

Recibido el 28.06.22
Aprobado el 04.07.22

VALORIZACIÓN DE TORTA RESIDUAL DE ACEITE DE SINAMI (*Oenocarpus mapora* H. Karst) OBTENIDA DEL PENSADO POR TORNILLO COMO UN RECURSO DE VALOR AGREGADO

Freddy Carlos Ferrer Cutire^a, Sandra Casimiro-Gonzales^b, Fernando Ramos-Escudero^c,
Ana Maria Muñoz^{b*}

RESUMEN

Los frutos sinami son una fuente interesante de recursos promisorios y pueden ser aprovechados para el desarrollo de alimentos funcionales y cosméticos. Los objetivos del presente estudio se centran en la evaluación de la composición proximal y cromática de la torta, perfil de ácidos grasos del aceite obtenido mediante los métodos Folch y Soxhlet y el contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante del residuo después de la extracción con n-hexano y cloroformo/metanol. Los resultados de este estudio muestran que el contenido de carbohidratos fue 76,0 g/100 g y la fibra cruda fue 19,20 g/100g. Las coordenadas cromáticas de la torta de sinami presentaron valores de $a^* = 18,11$ y $b^* = -7,99$. El perfil de ácidos grasos mostró que el C18:1n-9/ ácido oleico, C16:0/ ácido palmítico, C18:2n-6/ ácido linoleico son los mayoritarios. Además la prueba de t al 5% de probabilidad no mostró diferencias significativas entre el método Folch y Soxhlet. El rendimiento de la extracción fue mayor con n-hexano en comparación a la mezcla de disolventes cloroformo/metanol. El contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante fue mayor en el residuo después de la extracción con n-hexano. Los resultados de este estudio evidencian la factibilidad del uso de la torta de sinami como sustituto parcial en productos comerciales. **Palabras clave:** Sustentabilidad, torta residual, composición nutricional, ácidos grasos, actividad antioxidante, métodos Soxhlet y Folch

^a Escuela de Postgrado, Universidad San Ignacio de Loyola, Av. La Fontana 750, 15024, Lima, Perú.

^b Instituto de Ciencias de Los Alimentos y Nutrición, Universidad San Ignacio de Loyola (ICAN-USIL), Campus Pachacamac, Sección B, Parcela 1, Fundo La Carolina, Pachacamac, 15823, Lima, Perú. amunoz@usil.edu.pe

^c Unidad de Investigación en Nutrición, Salud, Alimentos Funcionales y Nutraceuticos, Universidad San Ignacio de Loyola (UNUSAN-USIL), Campus Gran Almirante Miguel Grau, Av. La Fontana 750, 15024, Lima, Perú.

VALORIZATION OF SINAMI (*Oenocarpus mapora* H. Karst) OIL CAKE RESIDUAL OBTAINED FROM SCREW PRESS AS A RESOURCE VALUE-ADDED

ABSTRACT

Sinami fruits are an interesting source of promising resources and can be used for the development of functional foods and cosmeceuticals. The objectives of the present study are focused on the evaluation of the proximal composition and chromatic parameters of the cake, the fatty acid profile of the oil obtained by the Folch and Soxhlet methods, and the content of total polyphenols and antioxidant activity of the residue after extraction with n-hexane and chloroform/methanol. The results of this study show that the carbohydrate content was 76,0 g/100 g and crude fiber was 19,20 g/100 g. The chromatic coordinates of the sinami cake presented values of $a^* = 18,11$ and $b^* = -7,99$. The fatty acid profile showed that C18:1n-9/oleic acid, C16:0/palmitic acid, C18:2n-6/linoleic acid are the main fatty acids. Furthermore, the t-test at 5% probability did not show significant differences between the Folch and Soxhlet methods. The extraction yield was higher with n-hexane compared to the chloroform/methanol solvent mixture. Total polyphenol content and antioxidant activity were higher in the residue after extraction with n-hexane. The results of this study provide excellent findings for the use of sinami cake as a partial substitute in commercial products.

Keywords: Sustainability, sinami oilcakes, nutritional composition, fatty acids, antioxidant activity, Soxhlet and Folch methods.

