

## Antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de frutos secos y congelados de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer

Melquiades Barragán-Condori<sup>1\*</sup>, María del C. Delgado-Laime<sup>2</sup>, Edith Carrasco-Sauñe<sup>3</sup>, y Ulises S. Quispe-Gutiérrez<sup>3</sup>

(1) Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, Cusco, Perú. (correo-e: melquiades.barragan@uniqu.edu.pe).

(2) Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú. (correo-e: maricarmendl@yahoo.es).

(3) Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Apurímac, Perú. (correo-e: edcarsa@gmail.com; usquispe@unamba.edu.pe)

\* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Ene. 11, 2021; Aceptado Mar. 13, 2021; Versión final Jun. 10, 2021, Publicado Ago. 2021

### Resumen

El objetivo del presente estudio es identificar las antocianinas mayoritarias en extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer y valorar el efecto de diferentes estados de conservación sobre antocianinas totales (CAT), polifenoles totales (PFT) y la capacidad antioxidante (DPPH). Las CAT se determinaron mediante el método pH diferencial, los PFT a través del método Folin-Ciocalteu, y la capacidad antioxidante con el método DPPH. Los resultados obtenidos para frutos fresco, congelado y seco son: 1) CAT = 19.25, 21.71 y 12.92 mg de cianidina 3-glucósido/100g, 2) PFT = 1585.49, 820.73 y 1804.07 mg de ácido gálico/100g, y 3) DPPH = 38.39, 35.10 y 36.81  $\mu\text{mol}$  trolox/g, respectivamente. En conclusión, por su contenido de compuestos bioactivos, los frutos de *G. glomerata* (Cav.) Sleumer podrían utilizarse como alimento funcional saludable, siendo el mejor estado de conservación el congelado con referencia a los frutos secos.

*Palabras clave:* antioxidante; polifenoles; flavonoides; delphinidina; cianidina

## Anthocyanins and antioxidant capacity in *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer dried and frozen fruit extracts

### Abstract

The primary purpose of the present study is to identify the most prevalent anthocyanins in *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer fruit extracts and assess the effects of different conservation conditions on total anthocyanins (TA), total polyphenols (TP), and antioxidant capacity (DPPH). TA, TP, and DPPH are determined by the pH differential method, the Folin-Ciocalteu method, and the DPPH method, respectively. The results obtained for fresh, frozen, and dry fruit are: 1) TA = 19.25, 21.71, and 12.92 mg of cyanidin 3-glucoside/100g, 2) TP = 1585.49, 820.73, and 1804.07 mg of gallic acid/100g, DPPH = 38.39, 35.10, and 36.81  $\mu\text{mol}$  trolox/g, respectively. In conclusion, based on the bioactive compound content obtained, *G. glomerata* (Cav.) Sleumer fruit is a healthy functional food and the best method for its conservation is freezing when compared to dried fruit.

*Keywords:* antioxidant; polyphenols; flavonoids; delphinidin; cyaniding

## INTRODUCCIÓN

Ante la creciente demanda de alimentos funcionales con alto contenido de compuestos bioactivos, se tiene la alternativa del consumo de frutos nativos con colorantes naturales entre ellas la *Gaultheria glomerata* (Cav) Sleumer, conocida comúnmente como *macha-macha* negra. Esta planta pertenece a la familia Ericaceae y al género *Gaultheria*, existe alrededor de 330 especies distribuidas en Asia, América y Australia (Middleton, 1991). En Apurímac, Perú esta especie está distribuida sobre los 2300 m de altitud. Es una planta subfruticosa, semipostrada, litofita, alcanza un tamaño de 50 cm, su fruto es una baya esférica, el polispermo de 3 cm de diámetro por 1 cm de altura, distribuido en una inflorescencia en racimo; en estado maduro es de color morado oscuro, contiene las semillas embebidas en el mesocarpio del mismo color; los pobladores locales utilizan el fruto como medicina alternativa, para disminuir el dolor de cabeza, estrés, dolor de estómago, fortalecimiento de los dientes, consumidos también por su aroma agradable y sabor dulce (Brako y Zarucchi, 1993).

El fruto de *Gaultheria glomerata* (Cav) Sleumer, debido a su atractiva coloración natural y solubilidad, puede ser considerada una alternativa de fuente de antocianinas en lugar de los colorantes sintéticos utilizados en la actualidad, para el procesamiento de alimentos y bebidas (Welch et al., 2008). Las antocianinas son una clase de flavonoides extraídos de plantas solubles en agua, muestran actividades antioxidantes, antiinflamatorias y antiapoptóticas (Zhang et al., 2019). Las antocianinas ubicadas en los diferentes órganos de la planta, son de suma importancia, debido a que cumplen un rol en la adaptación fisiológica, en el proceso de propagación de plantas; atracción de organismos polinizadores y forman parte de los mecanismos de defensa contra elementos de estrés biótico y ambiental (Menzies et al., 2016). Comúnmente se sintetizan a partir de diversas especies siendo causantes de la presencia de colores rojo, azul, naranja y púrpura de gran variedad de flores, frutas y verduras a diferenciales de pH (Navas et al., 2012).

