

Extracción, optimización y capacidad antioxidante de extractos de frutos silvestres de palmas (*E. oleraceae*, *O. bataua* y *O. mapora*) del Pacífico colombiano

Extraction, optimization, and antioxidant capacity of extracts from wild palm fruits (*E. oleraceae*, *O. bataua* y *O. mapora*) from the Colombian Pacific

Julián Andrés Mora Varela^{1,2}, Sebastián Mora Mejía^{1,3}, Juan Felipe Grisales Mejía^{1,4}, Hugo Alexander Martínez Correa^{1,5}, Harlen Gerardo Torres Castañeda^{1,6}.

¹Universidad Nacional de Colombia - sede Palmira. ²✉ jamorav@unal.edu.co; ³✉ smoram@unal.edu.co; ⁴✉ jfgisalesm@unal.edu.co; ⁵✉ hamartinezco@unal.edu.co; ⁶✉ hgtorresc@unal.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.109438>

2023 | 72-1 p 16-22 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2023-06-09 Acep.: 2023-09-26

Resumen

Es suficientemente conocido el valor nutricional y las características químicas de la especie *Euterpe oleracea*; sin embargo, en la región Pacífica colombiana existen otras especies poco conocidas de la familia Arecaceae con potencial valor en cuanto al contenido de compuestos bioactivos. El principal objetivo de este estudio es determinar el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de tres especies silvestres de la familia Arecaceae (palmas). Para el cumplimiento de este objetivo, las partes comestibles de los frutos maduros de *Euterpe oleracea*, *Oenocarpus bataua* y *Oenocarpus mapora*, se sometieron a extracción asistida por ultrasonido, empleando mezclas hidroalcohólicas con diferentes concentraciones de ácido acético como disolvente para la extracción. La optimización del proceso de extracción mediante un diseño central compuesto (DCC) mostró que las mejores condiciones de extracción se obtienen con una concentración de etanol del 65 % (v/v) y una concentración de ácido acético del 0.5 % (v/v). Los resultados del proceso de purificación mediante cromatografía de columna mostraron que tanto el extracto crudo como la fracción enriquecida de *O. mapora*, presentaron el mayor contenido de compuestos fenólicos (137.5; 224 g EAG/g ES), el mayor contenido de antocianinas totales (1.7; 3.5 mg EC3G/g ES) y la mejor capacidad antioxidante por el método de DPPH (538; 1879 μ moles ET/g ES) en comparación con los mismos extractos y fracciones de *O. bataua* y *E. oleracea*.

Palabras clave: antioxidantes, antocianinas, Arecaceae, fenoles, *Oenocarpus*.

Abstract

The nutritional value and chemical characteristics of the *E. oleracea* species are well known; however, in the Colombian Pacific region, there are other little-known species from the Arecaceae family with potential value in terms of their bioactive compounds. The aim of this study was to determine the phenolic compounds content and the antioxidant capacity of three wild species from the Arecaceae family (palms). To achieve this objective, the edible parts of ripe *E. oleracea*, *O. bataua* and *O. mapora* fruits were subjected to ultrasound-assisted extraction using a hydroalcoholic mixture with different concentrations of acetic acid as the extraction solvent. The extraction process was optimized using a central composite design (CCD), which showed that the best extraction conditions were achieved with 65 % (v/v) ethanol and 0.5 % (v/v) acetic acid. The results of the purification process through column chromatography showed that both the crude extract and the enriched fraction of *O. mapora* had the highest phenolic compounds content (137.5; 224 g GAE/g DW), the highest total anthocyanins content (1.7; 3.5 mg C3G/g DW), and the best antioxidant capacity (DPPH method) (538; 1879 μ moles TE/g DW) compared to the same extracts and fractions of *O. bataua* and *E. oleracea*.

