

Polifenoles en cinco variedades de *Euphorbia pulcherrima* nativas de México

Karla Elizabeth González-García¹
Ramón Marcos Soto-Hernández³
María Teresa Beryl Colinas-León^{1§}
María del Rosario García-Mateos¹
María Eugenia Garín-Aguilar⁴
Diana Guerra-Ramírez²

¹Instituto de Horticultura-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56230. Tel. 229 1543388. (karlitaav@gmail.com; rosgar08@hotmail.com).

²Laboratorio de Productos Naturales-Área de Química-Departamento de Preparatoria Agrícola-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, México. CP. 56230. Tel. 55 27197195 (dguerrar@chapingo.mx). ³Especialidad de Botánica-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 35.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230. Tel. 55 12958275. (msoto@colpos.mx). ⁴Facultad de Estudios Superiores Iztacala-Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México. CP. 54090. Tel. 55 40559624. (maragarin@yahoo.com).

§Autora para correspondencia: lozcol@gmail.com.

Resumen

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotsch) crece de manera silvestre en los bosques tropicales mexicanos en forma arbustiva y con brácteas rojas llamativas y con menor frecuencia presenta brácteas blancas. El uso principal de la nochebuena nativa es el ornamental, poco se ha estudiado acerca de las propiedades nutrimentales o nutraceuticas de la planta. El objetivo del presente estudio fue determinar el perfil de flavonoides y ácidos fenólicos presentes en los extractos metanólico-acuosos en brácteas de cinco variedades de nochebuena de sol para conocer sus propiedades nutrimentales y promover su consumo. Se utilizaron brácteas secas (0.5 g por muestra). La extracción de los compuestos se hizo a partir de una solución de metanol/agua (80:20 v/v). Se llevó a cabo un perfil de ácidos fenólicos y flavonoides por cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR) acoplado a un detector de arreglo de diodos. Los ácidos gálico y siringico fueron los que presentaron las concentraciones más altas en las variedades analizadas. El flavonoide rutina se encontró en altas concentraciones en todas las variedades, sin embargo, en la variedad Juan Pablo no se logró detectar floridzina y floretina. Estos resultados sugieren que las brácteas de nochebuena pueden aportar antioxidantes importantes al consumirse.

Palabras clave: ácidos fenólicos, euphorbiaceae, flavonoides, HPLC.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: marzo de 2022

Introducción

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotsch) es una planta que crece de manera silvestre y arbustiva en los bosques tropicales mexicanos, de tallo pequeño y con llamativas brácteas rojas y muy poco frecuentes brácteas blancas (Trejo *et al.*, 2012). Una variante de las nochebuenas silvestres es la nochebuena de Sol. De acuerdo con Galindo-García *et al.* (2012) la nochebuena de sol es un arbusto ornamental y tradicional que puede presentar varios colores como rojo, rosa, blanco, de gran importancia económica y social y se produce de manera convencional en vivero a cielo abierto desde hace más de treinta años.

En la actualidad se reconocen nueve variedades de nochebuena de sol registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (Snics CNVV, 2021): ‘Valenciana’ (roja), ‘Juan Pablo (rosa)’, ‘Rehilete y ‘Belén’(rojas) y ‘Amanecer navideño’ (blanca), se denominan variedades de dominio público y son resultado de la selección, reproducción y modificaciones realizadas por algunos viveristas a partir de las nochebuenas criollas provenientes de: Tetela del Monte, Tepoztlán, Oaxtepec, Jiutepec y Ahuatepec, en el estado de Morelos (Colinas *et al.*, 2015; CNVV, 2021). Este estudio se enfocó a las variedades: ‘Amanecer navideño’, ‘Juan Pablo’, ‘Valenciana’, ‘Corona’ y una aun no registrada, la ‘Valenciana Superior’.

De acuerdo con Steinmann (2002) muchas de las especies endémicas de la familia Euphorbiaceae a la cual pertenece la nochebuena, se cultivan para su uso medicinal, industrial, alimenticio y ornamental, sin embargo, existen muy pocos estudios acerca de las propiedades nutrimentales o nutraceuticas de la nochebuena de Sol. Las hojas y brácteas de nochebuena se han empezado a introducir en diferentes platillos. En Taxco Guerrero, en donde se festeja el 8 de diciembre como el día de la nochebuena, se hace una degustación de diferentes platillos utilizando las brácteas de la nochebuena de sol.