Por otro lado, las antocianinas cumplen la función de preservar la salud humana (Cassidy, 2018), tienen propiedades antioxidantes, ayuda a la profilaxis de enfermedades cardiovasculares, principalmente la diabetes (Xie et al., 2018). Las antocianinas tendrían actividad antidiabética y constituirse como alimento funcional dietético (Gowd et al., 2017). Las antocianinas poseen actividad antioxidante, tienen efecto neuroprotector, reducen la neuroinflamación, promueven la supervivencia de las células nerviosas, producen actividades preventivas y/o terapéuticas en una amplia gama de trastornos nerviosos (Zhang et al., 2019), reducen los niveles de especies reactivas de oxígeno (Cai et al., 2020). Son preventores de procesos degenerativos de enfermedades cancerígenas (Nardini y Garaguso, 2020), Las antocianinas pueden mejorar la salud, usarse como un factor alimenticio funcional para prevenir la obesidad y trastornos relacionados con la obesidad (Tucakovic et al., 2018). En general, se recomienda el consumo de antocianinas como complemento para la prevención y/o el tratamiento de trastornos mencionados (Zhang et al., 2019).

El fruto de *Gaultheria glomerata* (Cav) Sleumer es considerado un alimento nutraceutico y funcional de gran interés para la agroindustria alimentaria por el alto contenido de antocianinas monoméricas totales, compuestos fenólicos y vitamina C (Espinoza et al., 2017). Los frutos con coloración roja, azul o morada son considerados colorantes alimenticios y poseedores de antocianinas que son agentes potenciales en el procesamiento de productos con valor agregado utilizados en el consumo humano (Garzón, 2008). Sobre el fruto de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer no existen investigaciones suficientes acerca de la identificación y conservación de tipos de antocianinas y la capacidad antioxidante de sus extractos.

Cabe resaltar que, por las consideraciones mencionadas, se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar los componentes bioactivos y capacidad antioxidante en extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer en diferentes estados de conservación, cuyos resultados ayudarían al uso de los colorantes procedentes de los extractos naturales de este fruto en la industria alimentaria; además, de ser una alternativa de alimento funcional en beneficio de la salud humana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Material vegetal*

Los frutos nativos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (Fig. 1) fueron recolectados de la Comunidad de Sotapa, perteneciente al distrito de Huancarama, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac, Perú, ubicada a 2965 m de altitud. Los frutos fueron seleccionados los maduros y analizados en fresco, congelado y seco. Para el estado congelado se mantuvo a -20 °C durante 5 días, mientras para el estado seco se colocó a 60 °C por dos horas en estufa de convección forzada.

### *Materiales y reactivos*

Estándares de antocianinas peonidina (lote 75292147), petunidina (lote 86984083) suministrados por The nature network; delphinidina (lote BCCB3750), cianidina (lote 102061993), pelargonidina (lote SLCB7655) suministrados por Sigma Aldrich; solventes como metanol, ácido acético, acetonitrilo grado HPLC suministrados por JT Baker.



Fig. 1: Frutos nativos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer

#### *Extracción de pigmentos antociánicos*

Para extraer los pigmentos antociánicos de los frutos triturados en un molino de cuchillas, se utilizó metanol acidificado al 0.01% con HCl en una relación fruto: solvente (10:100; p/v) (Castillo et al., 2010), posteriormente se filtró, concentró, centrifugó y aforó a un volumen definido para los posteriores análisis de este extracto purificado (Barragán et al., 2018).

#### *Espectrofotometría UV-Visible*

Se ha caracterizado en forma cualitativa las antocianinas usando un espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 180S UV VIS a una longitud de onda de 300 a 700 nm, cuyas lecturas se hicieron a una velocidad de registro de 1600 nm/min, con 5 nm de resolución de datos, usando metanol acidificado como solvente (Barragán et al., 2018).

#### *Espectrometría FTIR-ATR*

Se ha caracterizado los grupos funcionales de las antocianinas por espectrometría FTIR ATR en un intervalo de longitud de onda de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$  respecto a su transmitancia en extractos de muestras semisólidas previamente purificadas e interpretando dichos espectros con el software OMNIC del equipo FTIR Thermo Scientific iS 50, utilizando el método adaptado por (Paraíso et al., 2020).