Keywords: Anthocyanins, Antioxidants, Arecaceae, Phenols, *Oenocarpus*

Introducción

La familia de las palmas (Arecaceae) es considerada una de las más comunes entre las monocotiledóneas, tiene alrededor de 2600 especies en cerca de 180 géneros, distribuidos principalmente en áreas tropicales y subtropicales (de Souza *et al.*, 2020). Varias especies de esta familia muestran un gran potencial como productos con características nutraceuticas (Resende *et al.*, 2019; Curimbaba *et al.*, 2020), antioxidantes, antiinflamatorias (Romão *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2019), antimicrobianas (Apaza Ticona *et al.*, 2021), entre otras. Entre estas especies se encuentran el chontaduro (*Bactris gasipaes*), cuyo fruto es ampliamente consumido en todo el país y es utilizado también para la preparación de salsas y platos especiales (Ferrari Felisberto *et al.*, 2020); la palma africana (*Elaeis guineensis*), la cual es cultivada principalmente para la extracción de aceite a partir del fruto (Gutbrod *et al.*, 2021); y el açai (*Euterpe oleracea*), conocido en la región pacífica como naidí, y que es mundialmente apetecido por sus excelentes características nutricionales (da Silveira *et al.*, 2019b; Silva *et al.*, 2019) 450, 500, and 600 MPa/5 min/20 °C. A pesar de lo anterior, otras especies de Arecaceae son relativamente poco conocidas y su comercialización es limitada a la región en la que se producen, tal es el caso de las especies *Oenocarpus bataua* y *Oenocarpus mapora*.

Las investigaciones sugieren que los frutos de especies pertenecientes al género *Oenocarpus* tales como *O. distichus*, *O. bacaba* y *O. minor*, son fuentes potenciales de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, como ácidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos fenólicos (Cunha *et al.*, 2019) its fruits are sources of bioactive compounds and, mainly, vegetable oil rich in unsaturated fatty acids. In this study, the supercritical CO₂ (Sc-CO₂).

Los compuestos fenólicos son uno de los tipos de metabolitos secundarios con mayor presencia en el reino vegetal. Se dividen en varias clases dependiendo de sus características estructurales, siendo los flavonoides una de las principales. Las antocianinas son flavonoides que le otorgan el color rojo, azul o violeta a las flores y frutos de algunas especies. Son compuestos polares solubles en agua y frecuentemente asociados a propiedades benéficas para la salud, como la capacidad antioxidante (Lammi y Arnoldi, 2021; Liu *et al.*, 2022), que en las frutas es esencial para ayudar a combatir algunas patologías asociadas con la generación de especies oxidantes en nuestro organismo, tales como los radicales libres. Además, extractos ricos en compuestos fenólicos pueden ser utilizados en la industria alimentaria como colorantes, antimicrobianos y como ingredientes para alimentos funcionales (Resende *et al.*, 2019).

Bajo este contexto, es fundamental para el sector agroindustrial la búsqueda de nuevas fuentes de antioxidantes naturales que no solo se puedan utilizar

como sustitutos de antioxidantes sintéticos en matrices alimentarias y en la industria cosmética, sino que también impulsen la comercialización de frutos exóticos y la generación de cadenas productivas.

Debido al gran interés que generan los compuestos bioactivos que pueden darles mayor valor agregado a los productos obtenidos de frutos exóticos y proporcionar mayor desarrollo en las regiones que los producen, este trabajo tuvo como objetivo principal determinar el contenido total de fenoles, el contenido de antocianinas monoméricas y la capacidad antioxidante de extractos a partir de los frutos de tres especies de la familia Arecaceae (*E. oleraceae*, *O. bataua* y *O. mapora*) provenientes del Pacífico colombiano.

Materiales y métodos

Material vegetal

Los frutos de *E. oleracea* (Eo), *O. bataua* (Ob) y *O. mapora* (Om) fueron recolectados en la localidad de El Paraíso, carretera Simón Bolívar, municipio de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Los frutos maduros fueron seleccionados, lavados y desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm. Posteriormente se separó la semilla de la parte comestible del fruto (endocarpio y exocarpio). Las partes comestibles de los frutos se secaron por liofilización en un equipo Labconco FreeZone durante 24 h. Después de la liofilización, el material fue desengrasado en un equipo Soxhlet utilizando hexano como solvente. El material desengrasado se usó como materia prima para los procesos de extracción.

Reactivos

Los siguientes reactivos se emplearon en el proceso de extracción: etanol al 96 % (concentración aproximada, v/v) obtenido a partir de la Industria de Licores del Valle, ácido acético glacial y ácido cítrico (Fisher Chemical, USA). Para la caracterización de los extractos se usaron: carbonato de sodio anhidro (Fisher Chemical, USA); 2,2 - difenil - 1 - picrilhidrazilo, DPPH; ácido gálico; reactivo de Folin - Ciocalteu; Trolox (6 - hidroxil - 2,5,7,8 - tetrametilcroman - 2 - ácido carboxílico) (Sigma - Aldrich, Alemania).