INTRODUCCIÓN

El fruto de sinami (*Oenocarpus mapora* H. Karst) es una interesante fruta tropical que puede ser aprovechada por su fuente de polifenoles, ácidos grasos, y actividad antioxidante. Los frutos de *O. mapora* son muy similares a *Oenocarpus bacaba* y *Oenocarpus distichus*. Los frutos cuando están maduros muestran color morado oscuro y son muy aprovechados para la elaboración de bebidas regionales^{1,2}. El contenido de polifenoles y pigmentos de antocianinas monoméricas del pericarpio de *O. mapora* oscila entre ~9,72 mg ácido gálico equivalente por g de muestra y ~0,49 mg de cianidina 3-glucosido por g de muestra en base seca³.

La torta residual de la obtención de aceites vegetales son subproductos de semillas y frutas, extraídos por diferentes métodos como prensa en frío, prensa expeller, extracción por solvente convencional, extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida mediante enzimas, extracción asistida mediante microondas, extracción mediante fluido supercrítico, etc^{4,5}.

La torta residual de frutas y semillas se ha utilizado para múltiples aplicaciones comerciales entre las que se incluyen a: la harina de chía parcialmente desengrasada para la elaboración de un muffin⁶, aplicación de torta residual de semillas de manzana como sustituto parcial en

la elaboración de un pan de trigo⁷, incorporación de orujo de oliva obtenido de la extracción de aceite como fuente de fibra e hidroxitirosol en yogurt para la estabilidad gastrointestinal⁸, entre otros. Varios reportes han mencionado que las tortas residuales mejoran la calidad nutricional, modifican el color de los productos haciendo más llamativos a la vista de los consumidores, mejoran la textura y las propiedades antioxidantes. Actualmente, la revalorización de las frutas tropicales y sus subproductos para aplicaciones industriales desde el punto de vista de la sostenibilidad dentro del marco de los desafíos y oportunidades ha generado varias investigación para la mejora de la cadena de valor y la economía circular^{9,10}.

En el presente trabajo de investigación se evalúa el potencial nutricional y bioactivo de la torta residual de sinami con miras a desarrolla futuras investigaciones que permitan su utilización en productos comerciales.

PARTE EXPERIMENTAL

Material vegetal

El fruto de sinami (Figura 1A) fueron obtenido por la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) de los alrededores del Centro Poblado Alegría, ubicado a 58 km de la carretera Interoceánica Sur (Puerto Maldonado-Iñapari), Provincia de Tambopata, Madre de Dios, Perú (L.S.: 12°7'10.6"; L.O.: 69°7'7.1"; Altitud: 258 msnm). Las muestras fueron colectadas en enero del 2022.

Composición nutricional y propiedades cromáticas de la torta residual de sinami

La composición nutricional de la torta residual de sinami (Figura 1C) se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito por diferentes métodos. El porcentaje de humedad fue determinado de acuerdo con el método descrito por NTP 206.011¹¹. El contenido de ceniza (AOAC 935,09), proteína total (AOAC 935,39) y grasa (AOAC 935,39) de acuerdo con la metodología descrita en los métodos oficiales de análisis AOAC12. El contenido de fibra cruda siguiendo el método descrito en NTP 206.011¹³. Mientras que los carbohidratos totales fueron determinados por diferencia.

Las propiedades cromáticas de la torta residual sinami se llevó a cabo mediante análisis de imágenes, las fotografías fueron tomadas bajo luz natural utilizando una cámara digital (Canon, Powershot SX60 HS, Tokio, Japón). El análisis de las imágenes fue conducido utilizando Color Inspiration Tool, versión libre. 1.10.1 (<https://apps.apple.com/us/app/id983966188>). Las imágenes fueron importadas al aplicativo móvil y los cuadros de color L*, a*, b* fueron directamente registrados. Mientras que los valores del croma (C*) y tono (h)¹⁴ fueron calculados a partir de las siguientes ecuaciones.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h = \operatorname{atan} \frac{b^*}{a^*}$$



Figura 1. Frutos de sinami en estadio maduro (A), proceso de extracción de aceite de sinami (B) y torta residual del proceso extractivo (C).

Obtención de la torta residual de sinami

La torta residual de sinami fue obtenida siguiendo el procedimiento de Muñoz et al., el pericarpio fue removido mediante cuchillos de acero inoxidable, posteriormente las muestras se deshidrataron a 100°C durante 120 minutos en una estufa con aire forzada. Las muestras deshidratadas se utilizaron para la extracción de aceite mediante una prensa de tornillo (modelo Máquina prensadora de aceite, Genérico, Perú). La prensa operó a 90°C con un flujo de muestra de 12 kg por hora. Los subproductos obtenidos fueron el aceite y la torta, este último fue utilizado para el presente estudio. La torta residual de sinami obtenida fue previamente pesada y almacenada en bolsas de plástico al vacío en una cámara de congelación a -20°C (A54546, Infrac, Valencia, España) previos a los ensayos analíticos⁵.