#### *Identificación por cromatografía HPLC*

El primer paso para separar las antocianinas del extracto de los frutos del *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer, fue la filtración utilizando cartucho Sep-Pak C-18 corto para separar las agliconas y recuperando este filtrado con metanol acidificado al 0.01% con HCl (Barragán et al., 2018). Luego de filtrado los extractos de los frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer, se ha separado las antocianidinas en el cromatógrafo HPLC serie 1200 Agilent Technologies Waldbronn, Alemania, con un detector de arreglo de fotodiodos DAD a 520 nm bajo las siguientes condiciones; se ha usado columna Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6 mm x 250 mm x 5  $\mu\text{m}$ , precolumna Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6 mm x 12.5mm x 5  $\mu\text{m}$ , temperatura de la columna 40 °C, presión de trabajo 135 bar, volumen de inyección 1  $\mu\text{L}$ , rango de flujo 1.0 mL/min, fase eluyente A (ácido acético, MeCN,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (10:5:1); eluyente B: acetonitrilo y en gradiente 0 min 5% de B, 1 min 8% de B, a 2 min 10% de B, a 15 min 20% de B, de 17 a 18 min 100% de B. La caracterización de antocianinas en el extracto se determinó por similitud con estándares de delfinidina y cianidina (Del Carpio et al., 2009) teniéndose retenciones en 5.03 minutos (31.8 mAU) y 6.58 minutos (23.3 mAU) respectivamente, mediante el método adaptado por (Vieira et al., 2017)

#### *Cantidad de antocianinas totales (CAT)*

En vista que las antocianinas poliméricas se presentan en extractos añejos o fermentados, en estos extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer se ha cuantificado las antocianinas monoméricas por el método de pH diferencial adaptado por (Barragán et al., 2018); para el cual se ha usado dos sistemas buffer: cloruro de potasio (KCl) pH 1.0 (0.025 M) y acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) pH 4.5 (0.4 M (Giusti y Wrolstad, 1996), usando un espectrofotómetro UV-Visible (Genesys 180S Thermo Scientific, EE.UU.), a 520 y a 700 nm, calculando las antocianinas monoméricas como cianidina-3-glucósido en base a las ecs. 1 y 2:

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5} \quad (1)$$

$$CAT(\text{ mg cianidina-3-glucósido/ L}) = \frac{A \times PM \times FD \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

Dónde: A = cambio en la absorbancia, CAT = contenido de antocianinas (mg/L), PM = masa molecular para cianidina-3-glucósido 449.2 g/mol,  $\epsilon$  = coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido 26900 L/mol.cm, l = camino óptico de celda 1 cm y FD factor de dilución.

#### *Determinación de polifenoles totales (PFT)*

La cuantificación de polifenoles totales (PFT) fue determinado usando el método Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999) adaptado por (Barragán et al., 2018), usando como patrón de referencia el ácido gálico desde 0 a 0.2 (mg/mL) resultando  $R^2$  0.969 cuya curva de calibración es  $Y = 2.701X - 0.0354$ . Usando la ecuación 3.

$$PFT\left(\frac{\text{mg ácido gálico}}{\text{litro}}\right) = \frac{(\text{Abs. muestra} - A)}{B} * FD \quad (3)$$

Donde Abs. muestra es absorbancia de la muestra, A intercepto, B pendiente, FD factor de dilución.

#### *Capacidad antioxidante método DPPH*

La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) es un radical libre estable en medio metanólico por tener un electrón desapareado sobre su molécula que no se dimeriza. La deslocalización del electrón intensifica su color violeta que, al reaccionar con el sustrato antioxidante, este color violeta se desvanece porque el antioxidante dona un átomo de hidrógeno al radical DPPH y éste cambio de color es cuantificado como capacidad antioxidante método DPPH después de 30 a 60 min dándose lectura en un espectrofotómetro UV Vis Thermo Scientific a 515 nm. Para la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos, se han usado como patrón de referencia el trolox desde 0 a 800 ( $\mu\text{mol/L}$ ) por lo que, tanto los extractos como el estándar actuaron reduciendo el radical DPPH (Brand-Williams et al., 1995). A una solución DPPH 0.1mM con un volumen de 1.2 mL ajustada a absorbancia de 0.700 a 515 nm se le agrega 100  $\mu\text{L}$  del extracto muestra diluido o estándar según sea el caso, luego de guardar 30 minutos en oscuridad leer las absorbancias por espectrofotometría a la misma longitud de onda, usando como sustancia estándar el trolox. La actividad antioxidante total fue expresada como ( $\mu\text{mol trolox/g}$ ). Usando el solvente metanol como blanco (Barragán et al., 2018). Determinándose el  $R^2$  0.9918 y su ecuación  $Y = 0.0008X + 0.0101$ . Usando la ecuación 4.

$$TEAC\ DPPH\left(\frac{\mu\text{mol trolox}}{\text{Litro}}\right) = \frac{(\text{Abs. muestra} - A)}{B} * FD \quad (4)$$

Donde Abs.muestra es absorbancia de la muestra, A intercepto, B pendiente, FD factor de dilución.