Extracción preliminar

Se realizó un proceso inicial utilizando los frutos de Eo para establecer las mejores condiciones de extracción en cuanto a la concentración de etanol y ácido acético. Los extractos fueron obtenidos de la siguiente forma: 100 mg de muestra seca y molida fueron introducidos en microtubos (2 mL) junto con 1 mL de disolvente hidroalcohólico. Las muestras fueron primero homogenizadas por agitación en vórtex y luego sometidas a extracción asistida por

ultrasonido (EAU) durante 10 min a temperatura ambiente en un baño ultrasonido (Branson Ultrasonic Cleaner 2510, USA), con una frecuencia fija de 42 kHz. Después de la extracción, los extractos fueron centrifugados a 7500 rpm durante 15 min. Los sobrenadantes fueron separados y filtrados a través de membranas de PVDF de 0.45 µm. Finalmente, los extractos fueron concentrados por rotaevaporación y luego liofilizados. Los extractos secos fueron almacenados bajo refrigeración hasta su análisis.

Optimización del proceso de extracción

Se empleó un diseño central compuesto (DCC) acoplado a la metodología de superficie de respuesta (MSR) para optimizar las condiciones de extracción. Las variables independientes optimizadas fueron la concentración de etanol (%EtOH) y la concentración de ácido acético (%AcOH). Un total de 13 tratamientos ($2^k + 2k + C_0$) con 5 réplicas en el punto central (PC) fueron consideradas para llevar a cabo el proceso de optimización (Tabla 1). Para ello, un modelo de segundo orden fue utilizado en la construcción de las superficies de respuesta, el cual es descrito por la siguiente ecuación:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^k \sum_{j} b_{ij} X_i X_j \quad (k=2)$$

donde Y es la variable de respuesta, X_i y X_j son las variables independientes y b_0 , b_i , b_{ii} y b_{ij} son los coeficientes de regresión: intercepto, lineal, cuadrático e interacción, respectivamente.

Los datos obtenidos fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia menor o igual al 5 % (valor - $p \leq 0.05$). La idoneidad del modelo de segundo orden utilizado se determinó al evaluar el coeficiente de regresión (R^2), el valor - p y la falta de ajuste. El análisis de los datos se hizo a través del software MATLAB R2021a y Microsoft Excel.

Purificación de extractos

Utilizando las concentraciones de etanol y ácido acético seleccionadas en el proceso de optimización, se realizó un nuevo proceso de extracción utilizando como materia prima los frutos de *Eo*, *Ob* y *Om*. Para esto, 100 mg de materia prima de se extrajeron exhaustivamente (1 mL x 4) para obtener los extractos *Eo1*, *Ob1* y *Om1*, respectivamente. Los extractos se fraccionaron mediante cromatografía de columna empleando Diaion HP-20 (Supelco) como fase estacionaria. La columna (8 cm de altura x 1.5 cm de

diámetro) se activó con metanol. La elución se realizó primero con agua acidulada y luego con metanol para obtener dos fracciones por extracto (fracciones 1.1 y 1.2 respectivamente). Las fracciones metanólicas (1.2) fueron secadas por rotaevaporación y almacenadas bajo refrigeración hasta su utilización en los análisis.

Análisis espectrofotométrico

La estimación del contenido total de fenoles (CTF) se realizó de acuerdo con la metodología reportada por Grisales-Mejía *et al.* (2022). Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg EAG/g ES).

La estimación del contenido de antocianinas monoméricas (CAM) se realizó mediante el método de pH diferencial (Pereira *et al.*, 2019), con algunas modificaciones para la adaptación a formato de microplacas. Brevemente, las disoluciones de trabajo (20 µL) fueron mezcladas con ambas disoluciones buffer (200 µL). La microplaca se incubó a temperatura ambiente durante 15 minutos en la oscuridad y después se leyó la absorbancia en lector de microplacas (Biotek Lx800, USA), primero a 515 nm y luego 700 nm. La concentración de antocianinas (C_A) en la disoluciones de trabajo se calculó considerando la absorptividad molar (ϵ) y la masa molecular (M) de cianidina-3-O-glucósido (C3G), la principal antocianina encontrada en especies de *Arecaceae* (da Silveira *et al.*, 2019a) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_A \text{ (mg/L)} = (A \times M \times 1000) / (\epsilon \times l)$$

