

Caracterización morfológica, química y actividad antiinflamatoria de *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze. (Tropaeolaceae) var. rosa

Morphological, chemical characterization and anti-inflammatory activity of *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze (Tropaeolaceae) pink variety

María Elena Jiménez Heinert¹ <https://orcid.org/0000-0003-4704-6631>

Migdalia Miranda Martínez^{2†} <https://orcid.org/0000-0002-6728-1818>

Iván Andrés Chóez Guaranda³ <https://orcid.org/0000-0003-2603-9491>

Yamilet Irene Gutiérrez Gaitén^{4*} <https://orcid.org/0000-0002-8885-4849>

Ramón Scull Lizama⁴ <https://orcid.org/0000-0001-6401-221X>

Juan Abreu Payrol⁴ <https://orcid.org/0000-0003-2149-740X>

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas. Ciudadela Universitaria “Salvador Allende”. Guayaquil. Ecuador.

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Guayaquil. Ecuador.

³Escuela Superior Politécnica del Litoral. Centro de Investigaciones Biotecnológica de Ecuador. Guayaquil. Ecuador.

⁴Universidad de la Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos. La Coronela, La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: yamiletgg@ifal.uh.cu; yamiletgut@gmail.com

RESUMEN

Introducción: *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze (Tropaeolaceae) contempla diversas variedades de tubérculos (variedades: negro, amarillo y rosa), muy utilizadas en Ecuador con fines nutricionales y tradicionalmente empleadas por sus virtudes medicinales. Sin embargo, son escasos los estudios científicos de la variedad rosa.

Objetivo: Evaluar las características morfológicas de los tubérculos, la composición química de los extractos apolares y la actividad antiinflamatoria de *T. tuberosum* var. rosa.

Métodos: Se analizaron las características macromorfológicas y micromorfológicas de los tubérculos *T. tuberosum* var. rosa. A partir del material vegetal se realizaron extracciones sucesivas por maceración con hexano, acetato de etilo y etanol al 30 %. Los extractos en hexano y en acetato de etilo se analizaron por cromatografía gaseosa-espectrometría de masas (CG-EM). Se evaluó la actividad antiinflamatoria del extracto hidroalcohólico mediante el modelo de edema plantar inducido por carragenina en ratas a la dosis de 500 mg/kg, usando indometacina como control positivo.

Resultados: Se percibieron diferencias en las características macromorfológicas y similitudes micromorfológicas respecto a otras variedades de *T. tuberosum*. En el extracto en hexano predominaron los ácidos grasos (mayoritario el ácido linoleico), mientras que en el extracto de acetato de etilo prevalecieron los hidrocarburos. Otros compuestos detectados en ambos extractos fueron fitosteroles y triterpenoides. El extracto hidroalcohólico presentó una actividad antiinflamatoria comparable con la indometacina a la quinta hora de estudio, con un porcentaje de inhibición del edema superior al 50 %.

Conclusiones: Las características morfológicas de *T. tuberosum* var. rosa constituyen una herramienta eficaz para su correcta identificación botánica. Los compuestos bioactivos encontrados en los tubérculos, pueden ser considerados como responsables de la actividad antiinflamatoria demostrada.

Palabras clave: *Tropaeolum tuberosum*; variedad rosa; morfología; cromatografía gaseosa-espectrometría de masa; actividad antiinflamatoria.

ABSTRACT

Introduction: *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze. (Tropaeolaceae) has different varieties of tubers (types: black, yellow and pink), very used in Ecuador with nutritional aims and traditionally used due to their medicinal properties. However, there are few scientific studies on the pink variety.

Objective: Assess the morphological characteristics of the tubers, the chemical composition of the non-polar extracts and the anti-inflammatory activity of *T. tuberosum* pink variety.

Methods: There were assessed the macromorphological and micromorphological characteristics of *T. tuberosum* pink variety's tubers. From the vegetal material, there were made extractions by maceration with hexane, ethyl acetate and ethanol at 30%. The extracts in hexane and ethyl acetate were analyzed by gas chromatography - mass spectrometry (CG-EM). It was assessed the anti-inflammatory activity of the hydroalcoholic extract through the model of plantar edema induced by carrageenan in rats to the dose of 500mg/kg, using indometacin as positive control.

Results: Some differences were perceived in the macromorphological characteristics and micromorphological similarities in respect to other varieties of *T. tuberosum*. In the extract in hexane predominated the fatty acids (linoleic acid, mainly), while in the extract of ethyl acetate prevailed the hydrocarbons. Other compounds detected in both extracts were phytosterols and triterpenoids. The hydroalcoholic extract showed an anti-inflammatory activity comparable with the one of the indometacin in the fifth hour of the study, with a percentage of inhibition of the edema over the 50%.