#### *Análisis estadístico*

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey con alfa 0.05, previamente se realizó la prueba de Shaphiro - Wilk para la normalidad y la prueba de Levene para homogeneidad de varianzas. Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2020. Los resultados se presentan en medias  $\pm$  desviación estándar.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para una mejor presentación los resultados se organizan en siete subsecciones: espectro ultravioleta visible de antocianinas, espectros de antocianinas mediante espectroscopía infrarroja, cromatograma HPLC, cuantificación de antocianinas totales mediante el método de ph diferencial, cuantificación de polifenoles totales, y determinación de capacidad antioxidante.

#### *Espectro ultravioleta visible (UV-Vis) de antocianinas*

Los resultados se muestran en la Fig. 2. Los espectros UV-Vis presentaron señales de bandas de absorción en la región visible que oscila entre 500 a 545 nm lo cual evidencia la existencia de antocianinas (Ortega y Guerra, 2006), estos resultados son similares al espectro UV-Vis encontrados para antocianinas en manzana malaya (*Syzygium malaccense*) (Zapata et al., 2014).

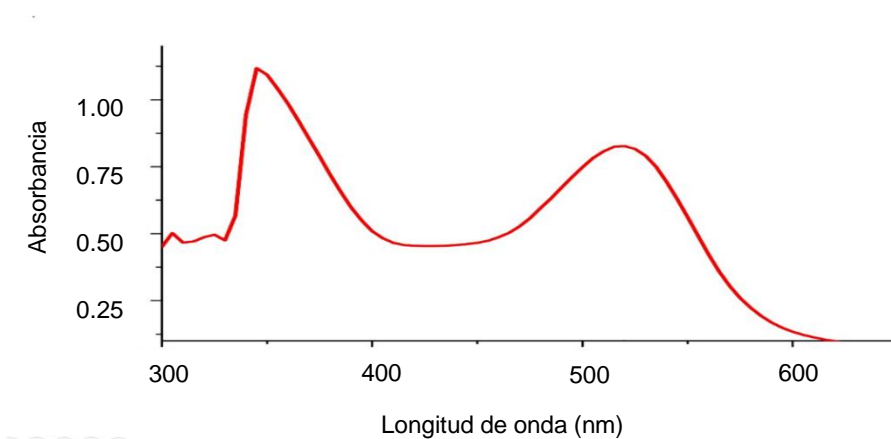


Fig. 2: Espectro UV VIS de antocianinas de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer

#### Espectros de antocianinas mediante espectroscopía infrarroja

Los resultados se muestran en la Fig. 3. Los espectros FTIR-ATR en la matriz observada presentan grupos funcionales de absorción C=O entre  $1615\text{ cm}^{-1}$ , aromáticos entre  $1246$  y  $1404\text{ cm}^{-1}$  y la de OH<sup>-1</sup> quelatado (o-hidroxiketona) a  $3281\text{ cm}^{-1}$  y combinaciones C-H a  $2934\text{ cm}^{-1}$ , los mismos que son características de una estructura de antocianinas en los extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer, estos resultados fueron interpretados según la descripción de (Pavia et al., 2014) y adaptado por (Barragán et al., 2018).

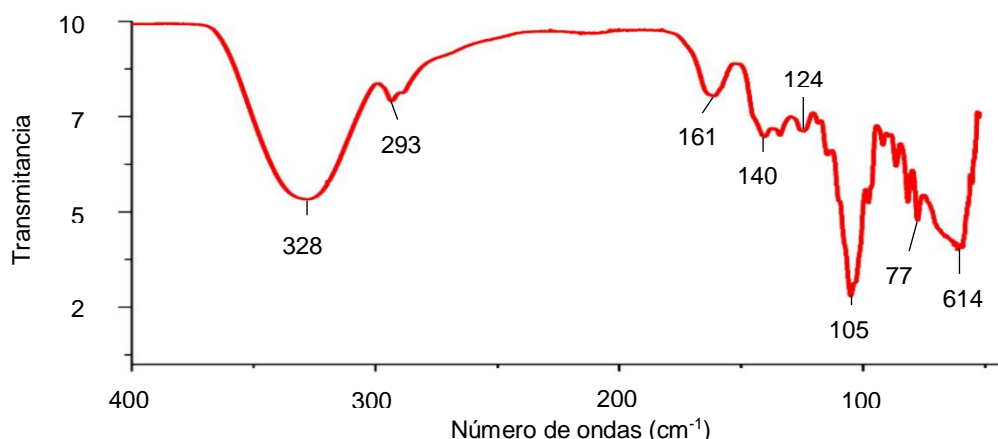


Fig. 3: Espectro FTIR-ATR en extractos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer

#### Cromatograma HPLC

En la figura 4 y 5 se presentan los cromatogramas del extracto purificado que fue aislado como extracto de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer, registrado a  $520\text{ nm}$  de longitud de onda, las mismas que fueron comparados con distintos estándares de antocianinas, coincidiendo la delfinidina y cianidina en los tiempos de retención  $5.03$  y  $6.58\text{ min}$  respectivamente como derivados glicosidados. En forma similar encontraron por HPLC delfinidina, petunidina, cianidina, malvidina y peonidina en el cheqche (*Berberis boliviana* L.) (Del Carpio et al., 2009) y cianidina en (*Coriaria ruscifolia* L.) (Barragán et al., 2018). También similarmente encontraron cianidina y pelargonidina, por HPLC DAD, en frutos antociánicos de mulberry (*Morus alba* L., Moraceae) (Qin et al., 2010).

#### Cuantificación de antocianinas totales (CAT) mediante el método de pH diferencial

Los resultados de la evaluación del contenido de antocianinas totales en extractos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer se muestran en la Tabla 1, según método de pH diferencial adaptado (Barragán et al., 2018). Se encontró mayor contenido de antocianinas en frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer en estado de conservación fresco y congelado versus seco. La diferencia de antocianinas de los frutos secos con respecto al fresco es por la degradación de antocianinas causado por la senescencia de las antocianinas a causa de la temperatura de secado. Entre el estado de conservación fresco y congelado no hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) de contenido de cianidina 3-glucósido/100 g de fruto de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer.

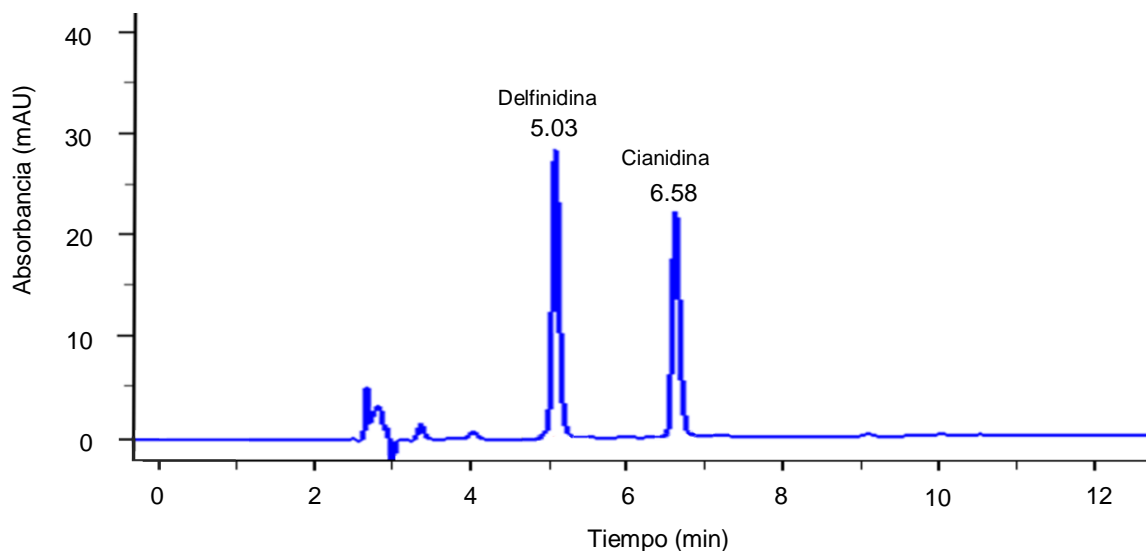


Fig. 4: Cromatograma HPLC de extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer a 520 nm