Tabla 1. Datos experimentales y valores de respuesta con diferentes concentraciones de EtOH (X_1 , %) y AcOH (X_2 , %) usados en el DCC

Corrida	Factor		Variables de respuesta	
	X_1	X_2	CTF ¹	CAM ²
1	65 (0)	0 (-1)	119.03	0.537
2	65 (0)	0.5 (0)	145.77	0.813
3	30 (-1)	1 (+1)	145.61	0.741
4	65 (0)	0.5 (0)	146.11	0.802
5	65 (0)	0.5 (0)	124.33	0.819
6	100 (+1)	1 (+1)	16.24	0.411
7	30 (-1)	0 (-1)	101.24	0.646
8	100 (+1)	0 (-1)	15.96	0.267
9	100 (+1)	0.5 (0)	1.58	0.053
10	65 (0)	0.5 (0)	146.01	0.851
11	65 (0)	1 (+1)	110.33	0.690
12	30 (-1)	0.5 (0)	139.62	0.751
13	65 (0)	0.5 (0)	144.64	0.804

¹ Resultados expresados en mg EAG/g ES; ² Resultados expresados en mg C3G/g ES.

donde $A = [(A_{515} - A_{700})_{pH 1} - (A_{515} - A_{700})_{pH 4,5}]$, es la absorbancia de la disolución de trabajo; M = masa molar de C3G (449.2 g/mol); 1000 = factor de conversión de gramos a miligramos, ϵ = coeficiente de extinción molar de C3G (26 900 L x mol⁻¹ x cm⁻¹) y l = factor de corrección óptica (1.25 cm).

Los resultados del CAM se expresaron como miligramos de cianidina-3-O-glucólido por gramo de extracto seco (mg C3G/g ES), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CAM \text{ (mg C3G/g ES)} = (C_A \times FD \times V)/w$$

donde C_{AM} = concentración de antocianinas monoméricas en la disolución de trabajo; FD = factor de dilución; V = volumen de la disolución patrón (L), y w = masa del extracto seco (g).

La capacidad antioxidante de los extractos se midió en términos de la capacidad de captura de radicales DPPH (CCR-DPPH) de acuerdo con el procedimiento descrito por Grisales-Mejía *et al.*, (2022). Los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de extracto seco ($\mu\text{mol ET/g ES}$).

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con nivel de significancia de 0.05 utilizando el software Minitab 18. Todas las extracciones se realizaron por triplicado y se expresaron por su media \pm desviación estándar.

Resultados

Optimización del proceso de extracción

Se realizó un proceso de optimización de las condiciones de extracción (concentración de EtOH y AcOH) utilizando DCC. Los resultados de los experimentos del DCC se muestran en la Tabla 1. Por otro lado, los resultados del ANOVA para el CTF se muestran en la Tabla 2. Y a su vez, los resultados del análisis mediante metodología de superficie de respuesta para el CTF y el CAM, se muestran en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Estimación de la capacidad antioxidante de los extractos purificados

Bajo las condiciones establecidas en el proceso de optimización se prepararon extractos a partir de los frutos de *Eo*, *Ob* y *Om*. Los extractos obtenidos se sometieron a purificación mediante cromatografía de columna empleando la resina Diaion HP-20 como fase estacionaria, con el propósito de obtener fracciones más ricas en compuestos fenólicos. En la Figura 3 se presentan los valores de CTF, CAM y CA obtenidos para los extractos *Eo1*, *Ob1* y *Om1*, así como para las fracciones purificadas *Eo1.2*, *Ob1.2* y *Om1.2* de *E. oleracea*, *O. bataua* y *O. mapora*, respectivamente. Las fracciones correspondientes a *Eo1.1*, *Ob1.1* y *Om1.1* no mostraron valores significativos de CTF, CAM y CA, por tal razón no se reportan esos datos.