De igual manera se comparten recetas utilizando brácteas en el festival navideño anual del Parque Ecológico de Xochitla, Estado de México. Las plantas ornamentales comestibles, pueden ser atractivas por su olor, color y sabor; sin embargo, se requiere de la evaluación de sus propiedades nutrimentales para incluirlas en la dieta. El uso de flores con fines comestibles se ha reactivado mediante el consumo de distintas partes de la flor, como los tallos y el néctar, incluyéndolos en la dieta como especias, colorantes y aditivos, además se ha generado un gran interés debido a sus propiedades nutraceuticas (Janarny *et al.*, 2021) Se puede considerar a las flores comestibles y plantas ornamentales como una nueva fuente de nutraceuticos (Mlcek y Rop, 2011).

Por otro lado, las flores comestibles pueden contener compuestos fenólicos con diferentes estructuras químicas, principalmente ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas los cuales pueden proveer capacidad antioxidante. Los ácidos fenólicos se encuentran distribuidos en diferentes partes de las plantas, estos metabolitos secundarios aromáticos son responsables de proporcionar color, sabor y astringencia, contribuyendo así a las características organolépticas de los alimentos (Rashmi y Negi, 2020). Las funciones de los ácidos fenólicos han sido objeto de un gran número de investigaciones relacionadas con la agricultura, biología, química y estudios medicinales. Mahomoodally *et al.* (2020) estudiando tres especies de *Euphorbia* (*E. hirta*, *E. heterophylla* y *E. convolvuloides*) reportan un alto contenido de fenoles totales entre 35.84 y 441.9 mg g⁻¹ e indican su potencial como anioxidantes.

Los flavonoides son sustancias fenólicas ampliamente distribuidas en todas las plantas vasculares y pueden presentarse en su forma libre, glicosilados o como derivados metilados, presentan una potente actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimutagenica, antimicrobiana y anticancerígena, además de habilidades para atrapar radicales libres y otras propiedades medicinales relacionadas con la capacidad de modular funciones enzimáticas (Karak, 2019). Los compuestos fenólicos, son una parte esencial en la dieta humana y son considerados de gran interés debido a sus propiedades antioxidantes y potencial efecto en la salud (Shahidi y Ambigaipalan, 2015). El objetivo del presente estudio fue analizar el perfil de ácidos fenólicos y flavonoides de cinco variedades de dominio público de Nochebuena, con el fin de conocer sus propiedades nutrimentales y promover su consumo.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se colectaron brácteas libres de daños mecánicos o por patógenos de cinco variedades de nochebuena de dominio público en el mes de enero 2019, las variedades fueron: Amanecer Navideño (AN), Juan Pablo (JP), Valenciana (V), Valsu (VS) y Corona (C), las cuales se mantienen bajo condiciones de invernadero en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Las brácteas se deshidrataron a baja temperatura en una liofilizadora (Free Zone 2.5 Liter Benchtop Labconco. USA), para su posterior análisis.

Método de extracción de ácidos fenólicos y flavonoides

La obtención de los extractos se llevó a cabo de acuerdo con la metodología de Wang *et al.* (2010), En cada variedad de nochebuena se pesaron 0.5 g de brácteas liofilizadas y se añadieron 10 ml de una disolución metanol/agua (80:20, v/v). La mezcla se agitó en un Vortex, (VWE International) durante 3 min a 3000 rpm, se sonicó por 15 min con un sonicador (Ultrasonic Cleaner 8890, Cole Palmer) y se agitaron durante 30 min a 27 °C. Este procedimiento se realizó por triplicado. Los extractos se almacenaron en frascos ámbar para su posterior análisis.

Identificación de ácidos fenólicos y flavonoides

Los análisis se realizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (CLAR) (Hewlett Packard, mod. 1100) acoplado a un detector de arreglo de diodos. Para la cuantificación de ácidos fenólicos se utilizó una columna Nucleosil 100 a 125 x 4 mm di, 5 µm (Marcherey-Nagel, Fisher Scientific, USA). Los eluyentes usados fueron: agua (pH 2.5) con ácido trifluoroacético (A) y acetonitrilo (B). Para la fase móvil se utilizó el siguiente gradiente de elución (v/v): 85% A-15%B (0-10'), 65%A-35%B (20'), 65% A-35%B (23'). El flujo de elución se mantuvo constante a 1 ml min⁻¹ y el volumen de inyección fue de 20 µl. La temperatura de la columna se mantuvo a 30 °C. Los tiempos de retención y los espectros se obtuvieron a 280 nm.

