

Evaluación del mangostán como ingrediente para desarrollar un polvo base para preparar bebidas con potencial antioxidante

Mangosteen evaluation as an ingredient for developing a beverage base powder with antioxidant potential

Y. Jaguey-Hernández ^{a,b}, P. N. López-Raesfeld ^c, E. P. Castañeda-Ovando ^d, L. G. González Olivares ^c
E. Contreras-López ^c, A. Castañeda-Ovando ^{c,*}

^a Ingeniería Agroindustrial. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Nutrición. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.

^c Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

^d Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

El mangostán (*Garcinia mangostana*) es un fruto que se considera exótico en México, sin embargo, empieza a tener relevancia por las propiedades que aporta. Debido a la importancia que está cobrando este fruto, en el presente trabajo se realizó el análisis proximal de su pulpa y de su cáscara, así como la medida de la capacidad antioxidante (FRAP y DPPH), el contenido de antocianinas, fenoles totales y de fibra dietética. De acuerdo con los resultados, la cáscara presenta las mejores propiedades (capacidad antioxidante, fenoles totales y fibra dietética) ideales para el desarrollo de un polvo base para preparar bebidas. Por lo que, se realizaron diferentes formulaciones, utilizando el pericarpio liofilizado (4%), goma xantana (0.05%) y diferentes edulcorantes (en proporciones de dulzor similares), cuya mezcla se reconstituyó con agua y se realizaron pruebas rápidas de color, sabor y apariencia. Las formulaciones adicionadas con sucralosa (edulcorante no calórico) y saborizantes de fresa y frambuesa, fueron las que cumplieron con las características organolépticas más adecuadas.

Palabras Clave: Mangostán, Polvo base, Bebida, Capacidad antioxidante, Fibra dietética.

Abstract

Mangosteen (*Garcinia mangostana*) is an exotic fruit in Mexico that is gaining popularity due to its beneficial properties. In this study, the pulp and peel of the fruit were analyzed for their nutritional content, antioxidant capacity, anthocyanin, total phenols, and dietary fiber levels. The results showed that the peel had the best properties, making it ideal for creating a beverage base powder. Different formulations were tested using freeze-dried peel (4%), xanthan gum (0.05%), and various sweeteners (at similar sweetness proportion), and then reconstituted with water. Quick tests were conducted on the color, flavor, and appearance of the mixtures. Formulations that included sucralose (a non-caloric sweetener) with strawberry or raspberry flavorings had the best organoleptic characteristics.

Keywords: Mangosteen, Base powder, Beverage, Antioxidant capacity, Dietary fiber.

1. Introducción

Las bebidas funcionales han cobrado mayor relevancia entre los consumidores a nivel mundial, se han empleado diversas fuentes de compuestos bioactivos con beneficios a la salud humana, entre los más importantes se encuentran las frutas, especialmente las tropicales como el mangostán (*Garcinia mangostana*).

El mangostán es una fruta no climática (es decir, una vez cosechada no madura más) originaria del sudeste asiático, también conocida como mangostín, mangostán púrpura o jobo de la India, es considerada “la reina de las frutas” por su llamativo color azul púrpura en el pericarpio (Figura 1A) y el delicioso sabor de sus arilos (parte blanquecina) (Ketsa & Paull, 2011) que se describe como cítrico y con textura de

*Autor para la correspondencia: ovandoa@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: yari_jaguey@uaeh.edu.mx (Yari Jaguey-Hernández), paula.raesfeld@gmail.com (Paula Nicole López-Raesfeld), profe_288@uaeh.edu.mx (Evodio Pedro Castañeda-Ovando), lgonzales@uaeh.edu.mx (Luis Guillermo González Olivares), elizac@uaeh.edu.mx (Elizabeth Contreras-López), ovandoa@uaeh.edu.mx (Araceli Castañeda-Ovando).

Historial del manuscrito: recibido el 14/11/2023, última versión-revisada recibida el 13/12/2023, aceptado el 16/01/2024 en línea (postprint) desde el 19/01/2024, publicado el DD/MM/AAAA. **DOI:** <https://doi.org/10.29057/icbi.v12i23.12058>



durazno, lo que la ha posicionado como una fruta exótica de las más cotizadas y apreciadas.