Tabla 2. Análisis de varianza del contenido total de fenoles (CTF) en extractos a partir de frutos de *E. oleracea*

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor P
Modelo	5	35101.5	7020.3	33.64	0.00
Lineal	2	20947.1	10473.5	50.19	0.00
A	1	20731.6	20731.6	99.35	0.00
B	1	215.5	215.5	1.03	0.343
Cuadrado	2	13668.7	6834.3	32.75	0.00
$X_1 * X_1$	1	9384.4	9384.4	44.97	0.00
$X_2 * X_2$	1	557.7	557.7	2.67	0.146
Interacción	1	485.8	485.8	2.33	0.171
$X_1 * X_2$	1	485.8	485.8	2.33	0.171
Error	7	1460.7	208.7		
Falta de ajuste	3	1096.4	365.5	4.01	0.106
Error puro	4	364.4	91.1		
Total	12	36562.2			

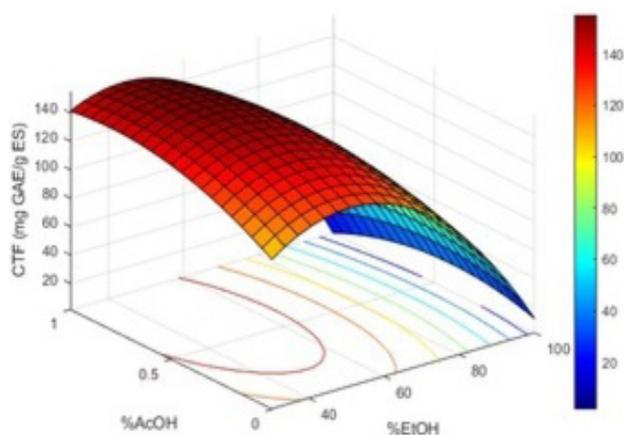


Figura 1. Gráfico de superficie de respuesta para la extracción de compuestos fenólicos a partir de frutos de *E. oleracea*, variando la concentración de AcOH y EtOH.

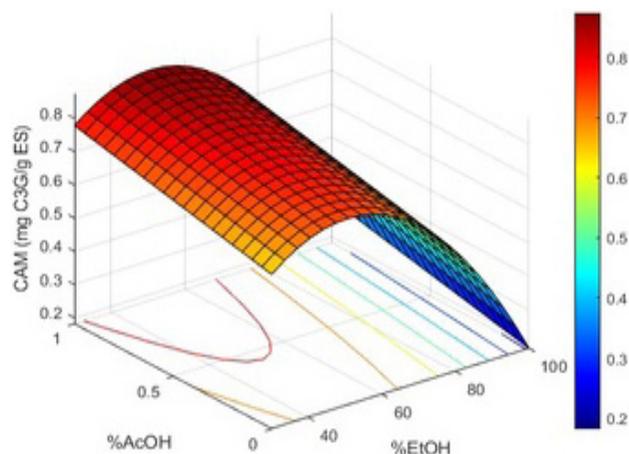


Figura 2. Gráfico de superficie de respuesta para la extracción de antocianinas a partir de frutos de *E. oleracea*, variando la concentración de AcOH y EtOH.

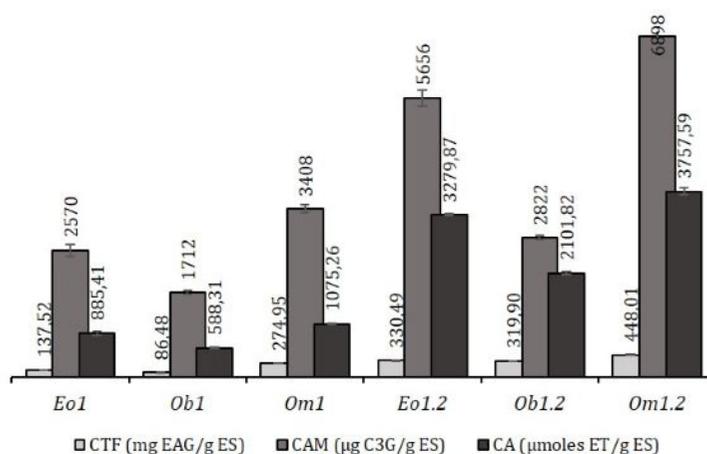


Figura 3. Contenido total de fenoles (CTF), contenido de antocianinas monoméricas (CAM) y capacidad antioxidante (CA) de extractos y fracciones obtenidas a partir de *E. oleracea* (Eo), *O. batava* (Ob) y *O. mapora* (Om).

