específicas de compuestos y minerales [46]. La valorización de estas fracciones podría contribuir tanto a la reducción de residuos en la industria del mango como a la generación de suplementos minerales o ingredientes fortificantes en alimentos procesados [47].

Por otra parte, la disminución observada en algunos elementos puede atribuirse a procesos de lixiviación durante el escaldado o lavado previo, en donde ciertos minerales solubles pueden perderse en el agua de proceso [48]. Además, la forma química de ciertos minerales puede modificarse durante el calentamiento, afectando su recuperación analítica [49]. Es relevante aclarar que, para los análisis de minerales en semilla, se utilizó únicamente la almendra interna, separada manualmente de la testa y el endocarpio, dado que esta es la fracción con potencial de aprovechamiento alimentario e industrial, como se ha reportado en estudios de caracterización de subproductos de frutos tropicales [50]. Además, Maldonado-Celis et al. [3], mencionan que la fruta de mango provee a la salud humana un importante contenido de elementos esenciales como Mg, Fe, Ca, K, Na, Zn, F, Se y Mn.

No obstante, la concentración de elementos minerales puede variar entre frutos y cultivares, por lo que conocer su composición nutricional resulta esencial para promover una inclusión dietética adecuada. En este sentido, los subproductos del mango, como la cáscara y la semilla, no solo representan una fuente importante de minerales como Ca, Mg, Fe y Zn, sino que también ofrecen un valor añadido al poder aprovecharse en la formulación de alimentos funcionales, suplementos nutricionales y en aplicaciones industriales. Por ejemplo, Mandha et al. [51], encontraron que la incorporación de subproductos de mango mejoró significativamente el contenido mineral y los compuestos bioactivos en productos alimentarios fortificados. De esta manera, su utilización contribuye tanto al mejoramiento de la salud como a la reducción de problemas ambientales y económicos asociados con su desecho.

Tabla 3. Análisis de nutrientes minerales en cáscara, pulpa fresca, deshidratada y semilla de mango cv. Ataulfo.

Análisis	Pulpa desh.	Cáscara	Semilla	Pulpa fresca
	g kg⁻¹			
P	1.2 0.235± d	2.3 ±0.034 b	7.8 ± 0.173a	1.6 0.035± c
K⁺	20.8 ±0.63 d	25.8 ± 0.306 b	27.4 0.287± a	21.6 ±0.360 c
Ca²⁺	2.6 ± 0.153 c	12.2 ±0.886 b	20.3 ±0.43 a	8.8 ± 0.216 d
Mg²⁺	40 ± 0.261 b	46.00 ± 0.036 b	48.00 ± 0.002 a	40 ± 0.046 b
	mg/kg⁻¹			
Fe²⁺	0.86 ± 0.554 a	0.76 ± 0.226 b	0.46 ± 0.109c	0.88 ± 0.554 a
Cu²⁺	0.11 ± 1.114 d	0.14 ± 0.106 c	0.15 ±0.0215 b	0.33 ± 1.114 a
Mn²⁺	0.16 ± 0.016 c	0.65 ± 0.228 a	0.36 ± 0.046 b	0.20 ± 0.005 c
Zn²⁺	0.14 ± 0.167 d	0.34 ± 0.104 a	0.17 ± 0.167 b	0.15 ± 0.216 c
Na⁺	1.68 ± 0.341c	3.02 ± 0.034 a	1.09 ± 0.341c	1.09 ± 0.632 b