En México, su producción se ubica principalmente en Chiapas, Veracruz y Jalisco (Díaz-Fuentes et al., 2019; Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017) con una superficie de 840 ha, reportando rendimientos de 2.2 toneladas/ha en plantaciones de más de 10 años de edad, este rendimiento es similar a lo obtenido en países asiáticos productores de mangostán, de modo que, México se posiciona dentro de los mercados competitivos de mangostán a nivel internacional (INIFAP, 2023), con un periodo de cosecha que se extiende de mayo a septiembre (Díaz-Fuentes et al., 2019).

Se han descrito importantes fitoquímicos en diferentes partes del mangostán, tales como xantonas, compuestos fenólicos, antocianinas y procianidinas, siendo los principales las xantonas isopreniladas, que poseen actividad antioxidante, efectos proapoptóticos, antiproliferativos, antinociceptivos, antiinflamatorios, neuroprotectores, hipoglucemiantes, antiobesidad (Ovalle-Magallanes et al., 2017), potencial anticancerígeno (Nauman & Johnson, 2022; Mongkontanawa et al., 2022), antivirales, antimicrobianos y antiparasitarios (Aizat et al., 2019). En el pericarpio del mangostán se han identificado más de 50 xantonas, siendo la mangostina (Figura 1B) de las más estudiadas (Aizat et al., 2019).

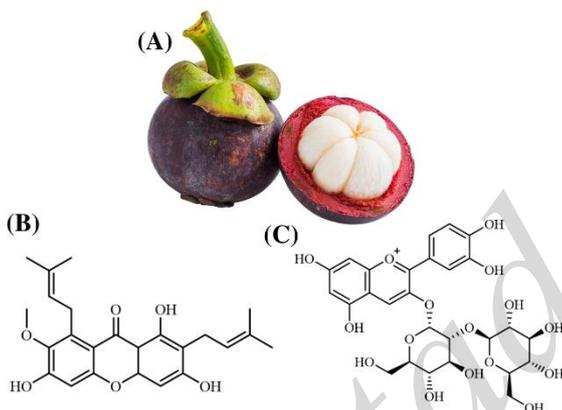


Figura 1: Fruto del mangostán y estructuras químicas de sus compuestos principales. (A) Mangostán, (B) Mangostina y (C) cianidina-3-soforósido.

Adicionalmente, en Estados Unidos de Norteamérica los suplementos alimenticios a base de mangostán son de los más vendidos (Do & Cho, 2020). De hecho, esta fruta puede ser considerada como un ingrediente funcional con capacidad para ser empleada en la formulación de otros productos, como bebidas.

Por otro lado, el desarrollo de alimentos funcionales debe cumplir con determinadas características, de modo que, sean llamativos a la vista y que sean agradables al gusto cumpliendo con características organolépticas deseables y aceptables. En este sentido, la formulación de alimentos funcionales con contenido en antioxidantes requiere que éstos tengan alta estabilidad y baja volatilidad, de tal forma que, ayuden a mantener el nivel de nutrientes, la textura, el color, el sabor, la frescura, la funcionalidad, el aroma y el atractivo para los consumidores (Wilson et al., 2017). Además, el procesamiento al que se recurra para obtener el alimento funcional con antioxidantes debe asegurar que estos compuestos bioactivos

sean altamente biodisponibles, o bien, que los cambios en esta propiedad sean mínimos (Verghese et al., 2021).

En el caso específico de las bebidas, es un desafío la sustitución de la sacarosa con otros edulcorantes, sin afectar la aceptación por parte de los consumidores (Nazir et al., 2019). Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue formular un polvo base para preparar bebidas a partir de mangostán empleando diferentes edulcorantes.

2. Metodología

2.1. Reactivos y soluciones

Todos los reactivos fueron grado analítico. El trolox, DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y el reactivo de Folin-Ciocalteu se adquirieron de Sigma-Aldrich (UK). Mientras que el TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) y el ácido gálico se compraron con Merck (Germany), y el cloruro férrico hexahidratado con Meyer (México). El cloruro ferroso tetrahidratado fue de la marca J. T. Baker.

La solución FRAP se preparó mezclando 10 mL de buffer de acetatos (300 mM, pH 3.6) con 1 mL de solución acuosa de cloruro férrico hexahidratado 20 mM, y 1 mL de una solución de TPTZ 10 mM disuelto en HCl 40 mM.