Extracción del aceite de la torta residual de sinami

La extracción del aceite de la torta residual de sinami fue obtenida mediante dos métodos extractivos: extracción mediante n-hexano (Soxhlet) y extracción mediante cloroformo/metanol (Folch). Para la extracción utilizando n-hexano se pesó 10 g de torta residual, se colocó en cartuchos de extracción de celulosa y se dejó reflujar durante 4 horas en un equipo Soxhlet automatizado (E-812, Buchi, Suiza).

Para la extracción mediante cloroformo/metanol (2:1 v/v) se pesó aproximadamente 15 g de torta residual de sinami, luego se colocó en un balón de 250 mL. El balón se llevó a calentamiento a 100°C durante 2 horas¹⁵. Después de la extracción el sobrenadante fue filtrado con papel Whatman, luego la recuperación del aceite se llevó en el rotavapor Buchi a una temperatura de 40°C, presión de vacío de 100 mbar y una velocidad de rotación de 60. El aceite recuperado por ambos métodos fue pesado y almacenado a -20°C antes de los análisis. El rendimiento del aceite fue obtenido utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento de aceite \%} = \frac{m_{\text{aceite (g)}}}{m_{\text{masa inicial (g)}}} \times 100$$

Análisis de ácidos grasos

El análisis de ácidos grasos se llevó a cabo mediante cromatografía gaseosa después de una derivatización de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) siguiendo la metodología descrita por Ichihara and Fukubayashi¹⁶. Se utilizó un equipo de cromatografía gaseosa equipado con un detector de ionización de llama (VarianCP-3800, Walnut Creek, CA, EE. UU.) y una columna capilar de sílice fundida FAMEWAX® WCOT (30 m x 0,25 mm de d.i.: espesor de película de 0,25 µm, Restek Co.). Las condiciones de análisis del inyector, detector, y el programa de temperatura en el horno se llevó a cabo de acuerdo con Ramos-Escudero et al¹⁷. El resultado del contenido de ácidos grasos se expresó como porcentaje de ácidos grasos totales en el aceite de torta residual de sinami.

Polifenoles totales y actividad antioxidante

El contenido de polifenoles totales se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito en Alvites-Misajel et al¹⁸ con algunas modificaciones. Las muestras previamente desengrasadas mediante los métodos de extracción con n-hexano y cloroformo/metanol fueron secadas en campana de extracción (Labconco, Kansas, EE. UU.) el polvo obtenido se guardó en empaque al vacío y almacenada a -20 antes de los análisis. Para el análisis de polifenoles se pesó aproximadamente 2,50 g y se adicionó 10 mL de etanol al 80%, seguidamente se llevó a vortex durante 1 hora, seguido de una extracción asistida por ultrasonido a 40 kHz, 30°C y 30 min. El desarrollo de la reacción fue iniciado por la adición de 0.1 mL de extracto, 0.75 mL de Folin-Ciocaltea 0,2 N y 0,75 mL de carbonato de sodio al 7,5%. El desarrollo de la reacción fue durante 2 horas a temperatura de 22°C en oscuridad, después de este tiempo las lecturas de absorbancia fueron registradas a 765 nm utilizando un espectrofotómetro Jasco V770. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente por kg de muestra (mg GAE/kg).

La actividad antioxidante se llevó a partir de las extracciones de los polifenoles. Los radicales libres de DPPH y ABTS fueron preparados previamente en solución etanólica al 80%. El factor de dilución de la reacción en ambos casos fue 20. El tiempo de reacción fue de 30 min después de este tiempo se registró los valores de absorbancia a 515 y 734 nm respectivamente¹⁸. Los resultados fueron expresados µmol de trolox equivalente por g de muestra (µmol TE/g).