En cuanto a la cuantificación de flavonoides se utilizó una columna Hypersil ODS 5 µm de diámetro de partícula, 125 x 4 mm di (Agilent Technologies, USA). Los eluyentes fueron: agua (pH 2.5) con ácido trifluoroacético (A) y acetonitrilo (B). Para la fase móvil se utilizó el siguiente gradiente de elución (v/v): 85% A-15%B (0-10'), 65%A-35%B (20'), 65% A-35%B (23'). El flujo

de elución se mantuvo constante a 1 ml min^{-1} y el volumen de inyección fue de $20 \mu\text{l}$. La temperatura de la columna se mantuvo a $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Los tiempos de retención y los espectros se obtuvieron a 254, 316 y 365 nm. Tanto para fenoles como para flavonoides la identificación se realizó con base en una curva de calibración, utilizando los estándares respectivos de la marca Merck, Dalmsdat, Alemania.

Análisis estadístico

Los análisis se hicieron por triplicado y fueron expresados en miligramos de ácidos fenólicos o flavonoides por gramo de muestra en materia seca ($\text{mg g}^{-1} \text{ ms}$). Todos los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS para Windows 9.0, las diferencias estadísticas fueron determinadas en un análisis de varianza (Anova). Las medias se expresaron mediante el estadístico HSD de Tukey con una diferencia mínima significativa de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos identificados en los extractos metanólico acuosos de brácteas de las variedades de *Euphorbia pulcherrima* se muestran en el Cuadro 1. Sus estructuras químicas varían de acuerdo con el número y posición de radicales libres presentes en ellos (Figura 1).

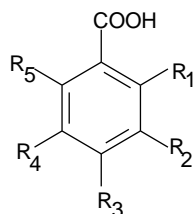


Figura 1. Posición de los grupos radicales de los ácidos fenólicos presentes en variedades de *Euphorbia pulcherrima*.

Cuadro 1. Ácidos fenólicos identificados en las brácteas de cinco variedades de *Euphorbia pulcherrima*.

Ácido fenólico	Nombre IUPAC	Estructura
Gálico	3,4,5-trihidroxibenzoico	$R_3 = R_4 = R_5 = \text{OH}$
Clorogénico	(1S,3R,4R,5R)-3-[[[(2E)-3-(3,4-dihidroxifenil)prop-2-enoil]oxi]-1,4,5-trihidroxiciclohexanocarboxílico	$R_1 = R_4 = R_5 = \text{OH}$
Siríngico	4-hidroxi-3,5-dimetoxibenzoico	$R_4 = \text{OH}; R_3 = R_5 = \text{CH}_3\text{O}-$
Vainílico	4-hidroxi-3-metoxibenzoico	$R_4 = \text{OH}; R_3 = \text{CH}_3\text{O}-$
P-hidroxibenzoico	4-hidroxibenzoico	$R_4 = \text{OH}$
Cafeico	(E)-3-(3,4-dihidroxifenil)prop-2-enoico	$R_3 = R_4 = \text{OH}$
Ferúlico	(E)-3-(4-hidroxi-3-metoxi-fenil)propil-2-enoico	$R_4 = \text{OH}; R_3 = \text{CH}_3\text{O}-$
P-cumárico	(E)-3-(4-hidroxifenil)-2-propenoico	$R_4 = \text{OH}$

Las concentraciones de ácido gálico y siríngico fueron las más altas en las cinco variedades de Nochebuena, sobresaliendo la variedad Corona con 50% más de ácido gálico que las variedades Amanecer Navideño y Valenciana que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente. Mientras que para el ácido siríngico, los mayores contenidos fueron en las variedades Corona y Valenciana. Por otro lado, el ácido p-cumárico fue el que se encontró en concentraciones menores ($0.028-0.54 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$) en todas las variedades, particularmente en Juan Pablo y Valenciana.

Considerando los ocho ácidos fenólicos evaluados en esta investigación, de manera global, el mayor contenido de ácidos fenólicos se obtuvo en la variedad Corona, la cual con $57.14 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$ representa el valor más alto, siguiéndole la variedad Valenciana con un 33.08% y Amanecer Navideño con un 37.73% menos respectivamente. De manera global total el contenido de ácidos fenólicos fue menor en la variedad Valsu ($11.48 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$)

Los compuestos fenólicos están presentes en prácticamente todos los alimentos de origen vegetal, debido a que proporcionan bloques de construcción útiles con excelente funcionalidad y biocompatibilidad, se ha promovido su uso como reemplazo para los antioxidantes sintéticos comúnmente utilizados en la industria alimentaria (Dias *et al.*, 2020). En la investigación realizada por Ertas *et al.* (2015) el ácido gálico fue uno de los ácidos fenólicos de mayor abundancia en dos especies de *Euphorbia* (*E. gaillardotii* y *E. macroclada*) analizadas, resultado similar al reportado en las variedades de Nochebuena del presente estudio.