Discusión

Optimización del proceso de extracción

Como se aprecia en la Tabla 1, el CTF osciló entre 1.58 a 146.11 mg GAE/g ES. El menor valor (1.58 mg GAE/g ES) se encontró al utilizar 100 % de EtOH y 0.5 % de AcOH, mientras que la cantidad máxima de fenoles totales obtenida en el DCC se logró con 65 % de EtOH y 0.5 % de AcOH. Ahora bien, en la superficie de respuesta (Figura 2) se puede observar cómo el aumento del EtOH por encima del 60 % reduce la cantidad de fenoles extraídos. Pompeu *et al.* (2009) as measured by the Oxygen Radical Absorbance Capacity. They are particularly rich in total phenolics (TP) realizaron extracciones a diferentes concentraciones de EtOH en *E. oleracea*, y encontraron un incremento en el CTF hasta aproximadamente 70 % de EtOH. Por

su parte, la investigación de da Silveira *et al.* (2017), que extrajeron compuestos fenólicos de *E. oleracea*, también registró este mismo comportamiento. La razón de lo anterior se debe a que el incremento en el porcentaje de etanol puede afectar la polaridad de la solución al disminuir su constante dieléctrica, y como consecuencia, incidir en los fenómenos de transferencia de masa, lo cual puede ser negativo a altos porcentajes (Pompeu *et al.*, 2009) as measured by the Oxygen Radical Absorbance Capacity. They are particularly rich in total phenolics (TP). En la actualidad ya existe un antecedente en la extracción de compuestos fenólicos de *E. oleracea* con origen en el Pacífico colombiano. Sin embargo, si bien en dicha investigación se extrajeron los compuestos de interés a través de baño ultrasónico, los autores Garzón *et al.* (2017) anthocyanin (ACN utilizaron metanol y una mezcla de metanol agua (80:20 v/v) como solventes de extracción; como resultado final obtuvieron

47.86 mg GAE/g MS (MS: Muestra Seca), los cuales fueron asociados con algunas familias de compuestos fenólicos, como lo son los ácidos hidroxicinámicos, hidroxibenzóicos y flavonoides, según los perfiles cromatográficos obtenidos.

Los datos de la Tabla 2 permiten establecer que el efecto lineal y cuadrático de la concentración de EtOH presenta una influencia significativa (valor $-p < 0.05$) sobre el CTF. Por su parte, para el %AcOH, en estos mismos términos (lineal y cuadrático) y para la interacción entre el %EtOH y el %AcOH, no se generan diferencias significativas (valor $-p > 0.05$). Sin embargo, a diferencia de lo ocurrido en el rendimiento de extracción, el valor $-p$ obtenido para la falta de ajuste (0.106) fue mayor al nivel de significancia (0.05), lo que indica que el modelo usado () describe correctamente la relación entre los factores de operación y el contenido total de fenoles.

Respecto al CAM, los resultados de la Tabla 1 indican que la cantidad de antocianinas extraídas se asocia directamente con el contenido total de fenoles; el mayor rendimiento en antocianinas se obtiene con una concentración del 65 % de EtOH y 0.5 % de AcOH. La concentración de EtOH influyó significativamente en los resultados obtenidos, mientras que la concentración de AcOH no, lo cual está en concordancia con lo encontrado por Aliaño-González *et al.* (2020). Sin embargo, no se pudo obtener un modelo ajustado a pesar de eliminar los términos de interacción ($A*B$) y el término cuadrático para la concentración de AcOH ($B*B$); el R^2 fue de 0.8475 y el valor $-p$ de la falta de ajuste fue de 0.001. No obstante, se utilizó el gráfico de superficie de respuesta para describir cualitativamente los efectos que generan las variables independientes (Figura 3).

A partir de los análisis estadísticos realizados, las condiciones óptimas de extracción se establecieron como: 0.5 % de AcOH y 65 % de EtOH; estas condiciones fueron utilizadas para replicar el proceso de extracción utilizando los frutos de *O. bataua* y *O. mapora*.

Análisis de los extractos purificados

De acuerdo con los resultados, la resina utilizada para el proceso de fraccionamiento y purificación, Diaion HP-20, mostró ser muy efectiva en la purificación de los extractos, logrando en algunos casos hasta triplicar el valor obtenido por el extracto crudo (Figura 3). El extracto metanólico de *O. mapora* (Om1.2) es el que presenta los mejores valores de CTF (448 mg EAG/g ES), CAM (6898 μ g C3G/g ES) y CA (3757 μ moles ET/g ES). La proporcionalidad entre los valores del contenido de fenoles y la capacidad antioxidante, sugiere que esta última se debe principalmente a la presencia de los compuestos fenólicos, y en especial, a las antocianinas. En este estudio, los extractos de *E. oleracea* tienen mejor comportamiento en cuanto al CTF, CAM y CA que los

de *O. bataua*; resultados similares fueron reportados por Rezaire *et al.* (2014). Las fracciones acuosas correspondientes (fracciones 1.1) no presentaron valores significativos de CTF, CAM y CA; estas fracciones fueron obtenidas empleando agua como eluyente y, por tal razón, son fracciones con altos contenidos de compuestos hidrosolubles tales como aminoácidos y azúcares, los cuales generalmente están presentes en los frutos.