Análisis estadístico

Los resultados estadístico para el perfil de ácidos grasos, polifenoles y la actividad antioxidante fueron analizados utilizando la prueba de t de Student ($\alpha = 0.05$) para muestras dependientes para verificar las diferencias entre los métodos extractivos. Los análisis estadísticos fueron conducidos utilizando el programa STATISTICA versión 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, EE. UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química proximal y medida del color

Los resultados de la composición química y la medida del color están resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química promedio (%) y color de la torta residual de sinami

Nº	Parámetros	Valores
1	Humedad, g/100 g	0.50
2	Cenizas, g/100 g	2.20
3	Lípidos, g/100 g	13.60
4	Proteínas, g/100 g	7.70
5	Carbohidratos totales, g/100 g	76.00
6	Fibra cruda, g/100 g	19.20
7	Energía total, kcal/100g	457.20
8	L^*	45.92
9	a^*	18.11
10	b^*	-7.99
11	C^*	19.87
12	h	-24.06
	Color visualizado sensor nix	

La composición química nutricional de la torta residual de sinami presentó altos valores de carbohidratos totales (76,00 g/100 g), fibra cruda (19,20 g/100 g), lípidos (13,60 g/100 g), proteínas (7,70 g/100 g), cenizas (2,20 g/100 g). Varias harinas presentan valores altos de carbohidratos como la harina de trigo (77,18 g/100 g), amaranto (68,24 g/100 g) y camote (83,46 g/100 g)¹⁹. El contenido de lípidos en la torta residual de sinami es mayor que la harina de amaranto > trigo > camote¹⁹. Inclusive es mayor que el de otras tortas de semillas de oleaginosas como copra (9,4 g/100g) y sésamo (9,3 g/100 g)²⁰. Los valores de proteínas pueden ser comparable con otras harinas de palmeras tropicales como “chufa” (*Oenocarpus bataua* Mart.) y “pijuayo” (*Bactris gasipaes* Kunth) que presentaron contenidos de 5,40 g/100 g y 6,90 g/100 g respectivamente^{21,22}. Por otro lado las propiedades cromáticas de la torta residual de sinami mostraron valores de $L^* = 45,92$; $a^* = 18,11$ y $b^* = -7,99$. Además, las coordenadas triestímulo presentaron valores de $C^* = 19,87$ y $h = -24,06$. Los valores de a^* (positivo) y b^* (negativo) indican que la torta residual de sinami se encuentra en el cuadrante IV, su posición en el plano de la coordenada cromática a^*b^* (rojo-azul) indica presencia de antocianinas (Figura 2). Las especies de *Oenocarpus* spp., presenta frutos color negro violáceas en consecuencia contienen antocianinas. En genotipos de *O. distichus* Mart., el contenido de antocianinas varió de 152 a 258 $\mu\text{g/g}$ de muestra²³. Entre las antocianinas identificadas en diferentes genotipos de *O. distichus* Mart., se encuentra la cianidina 3-*O*-rutinosido y otras cianidinas derivadas.

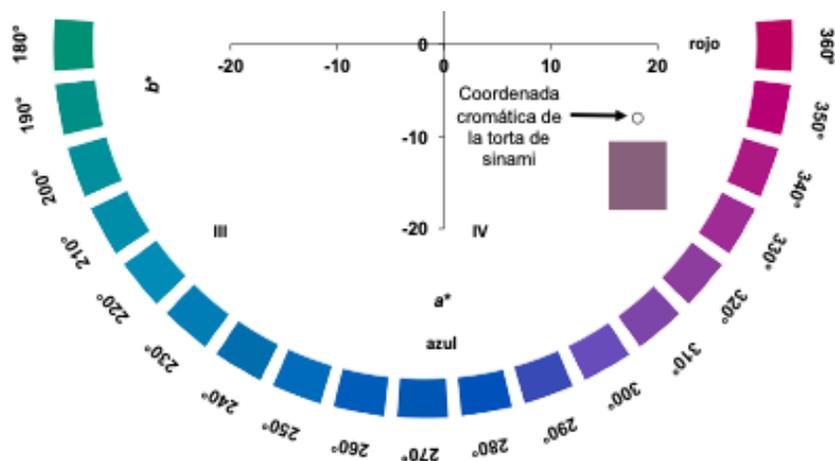


Figura 2. Coordenada cromática en el plano a^*b^* de la torta residual de sinami.