*Los valores con letras distintas dentro de columnas, de acuerdo con la prueba de Tukey presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$). ¹El valor representa la media de tres repeticiones ± desviación estándar.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron que el fruto presentó un rendimiento del 54.97% de la pulpa, la cáscara el 31.56% y la semilla un 13.47%. La fruta fresca y pulpa deshidratada presentaron los valores más altos en sólidos solubles y en la relación SS/AT. En cuanto al contenido mineral, la pulpa fresca presentó las mayores concentraciones de Fe y Cu, mientras que la semilla destacó por su elevado contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante, así como de K, Ca, Mg y P, seguida de la cáscara. La valorización de estas fracciones representa una estrategia dual: por un lado, contribuye a reducir los residuos generados por la industria del mango, y por otro, abre la posibilidad de desarrollar suplementos minerales e ingredientes fortificantes para alimentos procesados. Este enfoque se alinea con las tendencias actuales de economía circular en la agroindustria, donde los subproductos de mango han sido revalorizados en la obtención de antioxidantes y fibras funcionales. Los resultados aquí obtenidos, por tanto, aportan información relevante con potencial para generar valor agregado en productos

alimentarios y fortalecer la sostenibilidad del sector.

Referencias

1. FAOSTAT. (2022). Datos sobre alimentación y agricultura. Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
2. SIAP. (2021). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), CDM, México. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
3. Maldonado-Celis, M.E., Yahia, E.M., Bedoya, R., Landázum P., Loango, N., Auilón, J., Restrep, B., & Guerrero J.C. (2019). Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and phytochemical compounds. *Frontiers in plant science* 10, 1073. <http://doi.org/10.3389/fpls.2019.01073>
4. Manthey, J. A., & Perkins-Veazie, P. (2009). Influences of harvest date and location on the levels of beta-carotene, ascorbic acid, total phenols, in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of

- five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal Agriculture Food Chemistry*, 57, 10825-30. <http://doi.org/10.1021/jf902606h>
5. Ferreira, F. R., Valentim, I. B., Ramonesa, E. L. C., Trevisan, M. T-S., Olea-Azar, B., Pérez-Cruz, F., Abreu, F. C., & Goulart, M.O. F. (2013). Antioxidant activity of the mangiferin inclusion complex with b-cyclodextrin. *Food Science and Technology*, 1-2 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.032>
6. Pacheco-Jiménez, A. A., Heredia, J. B., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Quintana-Obregón, E. A., & Muy-Rangel, M. D. (2022). Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de pectina en México. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, e419. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.419>
7. Rubiano-Charry, K. D., Ciro-Velásquez, H. J., & Aristizabal-Torres, I. D. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango, como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles. *Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), e1078. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1078>
8. Sáyago-Ayerdi, S. G., Zamora-Gasga, V. M. & Venema, K. (2019). Prebiotic effect of predigested mango peel on gut microbiota assessed in a dynamic in vitro model of the human colon (TIM-2). *Food Research International*, 118, 89-95. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.024>
9. Vega-Vega, V., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Bernal-Mercado, A. T., González-Aguilar, G. A., Vargas-Arispuro, I., Corrales-Maldonado, C. G., & Ayala-Zavala, J. F. (2013). Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut mango applying bioactive extracts from their seeds by-products. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 197-203. <http://doi.org/10.4236/fns.2013.48A024>
10. Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J., Siddiqui, M. W., Dávila-Aviña, J., & González-Aguilar, G. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
11. Wall-Medrano, Abraham, Olivas-Aguirre, Francisco J., Velderrain-Rodríguez, Gustavo R., González-Aguilar, A., Rosa, Laura A. de la, López-Díaz, José A., & Álvarez-Parrilla, Emilio. (2015). El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 67-75. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7701>
12. Zavala, L, Castro de la Cruz, Y., Calva A. F., Morales C. A., Sánchez M. M., & Chávez R. Y. (2020). Optimización de deshidratación de la semilla de mango con microondas y conservación de los compuestos fenólicos. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 7(1), 10-29. ISSN: 2007-9559.
13. Febres B. N., Mora-Medina M., & Figueroa J.G. (2022). Optimización de la deshidratación y extracción de compuestos fenólicos de piel de mango. *Quim. Nova*. 45(5), 621-629. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170842>
14. Aguirre-Santos, E. A., & Gómez-Aldapa, C. A. (2010). Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de

frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades; Pinto Saltillo, Bayo Victoria y Negro San Luis. XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. 1101-1108.