2.2. Muestra

Para la muestra de estudio se adquirieron 2 kg de mangostán en el Mercado de San Juan, CDMX. Se almacenó en bolsas de polietileno y se ultracongeló a -70°C hasta su uso. Se separó el pericarpio y la pulpa de forma manual y posteriormente se separó la pulpa de las semillas.

La pulpa y el pericarpio se secaron por separado mediante liofilización en un equipo Freezone 4.5 (Labconco, USA) a -43°C y 286×10^{-3} mbar durante 48 h. Una vez seco se pulverizó en un mortero hasta obtener un polvo fino.

2.3. Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal del mangostán (pulpa y pericarpio, por separado) mediante las metodologías oficiales de AOAC (2005), las cuales incluyen: humedad (AOAC 925.09B), grasa cruda (AOAC 920.39), cenizas (AOAC 942.05), fibra cruda (AOAC 923.03) y proteína cruda (AOAC 954.01). El contenido de Extracto libre de Nitrógeno (ELN) equivalente a carbohidratos se estimó por diferencia de los demás componentes. También, se determinó el contenido de fibra dietética mediante el método enzimático-gravimétrico.

2.4. Contenido de azúcares reductores, antocianinas monoméricas y fenoles totales

2.4.1. Preparación de extracto

Para preparar el extracto, se pesaron por separado 10 g de pulpa y pericarpio, a cada una de ellas se agregó agua destilada y se aforaron a 500 mL, cada extracto se etiquetó como E-Pu y E-Pe (extracto de pulpa y extracto de pericarpio). La mezcla se filtró y se tomaron alícuotas de 1 mL para aforarlas a 10 mL. Esta dilución se etiquetó como DA-Pu y DA-Pe (dilución acuosa de pulpa y de pericarpio, respectivamente).

2.4.2. Contenido de azúcares reductores

Se evaluó el contenido de azúcares reductores de la pulpa, mediante el procedimiento del ácido dinitrosalicílico (DNS). Para ello, se mezclaron 200 µL de DA-Pu con 3 mL del reactivo DNS, se agitaron en vórtex por 30 s y se llevaron a baño María a 100°C durante 5 min, pasado el tiempo se aforaron a 10 mL con agua destilada y se dejaron en reposo 15 min, transcurrido el tiempo se midieron las absorbancias a 540 nm. La curva de calibración se realizó tomando la glucosa como estándar a diferentes concentraciones (10-100 mg/L).

2.4.3. Contenido de antocianinas monoméricas totales

Se evaluó el contenido de antocianinas monoméricas totales usando el método de pH diferencial (Nawawi et al., 2023) con algunas modificaciones. Para ello, las muestras son preparadas a dos valores de pH diferentes (1 y 4.5), por lo que, se prepararon soluciones de HCl 0.1 M (pH 1) y de buffer de acetatos 1 M (pH 4.5).

Se tomaron alícuotas separadas de 1 mL de E-Pu y E-Pe y se transfirieron a matraces aforados de 10 mL, completando el volumen con etanol. De cada una de estas disoluciones se tomaron dos alícuotas de 2 mL y se transfirieron a matraces aforados de 10 mL, llevando una solución al volumen final con HCl 0.1 M, y la otra con buffer de acetatos 1 M.

A las diluciones con diferentes valores de pH se les midieron las absorbancias a 515 y 700 nm. Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada extracto (E-Pu y E-Pe).

Los resultados se expresaron tomando la cianidina-3-soforósido (Cy-3-soph, Figura 1C) como la antocianina mayoritaria en el mangostán, utilizando las ecuaciones 1 y 2 y convirtiéndolos en mg/100 g de muestra

$$AM (mgL^{-1}) = \frac{A \times MW \times FD \times 10^3}{\epsilon \times l} \quad (1)$$

$$A = (A_{515nm} - A_{700nm})_{pH1} - (A_{515nm} - A_{700nm})_{pH4.5} \quad (2)$$

donde: AM, antocianinas monoméricas; MW, peso molecular de la antocianina mayoritaria; FD, Factor de dilución; ϵ , coeficiente de absortividad molar de la antocianina más común.