Perfil de ácidos grasos del aceite de la torta residual de sinami

Los resultados del perfil de ácidos grasos según método extractivo: Soxhlet (n-hexano) y Folch (cloroformo/metanol) se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento y composición de ácidos grasos (% moles) del aceite de torta residual de sinami usando n-hexano y cloroformo/metanol

	Extracción con n-hexano	Extracción cloroformo/metanol
Rendimiento de extracción	13.87 ^a	6.62 ^b
C14:0/ ácido mirístico	0.11±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a
C16:0/ ácido palmítico	20.90±0.11 ^a	20.65±0.28 ^a
C16:1n-7/ ácido palmitoleico	0.91±0.00 ^a	0.90±0.01 ^a
C18:0/ ácido esteárico	1.88±0.00 ^a	1.86±0.02 ^a
C18:1n-9/ ácido oleico	60.61±0.10 ^a	60.85±0.22 ^a
C18:1n-7/ ácido vaccénico	2.02±0.03 ^a	1.99±0.02 ^a
C18:2n-6/ ácido linoleico	12.99±0.01 ^a	13.07±0.05 ^a
C18:3n-3/ ácido α -linolenico	0.56±0.00 ^a	0.57±0.01 ^a
C18:4n-3/ ácido estearidónico	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
SFA	22.89	22.60
MUFA	63.53	63.74
PUFA	13.58	13.66

Valores con la misma letra en la fila no difieren para la prueba de t al 5% de probabilidad, n-hexano: Soxhlet, cloroformo/metanol: Folch.

En cuanto al rendimiento de la extracción utilizando n-hexano en Soxhlet fue mayor en comparación con la mezcla de cloroformo/metanol usando el método Folch. La extracción de aceite de materiales vegetales utilizando solventes polares como los usados en el método Folch pueden recuperar componentes con características polares que pueden afectar el rendimiento de la extracción.

El perfil de ácidos de ácidos grasos de la torta residual de sinami presenta mayor contenido de C18:1n-9/ ácido oleico > C16:0/ ácido palmítico > C18:2n-6/ ácido linoleico > C18:1n-7/

ácido vaccénico > C18:0/ ácido esteárico. Estos cinco componentes representan los principales ácidos grasos. Además el perfil de ácidos grasos no muestra diferencias significativas para la prueba de t al 5% de probabilidad entre los métodos extractivos de n-hexano y cloroformo/metanol. Otros componentes de ácidos grasos minoritarios son el ácido mirístico, ácido palmitoleico, ácido α -linolénico, y ácido estearidónico. Los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) representan alrededor del 63%. Los ácidos grasos saturados (SFA) alrededor del 22%, mientras que ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) aportan alrededor del 13% del total de los ácidos grasos. Estos datos son comparables con los valores obtenidos para aceite de pulpa liofilizada de *O. distichus* Mart., mediante la extracción de fluido supercrítico que presentó valores de ácido oleico entre 64.23 a 66.24%, ácido palmítico entre 17.19 a 18.81%, ácido linolénico entre 12.10 a 13.35% y ácido esteárico de 2.19 a 2.39%²⁴. Otras *Arecaceae* como *Mauritia flexuosa* y *Oenocarpus bataua* presentaron contenidos mayores de ácido oleico entre 73.29 a 79.54% y 75.40 a 77.2% respectivamente^{17,25}. Por otro lado, los aceites vegetales con alto grado de monoinsaturados y bajo contenido de ácidos grasos saturados son considerados de buena calidad debido al efecto beneficiosos de los MUFAs. Bowen et al. mencionaron que altos contenidos de ácido oleico con una disminución de PUFAs proporcionan efectos beneficiosos sobre las lipoproteínas con un riesgo reducido de enfermedades cardiovasculares en personas adultas con adiposidad central²⁶. En este contexto, el perfil de los ácidos grasos de los aceites vegetales con estas características es fundamental en la prevención de las enfermedades cardiovasculares.

Contenido de polifenoles y actividad antioxidante

El contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de la torta residual de sinami evaluada mediante el radical DPPH y ABTS se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante en la torta residual de sinami después de la extracción con n-hexano y cloroformo/metanol

	Después de la extracción con n-hexano	Después de la extracción cloroformo/metanol
Polifenoles totales *	550.42±0.70 ^a	359.48±3.51 ^b
DPPH **	986.0.2±1.95 ^a	472.88±2.07 ^b
ABTS **	326.85±1.66 ^a	295.78±1.91 ^b

Valores con letra diferente en la fila difieren para la prueba de t al 5% de probabilidad, n-hexano: Soxhlet, cloroformo/metanol: Folch. * mg GAE/kg; ** μ mol TE/g