15. Association of Official Analytical Chemist (AOAC) (2000). Official Methods of Analysis (17th). Ed. AOAC International. Guithersbur, MD, EE, UU

16. Singleton, F. B., & Ross, C. W. (1994). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal Enology Viticulture* 16, 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>

17. Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

18. Meir, S., Kanner, J., Akiri, B., & Philosoph-Hadas, S. (1995). Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 43, 1813-1819. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00055a012>

19. SAS (2002). SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 1503 pp.

20. Villamizar-Vargas, R., Quiceno-Gómez, C., & Giraldo-Giraldo, G. (2019). Cambios fisicoquímicos durante la maduración del mango Tommy Atkin en la Poscosecha. *Revista U.D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1), e1159. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1159>

21. Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., & Carle, R. (2005). Utilization of mango

peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 442-452. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.06.004>

22. Albaayit, S. F. A., Amartani, K., Ali, A. M., Hasddin, S. S., Shah, S. S., & Aslam, H. K. W. (2024). Mango waste (peel and kernel) enhances food dietary fiber and antioxidant properties. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 12(4), 1043–1049. <https://doi.org/10.22194/JGIAS/24.1567>

23. Ligarda-Samanez CA, Huamán-Carrión M.L., Calsina-Ponce W. C., Cruz G, Calderón Huamaní D. F., Cabel-Moscoso D. J., Garcia-Espinoza A.J., Sucari-León R, Aroquipa-Durán Y, Muñoz-Saenz J. C., Muñoz-Melgarejo M, Jilaja-Carita E. E. Technological Innovations and Circular Economy in the Valorization of Agri-Food By-Products: Advances, Challenges and Perspectives. *Foods*. 2025 May 30;14(11):1950. doi: 10.3390/foods14111950. PMID

24. Ampah, J., Acquah, C., Aidoo, R., Antwi, E., & Djagbletey, G. (2022). Drying kinetics and chemical properties of mango (*Mangifera indica* L.) slices under different drying conditions. *International Journal of Food Science*, 2022, Article 6243228. <https://doi.org/10.1155/2022/6243228>

25. Dereje, B., & Abera, A. (2020). Effect of pretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Cogent Food & Agriculture*, 6, 1747961.

<https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1747961>

26. De Souza, B. S., Durigan., J. F. Donadon, J. R. & De Souza, P. S. (2006). Mangas mínimamente procesadas asmadurecidas naturalmente ou com etileno e armazenadas