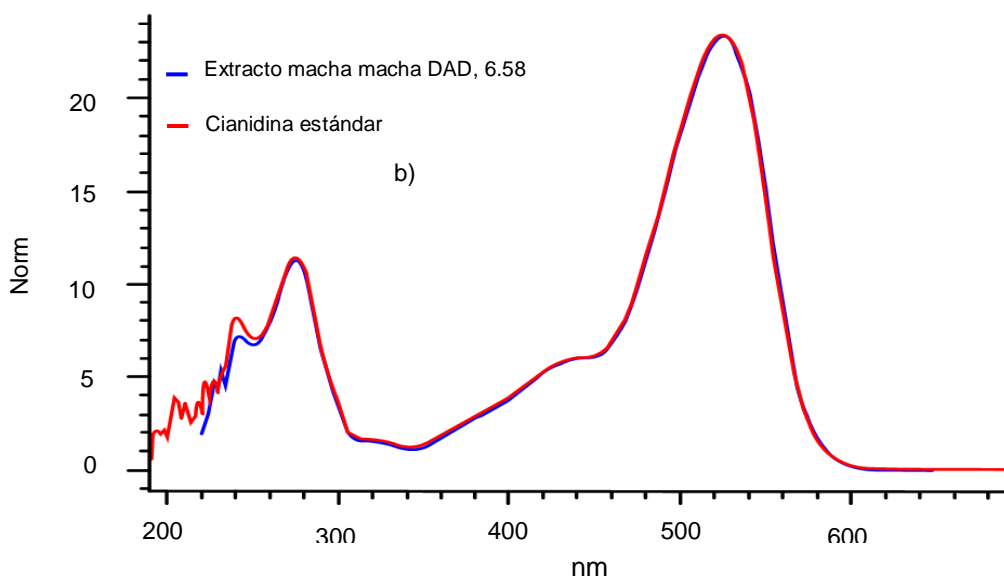
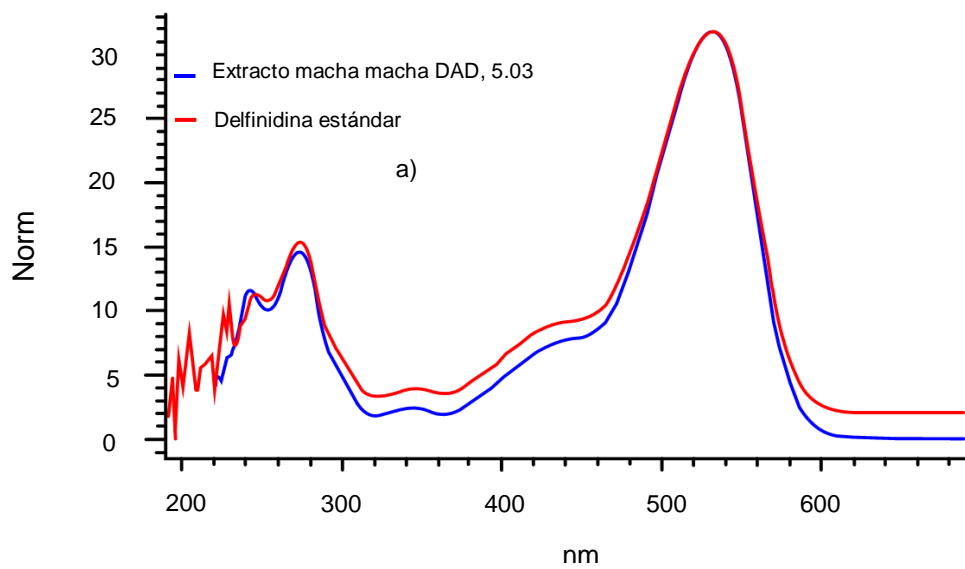


Fig. 5: Cromatograma HPLC de extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer a 520 nm comparado con estándares a) delfinidina (5.03 minutos y b) cianidina (6.58 minutos)

Estos resultados son similares al contenido de antocianinas totales en frutos de extractos de *Vaccinium parvifolium* (arándanos rojos), donde encontraron 34 mg de cianidina 3-glucósido/100 g (Moyer et al., 2002) entre otros. Datos expresados en media  $\pm$  desviación estándar, n = 5. Letras con superíndice diferente dentro de la columna expresan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Tabla 1: Contenido de antocianinas totales (CAT) de extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer.

Estado de conservación	CAT (mg cianidina 3-glucósido/100g)
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer fresco	19.15 $\pm$ 4.12 <sup>A</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer congelado	21.71 $\pm$ 2.82 <sup>A</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer seco	12.92 $\pm$ 1.98 <sup>B</sup>

#### Cuantificación de polifenoles totales (PFT)

Los resultados de la evaluación del contenido de polifenoles totales de extractos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer mostrados en la Tabla 2, aplicando el Método Folin - Ciocalteu adaptado (Barragán et al., 2018), presentan menor contenido de polifenoles totales 820.3 en frutos secos con respecto al fresco y congelado de 1804.1 y 1585.5 mg de ácido gálico/100 g (b.s.) respectivamente, esto porque en los frutos secos se degradaron sus componentes bioactivos en cambio en el congelado se mantuvieron dichas propiedades funcionales. Estos valores son similares a los frutos silvestres de *Rubus ideaus* L. donde encontraron 1489  $\pm$  33 mg de ácido gálico/100 g (Pantelidis et al., 2007). Datos expresados en media  $\pm$  desviación estándar, n=5. Letras con superíndice diferente dentro de la columna expresan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Tabla 2: Contenido de polifenoles totales (PFT) de extractos de los frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer.