Los resultados mostrados en la Tabla 3 indican que en la torta residual de sinami después de la extracción con n-hexano presenta mayor contenido polifenoles totales y mayor actividad antioxidante en comparación con la torta residual después de la extracción con cloroformo/

metanol. El método Folch es una técnica bastante utilizada para la recuperación de la fracción lipídica de muestras biológicas, sin embargo, su utilización puede incluir la extracción de compuestos polares como polifenoles. Kozłowska et al., han reportado que la extracción por el método Folch presenta mayor actividad antioxidante que el método por Soxhlet²⁷. Los resultados de este estudio muestran diferencias significativas para la prueba de t al 5% de probabilidad. La recuperación de los compuestos polares usando n-hexano es menor en comparación con la mezcla de disolvente cloroformo/metanol; sin embargo, cuando se mide el contenido de polifenoles totales en el residuo después de la extracción con n-hexano presenta mayor cantidad de polifenoles totales comparado con el residuo después de la extracción con cloroformo/metanol. Los valores de DPPH y ABTS de los extractos etanólicos al 80% derivados de la torta residual tratadas mediante el método Soxhlet fue superior que la tratada mediante el método Folch.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, se evaluó la composición nutricional y cromática en la torta de sinami. Mientras que el perfil de ácidos grasos se evaluó en el aceite de sinami obtenido por el método Folch (cloroformo/metanol) y método Soxhlet (n-hexano), además los polifenoles totales y la actividad antioxidante en el residuo después de la extracción de los métodos mencionados anteriormente. La composición proximal revela que la torta de sinami presenta alto contenido de carbohidratos y fibra cruda. Las coordenadas cromáticas de la torta de sinami se ubica en el cuarto cuadrante del plano a^*b^* siendo $+a^*$ (rojo) y $-b^*$ (azul) que indica la presencia de pigmentos vegetales de tipo antocianinas. El perfil de ácidos grasos del aceite de la torta residual de sinami muestra extraída por el método de Folch y Soxhlet muestra similitud en función a la composición de los ácidos grasos, siendo el ácido oleico, ácido palmítico, ácido linolénico los más abundantes. El residuo después de la extracción con cloroformo/metanol fue menor en comparación con el residuo después de la extracción con n-hexano.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica del Perú (proyecto número 108-2018-FONDECYT-BM-IADT-MU).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Best I, Rengifo H, Velarde E, Loja JF, Portugal A, Rengifo P. et. al. Phenology of *Oenocarpus mapora* H. Karst in low-terrace and high-terrace forests of the Madre de Dios region, Peru. *Forests*. 2021; 12: 1424.
2. Smith N. *Oenocarpus mapora*. In: Nigel Smith. *Palms and People in the Amazon*. Cham, Switzerland: Springer Cham; 2015. p. 421-428.
3. Quiñones Ruiz CE. Determinación de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante del unguahui (*Oenocarpus bataua* Mart.), sinamillo (*Oenocarpus mapora* H. Karst.) y huasai (*Euterpe oleracea* Mart.). [Tesis de Maestro]. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2018.
4. Nde DB, Foncha AC. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. *Processes*. 2020; 8(2): 209. doi: 10.3390/pr8020209.
5. Muñoz AM, Casimiro-Gonzales S, Gómez-Coca RB, Moreda W, Best I, Cajo-Pinche MI. et. al. Comparison of four oil extraction methods for sinami fruit (*Oenocarpus mapora* H. Karst): Evaluating quality, polyphenol content and antioxidant activity. *Foods*. 2022; 11(10): 1518. doi: 10.3390/foods11101518.
6. Aranibar C, Aguirre A, Borneo R. Utilization of a by-product of chia oil extraction as a potential source for value addition in wheat muffins. *J Food Sci Technol*. 2019; 56: 4189-4197.
7. Purić M, Rabrenović B, Rac V, Pezo L, Tomašević I, Demin M. Application of defatted apple seed cakes as a by-product for the enrichment of wheat bread. *LWT-Food Sci Technol*. 2020; 130: 109391. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109391.
8. Ribeiro TB, Bonifácio-Lopes T, Morais P, Miranda A, Nunes J, Vicente AA. et. al. Incorporation of olive pomace ingredients into yoghurts as a source of fibre and hydroxytyrosol: Antioxidant activity and stability throughout gastrointestinal digestion. *J Food Eng*. 2021; 297: 10476. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110476.
9. Aschemann-Witzel J, Bizzo HR, Doria Chaves ACS, Faria-Machado AF, Gomes Soares A, de Oliveira Fonseca MJ. et. al. Sustainable use of tropical fruits? Challenges and opportunities of applying the waste-to-value concept to international value chains. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021; 1-13. doi: 10.1080/10408398.2021.1963665.
10. Cádiz-Gurrea ML, Villegas-Aguilar MC, Leyva-Jiménez FJ, Pimentel-Moral S, Fernández-Ochoa A, Alañón ME. et. al. Revalorization of bioactive compounds from tropical fruit by-products and industrial applications by means of sustainable approaches. *Food Res Int*. 2020; 138: 109786.
11. Norma Técnica Peruana. Bizcochos, galletas, y pastas o fideos. Determinación de la humedad NTP 206.011. 2018.
12. AOAC. Official Method of Analysis. 20th Ed. Gaithersburg, MD (USA): Association of Analytical Chemists; 2016.
13. Norma Técnica Peruana. Cereales y menestras. Determinación de la fibra cruda NTP 205.003. 2016.
14. Zegarra S, Muñoz AM, Ramos-Escudero F. Elaboration of a gluten-free bread based on cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) flour and sensory acceptability evaluation. *Rev Chil Nutr*. 2019; 46(5): 561-570.

15. Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem.* 1957; 226: 497-509.
16. Ichihara K, Fukubayashi Y. Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *J Lipid Res.* 2010; 51; 635-640.
17. Ramos-Escudero F, Gómez-Coca RB, Muñoz AM, Fuente-Carmelino LDL, Pérez-Camino MC. Oil from three aguaje morphotypes (*Mauritia flexuosa* L.f.) extracted by supercritical fluid with CO₂: Chemical composition and chromatic properties. *Front Sustain Food Syst.* 2022; 6: 843772. doi: 10.3389/fsufs.2022.843772.
18. Alvites-Misajel K, García-Gutiérrez M, Miranda-Rodríguez C, Ramos-Escudero F. Organically vs conventionally-grown dark and white chia seeds (*Salvia hispanica* L.): fatty acid composition, antioxidant activity and techno-functional properties. *Grasas Aceites* 2019; 79(2): e299. doi:10.3989/gya.0462181.
19. Calderon de la Barca AM, Mercado-Gomez LE, Heredia-Sandoval NG, Luna-Alcocer V, Loaiza PMA, Gonzalez-Rios H. et. al. Highly nutritional bread with partial replacement of wheat by amaranth and orange sweet potato. *Foods* 2022; 11: 1473. doi:10.3390/foods11101473.
20. Sunil L, Appaiah P, Prasanth Kumar PK, Gopala Krishna AG. Preparation of food supplements from oilseed cakes. *J Food Sci Technol.* 2015; 52(5): 2998-3005.
21. Navas Hernández PB. Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. [Tesis Doctoral]. Ciudad Real, España: Universidad de Castilla La Mancha; 2010.
22. Ribeiro RG, Monteiro MKC, Rodrigues do Carmo J, Pena RS, Chisté RC. Peach palm flour: production, hygroscopic behavior, and application in cookies. *Heliyon* 2021; 7(5): e07062. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07062.
23. Carvalho AV, Ferreira da Silveira T, Brabo de Sousa SH, de Moraes MR, Godoy ET. Phenolic composition and antioxidant capacity of bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) genotypes. *J Food Comp Anal.* 2016; 54: 1-9.
24. Cunha VMB, Paiva da Silva M, Brabo de Sousa SH, Bezerra PN, Menezes EGO, Neves da Silva NJ. et. al. Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) oil extraction using supercritical CO₂ and bioactive compounds determination in the residual pulp. *J Supercrit Fluids.* 2019; 144: 81-90.
25. Bowen KJ, Kris-Etherton PM, West SG, Fleming JA, Connelly PW, Lamarche B. et. al. Diets enriched with conventional or high-oleic acid canola oils lower atherogenic lipids and lipoproteins compared to a diet with a western fatty acid profile in adults with central adiposity. *J Nutr.* 2019; 19(3): 471-478.
26. Chaves Yela JA, Ortiz Tobar DP, Bahos Ordoñez EM, Ordoñez Forero GA, Villota Padilla DC. Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus bataua*). *Perspectivas Nutrición Humana* 2020; 22(2): 175-188.
27. Kozłowska M, Gruczyńska E, Ścibisz I, Rudzińska M. Fatty acids and sterols composition, and antioxidant activity of oils extracted from plant seeds. *Food Chem.* 2016; 213: 450-456.