Florkiewicz *et al.* (2019) analizaron el contenido de ácido gálico en variedades del género *Brassica* tales como las coles de brucas (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) y en el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) obteniendo concentraciones de $0.0027 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$ y $0.0025 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$ respectivamente, mientras que en las variedades de nochebuena analizadas los valores de ácido gálico se encuentran en un rango de $0.13 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$ a $23.76 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$. También se puede encontrar al ácido gálico en bebidas como el café, té y el vino (Nayeem *et al.* (2016). De acuerdo con Badhani *et al.* (2015) el ácido gálico provee una eficiente protección en contra del daño oxidativo causado por las especies reactivas encontradas en los sistemas biológicos incluyendo al hidroxilo, superóxido y peróxido y los no radicales como el peróxido de hidrógeno y el ácido hipocloroso.

Otro compuesto fenólico de gran abundancia en el reino vegetal es el ácido siríngico y se encuentra presente en los olivos, dátiles y especias, además exhibe propiedades útiles en el sector biomédico ya que actúa como antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatorio y anticancerígeno (Srinivasulu *et al.* 2018). Pioro-Jabrucka *et al.* (2011) analizaron los extractos metanólicos de *Euphorbia hirta*, reportando valores del ácido siríngico de $0.61 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$, un valor inferior al encontrado en las variedades Juan Pablo, Valenciana, Valsu y Corona del presente estudio. La variedad Corona presentó las mayores concentraciones de los ácidos gálico, siríngico y vainílico. Este último también es conocido como 4-hidroxi-3-metoxibenzoico es un compuesto fenólico derivado de plantas y frutos comestibles (Prince *et al.*, 2011) varios estudios han proporcionado evidencia de la efectividad del ácido vainílico en el manejo de las respuestas inmunes o inflamatorias (Kim *et al.*, 2010).

En cuanto a las variedades Juan Pablo y Valenciana no se logró detectar el ácido vainílico y en la variedad Valenciana Superior no se detectaron los ácidos p-hidroxibenzoico y cafeico debido a que se encontraron en concentraciones muy bajas (Cuadro 2). Los ácidos hidroxicinámicos se encuentran con mayor frecuencia en la naturaleza, en comparación a los ácidos hidroxibenzoicos,

y usualmente están disponibles ya sea en su forma soluble conjugados con azúcares y ácidos orgánicos o unidos a los constituyentes celulares. Los ácidos hidroxicinámicos más comunes son el ácido p-cumárico, cafeico y ferúlico (Rashmi y Negi, 2020). Jahan *et al.* (2013) analizaron cinco ácidos fenólicos (gálico, clorogénico, p-cumárico, ferúlico y cafeico) presentes en extractos metanólicos de *Euphorbia tirucalli* mediante cromatografía de líquidos, los ácidos gálicos, clorogénico y p-cumárico fueron los más representativos; obteniendo valores inferiores de los ácidos gálico ($0.01 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$) y clorogénico ($0.04 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$) a diferencia de los reportados en las variedades analizadas del presente estudio.

Cuadro 2. Cuantificación de ácidos fenólicos mediante CLAR en extractos metanólico-acuosos de *Euphorbia pulcherrima*.