Conclusiones

Los frutos de *E. oleracea*, *O. bataua* y *O. mapora*, son excelentes fuentes de sustancias bioactivas. En especial, el extracto de *O. mapora* mostró los mejores resultados en cuanto al contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, lo cual convierte a este fruto en una especie promisoriosa para posteriores investigaciones que permitan el escalamiento de la extracción y su posterior comercialización. El método de extracción asistido con ultrasonido junto con la utilización de solventes amigables con el medio ambiente, son alternativas útiles para la extracción de antocianinas y compuestos fenólicos en general. Los resultados sugieren que la extracción con mezclas hidroalcohólicas ácidas son una muy buena alternativa para la extracción de estos compuestos. El fraccionamiento por cromatografía de columna empleando Diaion HP-20 como fase estacionaria, mostró ser un método fácil y eficiente para la purificación de los extractos a partir de *E. oleracea*, *O. bataua* y *O. mapora*.

Referencias

- Aliaño-González, M. J.; Espada-Bellido, E.; Ferreiro-González, M.; Carrera, C.; Palma, M.; Ayuso, J.; Álvarez, J. Á. y Barbero, G. F. (2020). Extraction of anthocyanins and total phenolic compounds from Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) using an experimental design methodology. Part 2: Ultrasound-assisted extraction. *Agronomy*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy10030326>
- Apaza Ticona, L.; Rumbero Sánchez, Á; Sánchez-Corral, J.; Iglesias Moreno, P. y Ortega Domenech, M. (2021). Anti-inflammatory, pro-proliferative and antimicrobial potential of the compounds isolated from *Daemonorops draco* (Willd.) Blume. *Journal of Ethnopharmacology*, 268, 113668. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113668>
- Cunha, V. M. B.; da Silva, M. P.; de Sousa, S. H. B.; Bezerra, P. do N.; Menezes, E. G. O.; da Silva, N. J. N.; Banna, D. A. D. da S., Araújo, M. E. y de Carvalho Junior, R. N. de. (2019). Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) oil extraction using supercritical CO₂ and bioactive compounds determination in the residual pulp. *Journal of Supercritical Fluids*, 144, 8190. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.10.010>
- Curimbaba, T. F. S.; Almeida-Junior, L. D.; Chagas, A. S.; Quaglio, A. E. V.; Herculano, A. M. y Di Stasi, L. C. (2020). Prebiotic, antioxidant and anti-inflammatory properties of edible Amazon fruits. *Food Bioscience*, 36, 100599. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100599>