2.4.4. Contenido de fenoles totales

Se midió el contenido de fenoles totales empleando el método propuesto por Singleton y colaboradores (1965) con algunas modificaciones. En un tubo de ensaye se mezclaron 50 µL de DA-Pu, 800 µL de agua y 100 µL de reactivo Folin Ciocalteu. La mezcla se agitó y luego se dejó en reposo por 8 min. Posteriormente, se adicionaron 50 µL de Na₂CO₃ al 20%. Después de 1 h en la oscuridad se midió la absorbancia a 760 nm. Se repitió el procedimiento con DA-Pe. Se usaron soluciones de ácido gálico (50-500 µg/mL) para construir la curva de calibración (R²=0.992). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g.

2.2.5. Determinación de la capacidad antioxidante

La determinación de la capacidad antioxidante se evaluó mediante el ensayo de FRAP y DPPH. La evaluación de la actividad reductora FRAP se llevó a cabo siguiendo el método reportado por Benzie et al. (1996) y Widowati et al. (2020) con algunas modificaciones.

El ensayo FRAP se basa en la capacidad del antioxidante para reducir Fe³⁺ a Fe²⁺ en presencia de TPTZ (Suksamran et al., 2022). Para ello, se tomaron 100 µL de DA-Pu, se mezcló con 90 µL de agua destilada y 900 µL del reactivo FRAP, la mezcla se incubó durante 30 min a 37°C y después de 7 min se midió la absorbancia a 593 nm. El mismo procedimiento se realizó con DA-Pe. Los resultados se expresaron como mg Fe²⁺/100 g de muestra.

La curva de calibración para el ensayo FRAP se construyó a partir de una solución patrón de cloruro ferroso tetrahidratado en HCl (40 mM), a cada solución estándar de Fe(II) se le realizó el mismo procedimiento que a las muestras (R²=0.900).

La capacidad antioxidante mediante el método DPPH se midió utilizando la metodología reportada por Nawawi y colaboradores (2023). Para ello, se mezclaron 10 µL de DA-Pu y se mezclaron con 990 µL de una solución metanólica de DPPH (0.15 mM). La mezcla se dejó en reposo y en oscuridad durante 30 min. Transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a 517 nm. El mismo procedimiento se realizó para la solución DA-Pe. Los resultados se expresaron como mg de trolox/100 g de muestra. Para la cuantificación se utilizó una curva de calibración, utilizando trolox como antioxidante de referencia en un intervalo de concentración de 25-100 mg/L, relacionando % de DPPH_{remanente} vs concentración de trolox (R²=0.997).

Las absorbancias fueron medidas en un espectrofotómetro Genesys 10S UV-visible (Thermo Scientific, USA).

2.3. Formulación de un polvo para preparar bebidas a base de mangostán

Puesto que la cáscara presentó un elevado contenido de fibra y una importante actividad antioxidante, se decidió realizar las formulaciones del polvo base usando esta materia.

Se desarrollaron 5 formulaciones (Tabla 1) utilizando diferentes edulcorantes (azúcar estándar, sucralosa o estevia). En las formulaciones 4 y 5 se adicionaron 5 gotas de saborizante de fresa o frambuesa diluidos en 10 mL de agua. En todas las formulaciones el contenido final de pericarpio liofilizado fue de 4% (m/v) y de 0.05% (m/v) en goma xantana.

Tabla 1: Formulaciones de bebidas con polvo base de mangostán.

Formulación	Endulzante	%	Saborizante
1	Sucralosa	0.4	NA
2	Estevia	0.4	NA
3	Azúcar estándar	5.0	NA
4	Sucralosa	0.4	Fresa
5	Sucralosa	0.4	Frambuesa

NA: no añadido.

3. Resultados y discusión

El secado mediante liofilización permitió obtener polvo fino de la pulpa y del pericarpio (Figura 2A).