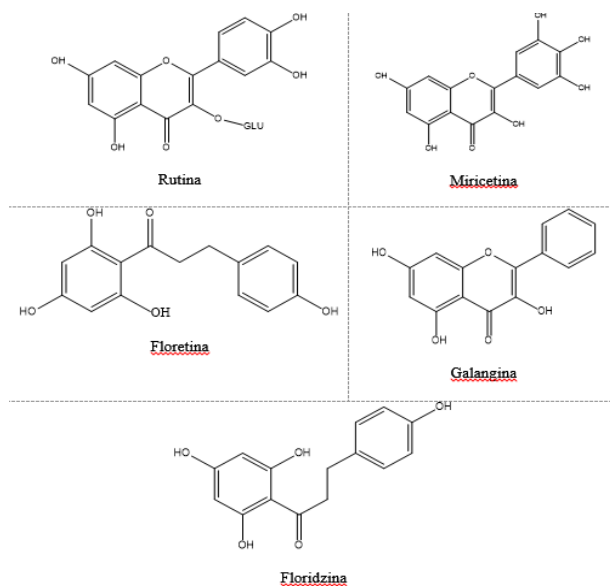
Ácido fenólico ($\text{mg g}^{-1} \text{ ms}$)	Variedad				
	AN ¹	JP	V	VS	C
Gálico (1.635)*	10.65a \pm 0.76	1.81cb \pm 0.16	11.5ba \pm 4.28	0.13b \pm 0.03	23.76a \pm 3.02
Clorogénico (2.491)*	1.37bc \pm 0.11	2.54cb \pm 2.11	3.75ba \pm 6.3	4.57a \pm 4.5	2.75b \pm 3.2
Siríngico (3)*	0.27c \pm 0.06	2.45b \pm 2.11	12.63a \pm 5.76	6.36b \pm 0.08	17.37ba \pm 0.91
Vainílicico (3.387)*	0.28c \pm 0.09	ND	ND	0.17b \pm 0.26	12.3ba \pm 1.58
P-hidroxibenzoico 11.271)*	2.41bc \pm 0.21	1.65cb \pm 1.08	0.15ba \pm 0.14	ND	0.18b \pm 0.09
Cafeico (3.387)*	9.47ba \pm 3.1	8.7a \pm 0.34	9.8ba \pm 0.26	ND	0.37b \pm 0.15
Ferúlico (6.056)*	2.49bc \pm 0.38	1.41cb \pm 0.63	0.32ba \pm 0.06	0.14b \pm 0.01	0.07b \pm 0.003
P-cumárico (5.289)*	0.54c \pm 0.08	0.03c \pm 0.02	0.09ba \pm 0.03	0.11b \pm 0.15	0.34b \pm 0.14

*= tiempo de retención. Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (HSD de Tukey, $p \geq 0.05$); ¹= desviación estándar; AN= Amanecer Navideño; JP= Juan Pablo; V= Valenciana; VS= Valsu; C= Corona; ND= no detectado.

El ácido p-cumárico, presentó un valor similar a lo reportado en las variedades analizadas con una concentración de $0.09 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$. El ácido p-cumárico se encuentra en las plantas y hongos, ya sea en su forma libre o conjugada, también está presente en frutas (manzanas, peras, uvas, naranjas, tomates y bayas) y en vegetales (cebollas, frijoles y papas) o en cereales como el maíz, avena y trigo. Diversas investigaciones han mostrado que los conjugados del ácido p-cumárico proporcionan actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimutagénica, antiulcerosa y anticancerosa (Pei *et al.*, 2016).

Flavonoides

Los flavonoides identificados en los extractos metanólico acuosos de brácteas de las variedades de *Euphorbia pulcherrima* se encuentran en la (Figura 2) y (Cuadros 3 y 4). Se obtuvieron concentraciones altas de rutina en todas las variedades analizadas, la variedad Amanecer Navideño presentó mayor concentración de este flavonoide, seguido de la variedad Juan Pablo con 16.47% menos y en tercer lugar Valsu con 14.53% menos. Corona presentó el contenido más alto de floridzina ($66.22 \pm 0.09 \text{ mg g}^{-1} \text{ ms}$) siguiendo la variedad Amanecer Navideño con un 32.85% menos. Por otro lado, la miricetina se encontró en mayor concentración en la variedad Amanecer Navideño, siendo su contenido muy bajo en las otras cuatro variedades. El equipo no detectó la presencia de los flavonoides floridzina y floretina en la variedad Juan Pablo.


Figura 2. Estructuras de los flavonoides presentes en variedades de *Euphorbia pulcherrima*.
Cuadro 3. Flavonoides identificados en las brácteas de cinco variedades de *E. pulcherrima*.

Flavonoide	Nombre IUPAC	Estructura
Rutina	2-(3,4-dihidroxifenil)-5,7-dihidroxi-3- {[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihidroxi-6-([(2R,3R,4R,5R,6S)-3,4,5-trihidroxi-6-metiloxan-2-il]oxi) metil)oxan-2-il]oxi}-4H-cromen-4-ona	R ₁ = R ₂ = R ₃ = OH
Miricetina	3,5,7-trihidroxi-2-(3,4,5-trihidroxifenil)-4-cromeona	R ₁ = R ₄ = R ₅ = OH
Floretina	3-(4-hidroxifenil)-1-(2,4,6-trihidroxifenil) propan-1-ona	R ₄ = OH
Galangina	3,5,7-trihidroxi-2-fenilcromen-4-ona	R ₄ = OH; R ₃ = R ₅ = CH ₃ O-
Floridzina	1-(2,4-dihidroxi-6-[[(2" S", 3" R", 4" S", 5" S", 6" R")-3,4,5-trihidroxi-6-(hidroximetil)oxan-2-il]oxi] fenil)- 3-(4-hidroxifenil) propan-1-ona	R ₄ = OH

Cuadro 4. Cuantificación de flavonoides mediante CLAR en extractos metanólico-acuosos de *E. pulcherrima*.