Estado de conservación	PFT (mg ácido gálico/100g)
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer congelado	1585.49 $\pm$ 210.62 <sup>A</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer seco	820.73 $\pm$ 71.050 <sup>B</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer fresco	1804.07 $\pm$ 342.79 <sup>A</sup>

#### Determinación de capacidad antioxidante DPPH

Los resultados de la capacidad oxidante de los frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer se muestran en la Tabla 3, expresados como capacidad antioxidante en equivalentes Trolox, adaptado (Barragán et al., 2018), para extractos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer por el método DPPH. Entre los tres estados de análisis fresco, congelado y seco, la capacidad oxidante fue similar para los extractos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer. Estos resultados son soportados por los estudios realizados en frutos de mortiño donde encontraron 24.04  $\mu$ mol trolox/g (Sánchez, 2012) que son similares al presente estudio. Datos expresados en media  $\pm$  desviación estándar, n=5. Letras con superíndice diferente dentro de la columna expresan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Tabla 3: Capacidad antioxidante DPPH de extractos de los frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer.

Estado de conservación	Metodo DPPH ( $\mu$ mol trolox/g)
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer fresco	38.39 $\pm$ 1.25 <sup>A</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer congelado	35.10 $\pm$ 5.75 <sup>A</sup>
<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer seco	36.81 $\pm$ 0.96 <sup>A</sup>

## CONCLUSIONES

En los extractos de frutos de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer, se encontraron alto contenido de antocianinas totales, polifenoles totales y presencia de antocianidinas como delfinidina y cianidina, lo que sugiere que poseen alta capacidad antioxidante; por tanto, podría utilizarse como colorante aditivo natural en la industria alimentaria y constituirse como alimento funcional para mejorar la salud humana, siendo el mejor estado de conservación de estos frutos el congelado con referencia a los frutos secos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú y a la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, Cusco, Perú, por haber facilitado el acceso a los laboratorios y permitido la ejecución del presente estudio.

## REFERENCIAS

- Barragán, M., Aro, J.M., y otros dos autores, Antocianinas, Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante del mio – mio (*Coriaria ruscifolia* L), doi: 10.18271/ria.2018.419, Rev Investig Altoandín, 20(4), 419-428 (2018).
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., y Berset, C., Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm Wiss Technol*, ISSN: 0023-6438, 28(1), 25-30 (1995).
- Brako, L., y Zarucchi, J.L., Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru: Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú, Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden, ISSN: 0161-1542, 45, 1-1286 (1993).
- Cai, Y., Li, X., y otros siete autores, Anthocyanin Ameliorates Hypoxia and Ischemia Induced Inflammation and Apoptosis by Increasing Autophagic Flux in SH-SY5Y Cells, Doi: 10.1016/j.ejphar.2020.173360, *Eur J Pharmacol*, 883, 173360 (2020).
- Cassidy, A., Berry Anthocyanin Intake and Cardiovascular Health, doi: 10.1016/j.mam.2017.05.002, *Mol Aspects Med*, 61, 76-82 (2018).
- Castillo, G., Michelena, G., y otros ocho autores, Caracterización Cromatográfica y Espectroscópica de un Pigmento Rojo Obtenido a Partir de *Bothryodiplodia theobromae*, ICIDCA, Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, ISSN: 0138-6204, 44(3), 15-20 (2010).
- Del Carpio, C., Serrano, C., y Giusti, M., Caracterización de las Antocianinas de los Frutos de *Berberis boliviana* Lechler, *Rev Soc Quím Perú*, ISSN: 1810-634X, 75 (1) 76-86 (2009).
- Espinoza, M.S., Gómez, E.M., y otros tres autores, Physicochemical and Nutraceutical Characterization of Sirimbache Fruit (*Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer), doi: 10.17268/sci.agropecu.2017.04.12, *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 411-417 (2017).
- Garzón, G.A., Las Antocianinas Como Colorantes Naturales y Compuestos Bioactivos: revisión, *Acta Biolo Colomb*, ISSN: 0120-548X, 13(3), 27-36 (2008).
- Giusti, M.M., y Wrolstad, R.E., Characterization of Red Radish Anthocyanins, doi: 10.1111/j.1365-26211996.tb14186.x, *J Food Sci*, 61(2), 322-326 (1996).
- Gowd, V., Jia, Z., y Chen, W., Anthocyanins as Promising Molecules and Dietary Bioactive Components Against Diabetes – A Review of Recent Advances, doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.015, *Trends Food Sci Technol*, 68, 1-13 (2017).
- Menzies, I.J., Youard, L.W., y otros seis autores, Leaf Colour Polymorphisms: A Balance Between Plant Defence and Photosynthesis, doi: 10.1111/1365-2745.12494, *J Ecol*, 104, 104-113 (2016).
- Middleton, D.J., Ecology, Reproductive Biology and Hybridization in *Gaultheria* L., doi: 10.1017/S0960428600003656, *Edinburgh J Bot*, 48, 81-89 (1991).
- Moyer, R.A., Hummer, K.E., y otros tres autores, Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*, doi: 10.1021/jf011062r, *J Agric Food Chem*, 50, 519-525 (2002).
- Nardini, M., y Garaguso, I., Characterization of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fruit Beers, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125437, *Food Chem*, 305, 125437 (2020).
- Navas, M.J., Jiménez-Moreno, A.M., y otros tres autores, Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part IV: Extraction of Anthocyanins, doi: 10.1080/10408347.2012.680343, *Crit Rev Anal Chem*, 42(4), 313-342 (2012).
- Ortega, G.M., y Guerra, M., Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químico-físicos. Parte II. ICIDCA Sobre los Deriv la Caña Azúcar, 40(3):3-11 (2006).
- Pantelidis, G.E., Vasilakakis, M., y otros dos autores, Antioxidant Capacity, Phenol, Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries, Blackberries, Red Currants, Gooseberries and Cornelian Cherries, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06.021, *Food Chem*, 102(3), 777-783 (2007).