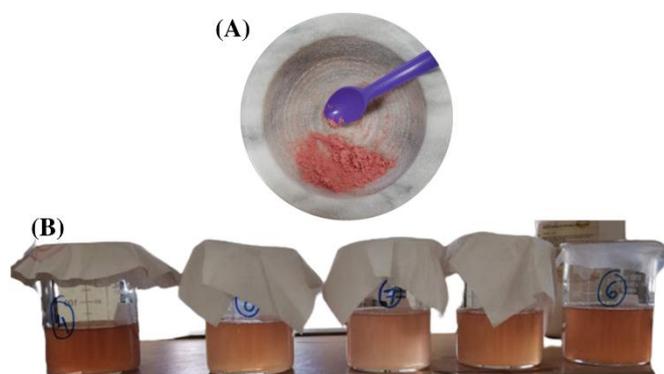


Figura 2: Características del polvo base de mangostán y de las bebidas con polvo reconstituido. (A) Polvo liofilizado de pericarpio de mangostán. (B) formulaciones de bebidas con polvo base de pericarpio de mangostán liofilizado.

3.1. Análisis proximal

El análisis proximal de pulpa y pericarpio de mangostán se presenta en la Tabla 2. Tanto la pulpa como el pericarpio presentaron un elevado contenido de humedad. En las muestras analizadas no se determinó el contenido en grasa cruda, debido a que por la naturaleza de la muestra (fruta) y a los reportes de la literatura, se esperaba que éste fuera muy bajo (<1.0%). El contenido en proteína fue muy bajo, pudiéndose cuantificar sólo para pericarpio.

La proteína cruda en pulpa no se determinó, debido a que esta parte de los frutos generalmente presenta muy baja concentración de este nutrimento (Lim, 2012).

Tabla 2: Composición proximal la pulpa y del pericarpio de mangostán.

Componente	Muestra	
	Pulpa	Pericarpio
Humedad, %	81.69±2.33	67.25±3.37
Proteína cruda, %	ND	0.42±0.02
Fibra cruda, %	ND	18.70±0.92
Fibra dietética	ND	21.03±1.03
Cenizas, %	0.25±0.01	0.49±0.05
ELN ^a	NR	13.14

^aResultados expresados en base húmeda, como media ± desviación estándar.

^aELN, Extracto libre de nitrógeno (obtenido por diferencia). ND, no determinada; NR: no reportado.

En el caso del componente de fibra, primeramente, se realizó por el método de digestión (ácida y básica), expresándose como fibra cruda. Por este método se pudo cuantificar sólo en pericarpio, debido a que en pulpa se encuentra mayoritariamente la fibra soluble, y por esta metodología no es posible llevar a cabo su determinación, por lo que en pulpa se reportó como no determinada (ND). Es decir, la mayoría de los componentes de la fibra que están

contenidos en la pulpa tienen naturaleza de hidrocoloide, lo que evita su cuantificación por este método, el cual se basa en determinaciones gravimétricas.

En pericarpio se determinó que la fibra cruda es el segundo componente de importancia, por lo que se analizó también por el método enzimático, expresándose como fibra dietética. De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 2, se puede deducir que la mayor concentración de componentes de fibra es de tipo insoluble y sólo 2.33% pueden ser de tipo soluble.

Ansori y colaboradores (2020) encontraron un contenido de proteína de 0.5 g/100 g, el cual es ligeramente superior al mostrado en la Tabla 2. En cuanto al contenido de fibra, estos autores reportaron valores de 1.7 g/100 g. En el presente estudio se obtuvo un valor de fibra cruda 10 veces superior al reportado, esta variación puede deberse al grado de maduración de la fruta.

Adicionalmente, se sabe que el pericarpio de mangostán es una capa de hasta 1 cm de espesor, cuyos componentes mayoritarios son polisacáridos compuestos principalmente de ácido D-galacturónico y de pequeñas cantidades de azúcares neutros como arabinosa, ramnosa y galactosa, los cuales forman parte de la fibra (Lim, 2012).

La fibra dietética es uno de los componentes al que se le ha prestado mucha atención debido a los múltiples beneficios que tiene. De acuerdo con la Asociación Dietética Americana (ADA, por sus siglas en inglés), la ingesta de fibra dietética en adultos debe ser de 25-30 g/día, con una relación entre fibra insoluble y fibra soluble de 3:1 (USDA, 2015). El consumo de alimentos que contengan mayor proporción de fibra dietética se relaciona con un estilo de vida más saludable, ya que éstos pueden disminuir el riesgo de enfermedades tales como cardiovasculares y gastrointestinales (Das et al., 2020).

Con los resultados obtenidos de fibra cruda y fibra dietética se puede considerar al pericarpio de mangostán como una materia prima con potencial para ser usado en la elaboración de una bebida con propiedades funcionales.