Flavonoide (mg g ⁻¹ ms)	Variedad				
	AN ¹	JP	V	VS	C
Rutina (5.734)*	32.68a ±1.43	27.3a ±2.58	22.74a ±3.68	27.93a ±1.14	26.57ba ±0.7
Floridzina (9.056)*	44.47a ±0.37	ND ²	0.37b ±0.1	0.32b ±0.06	66.22a ±0.09
Miricetina (9.19)*	9.4a ±0.06	0.21b ±0.12	0.21b ±0.02	0.17b ±0.01	0.14b ±0.02
Floretina (16.263)*	0.28a ±0.2	ND	0.04b ±0.01	0.28b ±0.22	0.22b ±0.01
Galangina	0.4a ±0.01	0.03b ±0.06	0.42b ±0.04	0.33b ±0.004	0.04b ±0.005

*= tiempo de retención. Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (HSD de Tukey, $p \geq 0.05$); ¹= desviación estándar; AN= Amanecer Navideño; JP= Juan Pablo; V= Valenciana; VS= Valsu; C= Corona; ND= no detectado.

Considerando el contenido total de los cinco flavonoides evaluados, el mayor contenido se obtuvo en la variedad Corona con 93.19 mg g⁻¹ ms, siguiéndole Amanecer Navideño con 87.23 mg g⁻¹ ms. Mientras que las otras tres variedades Valsu (29.03 mg g⁻¹ ms), Juan Pablo (27.54 mg g⁻¹ ms) y Valenciana (23.78 mg g⁻¹ ms) presentaron aproximadamente un 50% menos de flavonoides totales que las variedades anteriores.

Los flavonoides son una parte integral de la dieta, debido a que son fitoquímicos propios de la planta y no pueden ser sintetizados por el humano, es por eso por lo que se deben de obtener de diferentes fuentes, principalmente de origen vegetal (Mahomoodally *et al.* (2020). De acuerdo con la investigación realizada por Ertas *et al.* (2015), uno de los principales constituyentes de dos especies de *Euphorbia* analizadas fue la rutina, resultado similar al que se obtuvo en las cinco variedades de *Euphorbia pulcherrima* analizadas en este estudio.

El flavonoide rutina está constituido por un glucósido de quercetina (flavonol) y rutinosa (disacárido), el cual se encuentra comúnmente en la dieta y en bebidas de origen vegetal como el té y vino, además presenta diversas propiedades farmacológicas tales como antiinflamatorias, neuroprotectoras y anticancerígenas (Imani *et al.*, 2020). Jahan *et al.* (2013) reportaron a la miricetina como uno de los principales flavonoides presentes en los extractos metanólicos de *E. tirucalli*, obteniendo un valor superior de 0.82 mg g⁻¹ ms a los obtenidos en la mayoría de las variedades de *E. pulcherrima* aquí analizadas a excepción de la variedad Amanecer Navideño, en la cual se encontró un valor de 9.4 mg g⁻¹ ms.

La miricetina es un compuesto fenólico muy común en las bayas, vegetales, tés y vinos, además es producido por varias plantas, este compuesto muestra una variedad de actividades farmacológicas y actúa como antiinflamatorio, analgésico, antitumoral y hepatoprotector (Semwal *et al.*, 2016). Mustafa *et al.* (2022) analizaron el contenido de quercetina y miricetina en los frutos de blueberry (*Vaccinium* spp.) comercial encontrando valores de 0.069 mg g⁻¹ y 0.003 mg g⁻¹ respectivamente, mientras que en las variedades de nochebuena analizadas los valores de miricetina se encuentran en un rango de 0.14 mg g⁻¹ ms a 9.4 mg g⁻¹ ms.