- em diferentes embalagens. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(2), 271-275. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200026>
27. Medina, J. C. (1981). Variedades. In: Medina, J. C., Bleinroth, E. W., Martin, Z. J., Quast, D. G., Hashizume, T., Figueiredo, N. M. S., Moretti, V. A., Canto, W. L., Bicudo Neto, L. C. *Manga: da Cultura ao Processamento e Comercialização*. Capítulo 8 (Parte 1). Instituto de Tecnología de Alimentos. Campinas - SP. 1981. p. 60-98. (Série Frutas Tropicais no 8).
28. Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizarde, E., & Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), 45-52.
29. Carrera, A., Mark, D. & Gil, R. (2008). Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas. *Agronomía Tropical*, 58(1), 27-30.
30. Morais, Patrícia & Assis, J. S. (2004). Quality and conservation of mango cv. 'Tommy Atkins' as affected by maturity stage and storage temperature. *Acta Horticulturae*. 645. 639-643. [10.17660/ActaHortic.2004.645.84](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.645.84).
31. Mim, F., Galib, S., Hasan, M. & Jerin, S. (2018). Automatic detection of mango ripening stages an application of information technology to botany. *Scientia Horticulturae*, 237, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.057>
32. Fratianni, A., Giuseppina, A., Di. M., Panfili, N., Gentile, C., Farina, L., Cinquanta, Corona, O. (2020). Evolution of carotenoid compounds, antioxidant activity and sensory quality in two mango cultivars dried at 50, 60 and 70 °C. *Foods*, 9(10), 1424. doi: 10.3390/foods9101424. PMID: 33050135
33. Ismail, H. A., Richard, I., Ramaiya, S. D., Zakaria, M. H., & Lee, S. Y. (2023). Browning in Relation to Enzymatic Activities and Phytochemical Contents in *A. odoratissimus*. *Plants*, 9(1), 57. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010057>
34. Lee, J.H., Schwartz, S.J. (2006). Pigments in plant foods. En: Hui, Y.J. (ed.). *Handbook of Science, Technology and Engineering*. Boca Raton. F.L: Taylor & Francis. 14(1), 14.13.
35. Zuluaga, J. D., Cortes-Rodríguez, M., & Rodríguez-Sandoval, E. (2010). Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 25(4), 127-135.
36. Tirado-Kulieva, V., Atoche-Dioses, Sh., & Hernández-Martínez, E. (2021). Phenolic compounds of mango (*Mangifera indica*) by-products: Antioxidant and antimicrobial potential, use in disease prevention and food industry, methods of extraction and microencapsulation. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 283-293. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.031>
37. Sumaya-Martínez, M., Sánchez Herrera, L., Torres García, G., & García Paredes, D. (2012). Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 30, 826-833.
38. Calva, F., Zavala, L., Muñoz, R., Vélez, M., Morales, F., & Chávez, Y. (2020). Comparación de fenoles y capacidad antioxidante de cáscara, semilla de mango

criollo deshidratado con microondas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 7, 10-18.

39. Ribeiro, A. M., Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2020). Microencapsulation of polyphenols – The specific case of the microencapsulation of *Sambucus Nigra* L. extracts - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 454-467. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.011>

40. Minatel, I. O, Borges, C. V., Gomez, H. A. G., Chen, C. Y. O., & Lima, G.P. P. (2017). Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability. In: Soto-Hernández, M.; Palma-Tenango, M. & García-Mateos, R. (Ed.). *Phenolic Compounds: Biological Activity*. Intech Open. Londres. Pp. 1-24

41. Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., & Carle, R. (2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 442–452. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.06.004>.

42. Spencer, J. P. (2010). The impact of fruit flavonoids on memory and cognition. *British Journal of Nutrition*, 104(S3), S40–S47 doi: 10.1017/S0007114510003934. PMID: 20955649

43. Corrales-Bernal, A., Maldonado, M., Urango, L., Franco, M., & Rojano, B. (2014). Mango de Azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(3), 312-318. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000300013>

44. Kuskoski, E. M. Asuero, A. G., Troncoso, A. M., García-Padilla, M. C., & Fell, R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antiocianicos. *Revista Brasileira de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(4) 691-693.

<https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400036>

45. Velderrain, R.G.R., Pacheco O. R., & González A.G.A., (2018). Cáscara de mango in Alimentos vegetales autóctonos iberoamericanos subutilizados, Editorial CYTED, Primera Edición, ISBN: 978-1-938038-10-5, 120 p.

46. López-Cobo, A., Verardo, V., Díaz-de-Cerio, E., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Gómez-Caravaca, A. M. (2017). Use of HPLC–MS/MS to determine phenolic compounds and their metabolites in different tissues of mango fruit. *Food Research International*, 100, 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.038>

47. Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J. C., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R. E., & Aguilar, C. N. (2016). Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.009>

48. Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

49. Rickman, J. C., Barrett, D. M., & Bruhn, C. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 930–944. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2825>

50. Sogi, D. S., Siddiq, M., Greiby, I., & Dolan, K. D. (2013). Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food Chemistry*,

141(3), 2649–2655.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.053>

51. Mandha, J., Shumoy, H., Matemu, A. O., & Raes, K. (2021). Valorization of Mango

By-Products to Enhance the Nutritional Content of Maize Complementary Porridges. *Foods*, 10(7), 1635.
<https://doi.org/10.3390/foods10071635>