Los valores encontrados de cenizas en la pulpa y el pericarpio son relativamente bajos, y están relacionados con la presencia de materia inorgánica, destacando la presencia de Ca, P y Fe (Ansori et al., 2020).

Debido a que en la pulpa no se pudo calcular por diferencia el contenido de ELN, el cual corresponde principalmente al porcentaje de carbohidratos, se realizó el análisis de azúcares reductores, encontrándose un contenido de 12.87±0.36 g/100 g de pulpa.

Generalmente, la pulpa se consume como fruto fresco de temporada o en jugos, mermeladas, purés, vinos conservas (de Mello et al., 2021) y vinagre (Suksamran et al., 2022).

El contenido elevado de azúcares reductores en la pulpa podría ser aprovechado para proponer fermentaciones, para el desarrollo de bebidas de mangostán, tanto alcohólicas, como no alcohólicas.

El contenido de minerales, vitaminas y otros compuestos bioactivos han permitido el empleo de la pulpa de mangostán en la medicina tradicional. Recientemente, se ha evaluado su utilidad para tratar algunos padecimientos, tales como Parkinson, Alzheimer y depresión (Do & Cho, 2020).

3.2. Fenoles totales y antocianinas

El contenido de fenoles totales se determinó en la pulpa con 273.54±12.70 mg GAE/100g y en el pericarpio de

339.81±15.67 mg GAE/100g, ambos resultados reportados en base húmeda. Estos valores son similares a los reportados por Machado y colaboradores (2022), quienes encontraron una concentración de 368.7 mg GAE/100 mL de extracto obtenido del pericarpio. Es notable que esta parte del fruto (pericarpio) presenta una mayor cantidad de fenoles totales comparada con la pulpa.

Para realizar el cálculo del contenido de antocianinas monoméricas (Ecuación 1) se tomaron los datos para la cianidina-3-sofórosido (Cy-3-soph), la cual ha sido reportada como la mayoritaria presente en el mangostán (Li et al., 2023). De esta forma, el valor de MW es de 611.5 g/mol, siendo el coeficiente de absortividad molar a pH 1.0 $\epsilon_{515nm}=11425.7 \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ (Zhang et al., 2008).

El contenido de antocianinas monoméricas fue de 101.69±5.24 mg/100g en pulpa y de 99.02±3.47 mg/100g en pericarpio, los cuales están dados en base húmeda. Nawawi y colaboradores (2023) reportaron un contenido de antocianinas totales superior (189 mg/100g) en pericarpio liofilizado, es decir, en base seca. Considerando el contenido de humedad que presentó esta parte de la fruta, la concentración de antocianinas en base seca sería superior a 300 mg/100 g. Las principales antocianinas que se han encontrado en el mangostán son cianidina-3-sofórosido (76.1%), cianidina-3-glucósido (13.4%) y pelargonidina-3-glocósido (6.2%) (Li et al., 2023).

La importancia que tienen los compuestos fenólicos, entre los que se encuentran las antocianinas, radica en que, en la mayoría de los alimentos de origen vegetal se han relacionado con alta capacidad antioxidante.

3.3. Capacidad antioxidante

Los resultados del ensayo FRAP evaluados en el pericarpio de mangostán fueron de 47.1±2.39 mg Fe²⁺/100 g, mientras que en la pulpa no fueron analizados. Este parámetro sólo ha sido evaluado en extractos etanólicos de mangostán, encontrando valores de hasta 116.31 µM Fe(II)/µg de extracto seco (Widowati et al., 2020).

En la capacidad antioxidante por DPPH se obtuvo que el pericarpio posee un potencial antioxidante 3.3 veces superior a la pulpa, teniendo 665.33±26.70 mg trolox/100g, mientras que en pulpa fue de 200.26±10.42 mg trolox/100g. Este ensayo mide la capacidad de las muestras evaluadas para donar radicales de hidrógeno para capturar el radical DPPH[•] (Suksamran et al., 2022). Nawawi et al. (2023) han reportado valores superiores de capacidad antioxidante (785.9 µmol trolox/g), pero en extractos etanólicos secos de pericarpio de mangostán, lo que explica la diferencia con los resultados de este trabajo. Cabe destacar que también se encontró que el pericarpio tiene mayor capacidad antioxidante en comparación con la pulpa.