Por otro lado, las chalconas son pigmentos amarillos responsables en parte del color de las flores y frutas (Peñarrieta *et al.*, 2014). Este hecho podría explicar el por qué en la variedad Amanecer Navideño se encontraron concentraciones altas de floridzina (44.47 ±0.37 mg g⁻¹ ms) ya que sus brácteas son de color amarillo. De acuerdo con (Haider *et al.*, 2020) la fletina se encuentra comúnmente presente en los árboles de manzana y en *Prunus mandshurica*, además muestra diversas bioactividades tales como la antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio e inmunomodulador. En la investigación realizada por Zielinska *et al.* (2019) analizaron el contenido de fletina y floridzina en manzana (*Malus* sp., *Rosaceae* var. Sunrise) en concentraciones de 0.0014 y 0.062 mg g⁻¹ respectivamente, siendo valores inferiores a los encontrados en las variedades de Nochebuena analizadas en este estudio.

Conclusiones

Las concentraciones de los ácidos gálico y siríngico, fueron las más altas, particularmente en la variedad Corona. Se detectó que el ácido p-cumárico fue el de menor concentración en la variedad Juan Pablo. La variedad Corona sobresale en el contenido de ácido vainillico. En cuanto a los

flavonoides, se encontraron altas concentraciones de rutina en todas las variedades, sobresaliendo Amanecer Navideño. La floridzina se encontró en altos niveles en Amanecer Navideño y Corona. En la variedad Juan Pablo no se logró detectar floridzina y fletina. Se considera que las brácteas de las variedades Corona y Amanecer Navideño al presentar un alto nivel de ácidos fenólicos y flavonoides tienen potencial para ser incluidas en la dieta.

Literatura citada

- Badhani, B.; Sharma, N. and Kakkar, R. 2015. Gallic acid: A versatile antioxidant with promising therapeutic and industrial applications. RSC Advances. 5(35):27540-27557. Doi: 10.1039/c5ra01911g.
- Colinas, M. T.; Espinosa, A.; Mejia, J.; Rodríguez, M. A.; Pérez, M. L. y Alia-Tejacal, I. 2015. Cultivars of *Euphorbia pulcherrima* from Mexico. Acta Hort. 1104:487-490. Doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1104.70.
- Dias, R.; Oliveira, H.; Fernandes, I.; Simal-Gandara, J. and Perez-Gregorio, R. 2020. Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 61(7):1130-1151. Doi: 10.1080/10408398.2020.1754162.
- Ertas, A.; Yilmaz, M. A. and Firat, M. 2015. Chemical profile by LC-MS/MS, GC/MS and antioxidant activities of the essential oils and crude extracts of two *Euphorbia* species. Natural Product Res. 29(6):529-534. Doi: 10.1080/14786419.2014.954113.
- Florkiewicz, A.; Socha, R.; Florkiewicz-Filipiak, A. and Topolska, K. 2019. Sous-vide technique as an alternative to traditional cooking methods in the context of antioxidant properties of *Brassica* vegetables. Sci. Food Agric. 99(1):173-182. Doi.org: 10.1002/jsfa.9158.
- Galindo-García, D. V.; Alia-Tejacal, I.; Andrade-Rodríguez, M.; Colinas-León, M. T.; Canul-Ku, J. y Sainz-Aispuro, M. J. 2012. Producción de nochebuena de sol en Morelos, México Sun-poinsettia production in Morelos, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(4):751-763.
- Haider, K.; Haider, R. M.; Neha, K. and Yar, M. S. 2020. Free radical scavengers: an overview on heterocyclic advances and medicinal prospects. Eur. J. Medicinal Chem. 204(112607):1-16. Doi:10.1016/j.ejmech.2020.112607
- Imani, A.; Maleki, N.; Bohlouli, S.; Kouhsoltani, M.; Sharifi, S. and Maleki-Dizaj, S. 2020. Molecular mechanisms of anticancer effect of rutin. Phytotherapy Res. 35(5):1-14. Doi.org: 10.1002/ptr.6977.
- Jahan, N.; Ur-Rahman, K.; Ali, S. and Rafiq-Asi, M. 2013. Phenolic acid and flavonol contents of gemmo-modified and native extracts of some indigenous medicinal plants. Pakistan J. Bot. 45(5):1515-1519.
- Janarny, G.; Gunathilake, K. D. P. P. and Ranaweera, K. K. D. S. 2021. Nutraceutical potential of dietary phytochemicals in edible flowers a review. J. Food Biochem. 45(4):1-20. doi:10.1111/jfbc.13642.
- Karak, P. 2019. Biological activities of flavonoids: an overview. Inter. J. Pharm. Sci. Res. 10(4):1567-1574. Doi:10.13040/IJPSR.0975-8232.10(4).1567-74.
- Kim, S. J.; Kim, M. C.; Um, J. Y. and Hong, S. H. 2010. The beneficial effect of vanillic acid on ulcerative colitis. Molecules. 15(10):7208-7217. Doi: 10.3390/molecules15107208.
- Mlcek, J. and Rop, O. 2011. Fresh edible flowers of ornamental plants a new source of nutraceutical foods. Trends Food Sci. Technol. 22(10):561-569. Doi: 10.1016/j.tifs.2011.04.006.