- Da Silveira, T. F. F.; Cristianini, M.; Kuhnle, G. G.; Ribeiro, A. B.; Filho, J. T. y Godoy, H. T. (2019a). Anthocyanins, non-anthocyanin phenolics, tocopherols and antioxidant capacity of açai juice (*Euterpe oleracea*) as affected by high pressure processing and thermal pasteurization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 55, 88-96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.05.001>
- Da Silveira, T. F. F.; Cristianini, M.; Kuhnle, G. G.; Ribeiro, A. B.; Filho, J. T. y Godoy, H. T. (2019b). Anthocyanins, non-anthocyanin phenolics, tocopherols and antioxidant capacity of açai juice (*Euterpe oleracea*) as affected by high pressure processing and thermal pasteurization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 55, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.05.001>
- Da Silveira, T. F. F.; de Souza, T. C. L.; Carvalho, A. V.; Ribeiro, A. B.; Kuhnle, G. G. C. y Godoy, H. T. (2017). White açai juice (*Euterpe oleracea*): Phenolic composition by LC-ESI-MS/MS, antioxidant capacity and inhibition effect on the formation of colorectal cancer related compounds. *Journal of Functional Foods*, 36, 215-223. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.001>
- De Souza, F. G.; de Araújo, F. F.; de Paulo Farias, D.; Zanutto, A. W.; Neri-Numa, I. A. y Pastore, G. M. (2020). Brazilian fruits of Arecaceae family: An overview of some representatives with promising food, therapeutic and industrial applications. *Food Research International*, 138, 109690. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109690>
- Ferrari Felisberto, M. H.; Souza Costa, M.; Villas Boas, F.; Lopes Leivas, C.; Landi Franco, C.; Michielon de Souza, S.; Pedrosa Silva Clerici, M. T. y Mach Côrtes Cordeiro, L. (2020). Characterization and technological properties of peach palm (*Bactris gasipaes* var. *gasipaes*) fruit starch. *Food Research International*, 136, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109569>
- Garzón, G. A.; Narváez-Cuenca, C. E.; Vincken, J. P. y Gruppen, H. (2017). Polyphenolic composition and antioxidant activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. *Food Chemistry*, 217, 364-372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.107>
- Grisales-Mejía, J. F.; Torres-Castañeda, H.; Andrade-Mahecha, M. M. y Martínez-Correa, H. A. (2022). Green extraction methods for recovery of antioxidant compounds from epicarp, seed, and seed tegument of avocado var. Hass (*Persea americana* Mill.). *International Journal of Food Science*, 2022, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2022/1965757>
- Gutbrod, P.; Reichert, S.; Gutbrod, K.; Hamai, A.; Bréhélin, C.; Ngando-Ebongue, G. y Dörmann, P. (2021). Fatty acid isoprenoid alcohol ester synthesis in fruits of the African Oil Palm (*Elaeis guineensis*). *Phytochemistry*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112684>
- Lammi, C. y Arnoldi, A. (2021). Food-derived antioxidants and COVID-19. *Journal of Food Biochemistry*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13557>
- Liu, G.; Zhu, W.; Zhang, J.; Song, D.; Zhuang, L.; Ma, Q.; Yang, X.; Liu, X.; Zhang, J.; Zhang, H.; Wang, J.; Liang, L. y Xu, X. (2022). Antioxidant capacity of phenolic compounds separated from tea seed oil *in vitro* and *in vivo*. *Food Chemistry*, 371, 131122. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131122>
- Machado, A. K.; Cadoná, F. C.; Assmann, C. E.; Andreatza, A. C.; Duarte, M. M. M. F.; dos Santos Branco, C.; Zhou, X.; de Souza, D. V.; Ribeiro, E. E. y da Cruz, I. B. M. (2019). Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) has anti-inflammatory potential through NLRP3-inflammasome modulation. *Journal of Functional Foods*, 56, 364-371. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.034>
- Pereira, D. T. V.; Tarone, A. G.; Cazarin, C. B. B.; Barbero, G. F. y Martínez, J. (2019). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from grape marc. *Journal of Food Engineering*, 240, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.019>
- Pompeu, D. R.; Silva, E. M. y Rogez, H. (2009). Optimisation of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using Response Surface Methodology. *Bioresource Technology*, 100(23), 6076-6082. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.083>
- Resende, L. M.; Franca, A. S. y Oliveira, L. S. (2019). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, 270, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.079>
- Rezaire, A.; Robinson, J.; Bereau, D.; Verbaere, A.; Sommerer, N.; Khan, M. K.; Durand, P.; Prost, E. y Fils-lycaon, B. (2014). Amazonian palm *Oenocarpus bataua* ("patawa"): Chemical and biological antioxidant activity - Phytochemical composition. *Food Chemistry*, 149, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.077>
- Romão, M. H.; de Bem, G. F.; Santos, I. B.; de Andrade Soares, R.; Ognibene, D. T.; de Moura, R. S.; da Costa, C. A. y Resende, Â. C. (2020). Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extract protects against hepatic steatosis and fibrosis in high-fat diet-fed mice: Role of local renin-angiotensin system, oxidative stress and inflammation. *Journal of Functional Foods*, 65, 103726. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103726>
- Silva, M. P.; Cunha, V. M. B.; Sousa, S. H. B.; Menezes, E. G. O.; Bezerra, P. D. N.; de Farias Neto, J. T.; Filho, G. N. R.; Araújo, M. E. y De Carvalho, R. N. (2019). Supercritical CO₂ extraction of lyophilized Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp oil from three municipalities in the state of Pará, Brazil. *Journal of CO₂ Utilization*, 31, 226-234. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.03.019>