En estudios *in vivo*, la administración de extractos de mangostán mostró un aumento en las enzimas antioxidantes, entre las que destacan: la superóxido dismutasa, la catalasa y la glutatión peroxidasa, al tiempo que se presentó una reducción de los marcadores de estrés oxidativo, como el malondialdehído (Elmund & Hartrianti, 2020).

3.4. Formulaciones de bebidas

En la Figura 2 se muestran los recipientes que contenían las formulaciones realizadas en este trabajo. Aunque no se realizó una evaluación sensorial completa, sí se establecieron escalas para decidir las mejores formulaciones. En la Tabla 3 se muestran las propiedades que se evaluaron, las cuales están relacionadas con el color, sabor y apariencia de las formulaciones preparadas.

Tabla 3: Escalas para evaluar las formulaciones de las bebidas preparadas.

Característica	Escala		
	1	2	3
Color	Rosa tenue	Salmón	Durazno
Sabor	Muy dulce	Dulce/astringente	Dulce afrutado
Sólidos sedimentados	Muchos	Pocos	Sin

Las formulaciones 4 y 5 (Tabla 1) cumplieron con las características organolépticas más cercanas a las deseadas (escala 3), sobre todo en color. Cabe mencionar que, uno de los principales retos en la formulación de bebidas funcionales es la aceptación, siendo el más desafiante el reemplazo de la sacarosa por edulcorantes naturales (Nazir et al., 2019). Sin embargo, la adición de estevia o sucralosa, que son endulzantes no calóricos, permitió conservar el color y sabor del mangostán, por lo que puede ser consumido por personas con bajos requerimientos calóricos y por personas con diabetes.

Las bebidas funcionales a base de frutas se caracterizan por su capacidad probiótica y su importante contenido de minerales y vitaminas (Nazir et al., 2019), así como su capacidad antioxidante. De acuerdo con los hallazgos encontrados, el pericarpio del mangostán es un buen candidato para emplearse como materia prima en el desarrollo de un polvo base para preparar bebidas.

4. Conclusiones

Debido al alto contenido de fibra dietética, así como su capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas, el mangostán tiene características valiosas para ser empleado como el ingrediente principal de bebidas funcionales. El desarrollo de bebidas a base de mangostán permitirá extender su consumo, aprovechar el fruto por más tiempo, y sobre todo utilizar la parte no comestible (pericarpio) para su uso en el diseño de otros productos benéficos para la salud.

Referencias

- Aizat, W. M., Ahmad-Hashim, F. H., & Jaafar, S. N. S. (2019). Valorization of mangosteen, "The Queen of Fruits," and new advances in postharvest and in food and engineering applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 20, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.05.005>
- Ansori, A. N. M., Fadholly, A., Hayaza, S., Susilo, R. J. K., Inayatillah, B., Winarni, D., & Husen, S. A. (2020). A review on medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 13(2), 974-982. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2020.00182.1>
- Benzie IF, Strain JJ. (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239 (1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A. K., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 323-336. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.010>