- Paraíso, C.M., dos Santos, S.S., y otros cuatro autores, Hibiscus Sabdariffa L. Extract: Characterization (FTIR-ATR), Storage Stability and Food Application, doi: 10.9755/EJFA.2020.V32.11.2059, Emirates J Food Agric, 32, 55-61 (2020).
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., y otros dos autores, Introduction to Spectroscopy. 5ª Ed., Cengage Learning, USA (2014).
- Qin C., Li Y., y otros cuatro autores, Analysis and Characterisation of Anthocyanins in Mulberry Fruit, doi: 10.17221/228/2008-CJFS, Czech J Food Sci, 28, 117-126 (2010).
- Sánchez D.E., Estudio del Potencial Antioxidante de la Mora (*Rubus glaucus* Benth) y sus Cambios en Función del Proceso de Maduración y Bajo Diferentes Temperaturas de Almacenamiento. Tesis de Magister, Fac. Ciencias, Dpto. Química, Universidad Nacional de Colombia, Colombia (2012).
- Singleton, V.L., Orthofer, R., y Lamuela-Raventós, R.M., Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1, Meth Enzymol, 299, 152-178 (1999).
- Tucakovic, L., Colson, N., y otros cuatro autores, The Effects of Anthocyanins on Body Weight and Expression of Adipocyte's Hormones: Leptin and Adiponectin, doi: 10.1016/j.jff.2018.03.042, J Funct Foods, 45, 173-180 (2018).
- Vieira, G.S., Marques, A.S.F., y otros tres autores, Determination of Anthocyanins and Non-anthocyanin Polyphenols by Ultra Performance Liquid Chromatography/electrospray Ionization Mass Spectrometry (UPLC/ESI-MS) in Jussara (*Euterpe edulis*) Extracts, doi: 10.1007/s13197-017-2653-1, J Food Sci Technol, 54(7), 2135-2144 (2017).
- Welch, C.R., Wu, Q. y Simon, J.E., Recent Advances in Anthocyanin Analysis and Characterization, doi: 10.2174/157341108784587795, Curr Anal Chem, 4(2), 75-101 (2008).
- Xie, L., Su, H., y otros tres autores, Recent Advances in Understanding the Anti-obesity Activity of Anthocyanins and their Biosynthesis in Microorganisms, doi: 10.1016/j.tifs.2017.12.002, Trends Food Sci Technol, 72, 13-24 (2018).
- Zapata, L., Heredia, A., y otros cuatro autores, Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. Ciencia, Docencia y Tecnol, 25(49):166-92 (2014).
- Zhang, J., Wu, J., y otros ocho autores, Neuroprotective Effects of Anthocyanins and its Major Component Cyanidin-3-O-glucoside (C3G) in the Central Nervous System: An Outlined Review, doi: 10.1016/j.ejphar.2019.172500, Eur J Pharmacol 858, 172500 (2019).

Página en blanco