- Mahomoodaly, M. F.; S. Dall-Acqua, K.; Sut, I.; Ferrarese, O.; Katinan, N.; Bibi, G.; Ak, G. and Zengin. 2020. Phenolic compounds analysis of three *Euphorbia* species by LC-DAD-MS and their biological properties. *J. Pharm. Biom. Anal.* 189:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113477>.
- Mustafa, A. M.; Angeloni, S.; Abouelenein, D.; Acquaticci, L.; Xiao, J.; Sagratini, G.; Maggi, F.; Vittori, S. and Caprioli, G. 2022. A new HPLC-MS / MS method for the simultaneous determination of 36 polyphenols in blueberry , strawberry and their commercial products and determination of antioxidant activity. *Food Chem.* 367:1-11. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130743.
- Nayeem, N.; Smb, A.; Salem, H. and Ahei-Alfgy, S. 2016. Gallic acid: a promising lead molecule for drug development. *J. Appl. Pharm.* 8(2):1-4. Doi: 10.4172/1920-4159.1000213.
- Pei, K.; Ou, J.; Huang, J. and Ou, S. 2016. Coumaric acid and its conjugates: dietary sources, pharmacokinetic properties and biological activities. *J. Sci. Food Agric.* 96(9):2952-2962. Doi: 10.1002/jsfa.7578.
- Peñarrieta, J. M.; Tejada, L.; Mollinedo, P.; Vila, J. L. y Bravo, J. A. 2014. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Rev. Boliviana de Química.* 31(2):68-81. Doi: 10.13140/RG.2.1.5018.1840.
- Pioro-Jabrucka, E.; Pawelczak, A.; Baczek, K. and Weglarz, Z. 2011. Accumulation of phenolic and sterol compounds in *Euphorbia hirta* (L.). *Herba Polonica.* 57(2):30-37.
- Prince, P. S. M.; Rajakumar, S. and Dhanasekar, K. 2011. Protective effects of vanillic acid on electrocardiogram, lipid peroxidation, antioxidants, proinflammatory markers and histopathology in isoproterenol induced cardiotoxic rats. *Eur. J. Pharm.* 668:233-240. Doi: 10.1016/j.ejphar.2011.06.053.
- Rashmi, H. B. and Negi, P. S. 2020. Phenolic acids from vegetables: a review on processing stability and health benefits. *Food Res. Inter.* 136:2-14. doi.org: 10.1016/j.foodres.2020.109298.
- Semwal, D. K.; Semwal, R. B.; Combrinck, S. and Viljoen, A. 2016. Myricetin: a dietary molecule with diverse biological activities. *Nutrients.* 8(90):1-31. Doi: 10.3390/nu8020090.
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects a review. *J. Functional Foods.* 18:820-897. Doi: 10.1016/j.jff.2015.06.018.
- Srinivasulu, C.; Ramgopal, M.; Ramanjaneyulu, G.; Anuradha, C. M. and Suresh-Kumar, C. 2018. Syringic acid (SA) a review of its occurrence, biosynthesis, pharmacological and industrial importance. *Bio. Pharm.* 108:547-557. Doi:10.1016/j.biopha.2018.09.069.
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana.* 61(3):61-93. Doi: 10.21829/abm61.2002.909.
- Trejo, L.; Arroyo, T. P. F.; Olsen, K. M.; Eguiarte, L. E.; Arroyo, B.; Gruhn, J. A. and Olson, M. E. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *Am. J. Bot.* 99(7):1146-1157. Doi: 10.3732/ajb.1200072.
- Wang, W.; Bostic, T. R. and Gu, L. 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chem.* 122(4):1193-1198. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.03.114.
- Zielinska, D.; Llopis-Laparra, J. M.; Zielinski, H.; Szawara-nowak, D. and Giménez-Bastida, J. A. 2019. Role of apple phytochemicals, phloretin and phloridzin, in modulating processes related to intestinal inflammation. *Nutrients.* 11(1173):1-14. Doi: 10.3390/nu1105117.