- de Mello, R. F. A., de Souza Pinheiro, W. B., Benjamim, J. K. F., de Siqueira, F. C., Chiste, R. C., & Santos, A. S. (2021). A fast and efficient preparative method for separation and purification of main bioactive xanthenes from the waste of *Garcinia mangostana* L. by high-speed countercurrent chromatography. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(8), 103252. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103252>
- Díaz Fuentes, V. H., Ruíz-Cruz, P., Nájera-Domínguez, W., Iracheta-Donjuán, L., & Gálvez-Marroquín, L. A. (2019). Initial productive behavior of mangostán (*Garcinia mangostana* L.) in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Agroproductividad*, 12(3), 17-22. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1321>
- Do, H. T. T., & Cho, J. (2020). Mangosteen pericarp and its bioactive xanthenes: Potential therapeutic value in Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and depression with pharmacokinetic and safety profiles. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17), 6211. <https://doi.org/10.3390/ijms21176211>
- Elmund, B., & Hartrianti, P. (2020). Evaluation of mangosteen (*Garcinia mangostana*) antioxidant activity in clinical trials and in vivo animal studies: A systematic review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10(12), 114-129. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2020.101216>
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (2017). Mangostán, fruto exótico con beneficios para la salud. Consultado el 27 de octubre del 2023 de <https://www.gob.mx/firco/articulos/mangostan-fruto-exotico-con-beneficios-para-la-salud?idiom=es>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2023). Exquisito sabor, valor nutricional y demanda en los mercados internacionales. El cultivo del mangostán, curso. Consultado el 2 de octubre del 2023, recuperado de <https://www.gob.mx/inifap/prensa/el-cultivo-del-mangostan-curso>
- Ketsa, S., & Paull, R. E. (2011). Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 1-32e). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.1>
- Li, R., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2023). Quantification of Xanthone and Anthocyanin in Mangosteen Peel by UPLC-MS/MS and Preparation of Nanoemulsions for Studying Their Inhibition Effects on Liver Cancer Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3934. <https://doi.org/10.3390/ijms24043934>
- Lim, T.K. (2012). *Garcinia mangostana*. In: *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0_15
- Machado, Y. J., Murillo-Arango, W., & Hennessey-Ramos, L. (2022). Evaluation of peel extract of mangosteen as a dye natural and antioxidant and its use as an additive in a fruit beverage. *IRAQI Journal of Agricultural Sciences*, 53(4), 857-866. <https://doi.org/10.36103/ijas.v53i4.1598>
- Nauman, M. C., & Johnson, J. J. (2022). The purple mangosteen (*Garcinia mangostana*): Defining the anticancer potential of selected xanthenes. *Pharmacological Research*, 175, 106032. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.106032>
- Nawawi, N. I. M., Ijod, G., Abas, F., Ramli, N. S., Mohd Adzahan, N., & Mohamad Azman, E. (2023). Influence of Different Drying Methods on Anthocyanins Composition and Antioxidant Activities of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Pericarps and LC-MS Analysis of the Active Extract. *Foods*, 12(12), 2351. <https://doi.org/10.3390/foods12122351>
- Nazir, M., Arif, S., Khan, R. S., Nazir, W., Khalid, N., & Maqsood, S. (2019). Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 513-526. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.011>
- Ovalle-Magallanes, B., Eugenio-Pérez, D., & Pedraza-Chaverri, J. (2017). Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.): A comprehensive update. *Food and Chemical Toxicology*, 109, 102-122. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.08.021>
- Rojano, B., Saez, J., Schinella, G., Quijano, J., Vélez, E., Gil, A., & Notario, R. (2008). Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-Isopropyl-3, 6-dimethoxy-5-methylphenol). *Journal of Molecular Structure*, 877(1-3), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2007.07.010>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Suksamran, N., Anantawat, V., Wattanaarsakit, P., Wei, C., Rahman, M. A., Majima, H. J., & Tangpong, J. (2022). Mangosteen vinegar from *Garcinia mangostana*: quality improvement and antioxidant properties. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11943>
- USDA. (2015). Dietary guidelines for Americans, 2015-2020. 8th Edition. Retrieved from https://health.gov/sites/default/files/2019-09/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf, Accessed date: 11 December 2023.
- Verghese, M., Willis, S., Boateng, J., Gomaa, A., & Kaur, R. (2021). Effect of food processing on antioxidant potential, availability, and bioavailability. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12(1), 307-329. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062420-105140>
- Widowati, W., Ginting, C. N., Lister, I. N. E., Girsang, E., Amalia, A., Wibowo, S. H. B., & Kusuma, H. S. W. (2020). Anti-aging effects of mangosteen peel extract and its phytochemical compounds: Antioxidant activity, enzyme inhibition and molecular docking simulation. *Tropical Life Sciences Research*, 31(3), 127. <https://doi.org/10.21315/tlsr2020.31.3.9>
- Wilson, D. W., Nash, P., Buttar, H. S., Griffiths, K., Singh, R. B., De Meester, F., Horiuchi, R., & Takahashi, T. (2017). The role of food antioxidants, benefits of functional foods, and influence of feeding habits on the health of the older person: an overview. *Antioxidants*, 6(4), 81. <https://doi.org/10.3390/antiox6040081>
- Zhang, Y., Liao, X., Chen, F., Wu, J., & Hu, X. (2008). Isolation, identification, and color characterization of cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-sophoroside from red raspberry. *European Food Research and Technology*, 226, 395-403. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0550-3>