Conclusions: The morphological characteristics of *T. tuberosum* pink variety are an efficient tool for its correct botanical identification. The bioactive compounds found in the tubers can be considered as responsible of the confirmed anti-inflammatory activity.

Keywords: *Tropaeolum tuberosum*; pink variety; morphology; gas chromatography - mass spectrometry; anti-inflammatory activity.

Recibido: 01/04/2021

Aceptado: 27/05/2021

Introducción

Desde tiempos remotos el hombre ha aprovechado la naturaleza para adquirir de ella todas las drogas vegetales que le han servido para la obtención de sus medicamentos y alimentos.^(1,2,3,4) La gran diversidad de los compuestos presentes en el ecosistema ha hecho de los productos naturales una fuente inagotable de metabolitos secundarios de interés farmacológico.⁽⁵⁾ Sin embargo, a pesar del uso tradicional, la mayoría de las plantas no poseen estudios científicos que avalen su utilización, por ello el interés del estudio de especies vegetales mantiene su vigencia.⁽⁶⁾

Tropaeolaceae es una familia pequeña y homogénea de plantas herbáceas, en su mayoría trepadoras, muchas de las plantas crecen entre 2400 y 4300 m s. n. m. y fueron descubiertas en los Andes, distribuidas en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.⁽⁷⁾ Para estas especies, además de su empleo como alimentos, varios estudios han informado usos medicinales para reducir el apetito sexual, disminuir el potencial reproductivo y la función eréctil en los hombres,⁽⁸⁾ dolencias de riñón e hígado, eczema cutáneo, enfermedades de la próstata y diabetes, todas ellas relacionadas con la presencia de compuestos antioxidantes fenólicos.^(9,10,11)

Para la especie *T. tuberosum* (Mashua) se informan diversas variedades que se diferencian por el color de sus tubérculos. *Jimenez* y otros⁽¹²⁾ estudiaron tres variedades de Mashua de Ecuador de colores negro, amarillo y rosa y reportaron que la variedad negra presentaba el mayor contenido de compuestos fenólicos y la mayor capacidad antioxidante, también reportaron diferencias en la composición química de los extractos hidroalcohólicos determinada por cromatografía gaseosa-espectrometría de masas (CG-EM). Estos autores informaron también los parámetros farmacognósticos, la composición química y la actividad antiinflamatoria de los extractos de acetato de etilo y etanol de las variedades amarilla y negra, encontrando diferencias entre ellas en todos los parámetros evaluados con excepción de la actividad antiinflamatoria donde presentaron actividad similar.⁽¹³⁾

El objetivo del presente estudio es evaluar las características morfológicas de los tubérculos, la composición química de los extractos apolares y la actividad antiinflamatoria de *T. tuberosum* var. rosa.

Métodos

Recolección, secado y molienda

Los tubérculos se recolectaron en abril de 2019, en la provincia de Pichincha, Quito-Ecuador a 3360 m s. n. m., en las siguientes coordenadas: 0° 13'47.5" S 78° 31'29.8" O. Una muestra de la especie fue llevada al herbario Guay de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil donde se le asignó el número 066.

La selección de los tubérculos se realizó según el tamaño, color y peso, se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1 %, luego se enjuagaron con agua potable, se escurrieron, trocearon y se secaron en estufa TecnoLab. SA, (Buenos Aires, Argentina) a 50 ± 3 °C hasta peso constante. Posteriormente, se procedió a la molienda en un molino de cuchillas Pulvex (México) a tamaño de partícula 2 mm.

Caracterización morfológica

Evaluación macromorfológica: se realizó antes de la molienda con ayuda de una lupa (40 X). Se evaluaron las características organolépticas, la forma, dimensiones (mediante un pie de rey) y el peso de 50 tubérculos, usando una balanza técnica (Sartorius, China), y se calculó el valor medio y la desviación estándar.

Evaluación micromorfológica: para el análisis histológico se realizaron cortes transversales de los tubérculos en estado fresco, por el método manual, los que fueron hidratados y aclarados con hipoclorito de sodio al 1 %. Estos se colorearon con safranina al 1 % en agua, se fijaron con gelatina glicerinada. Se realizó la reacción histoquímica con el reactivo de Lugol para la determinación de almidón.^(14,15)

Para visualizar los diferentes caracteres anatómicos internos del vegetal se empleó un microscopio NOVEL (China) (lente 10 X) con cámara acoplada modelo HDCE-50B (China).

Obtención de los extractos

A partir del material vegetal se realizaron extracciones sucesivas por maceración, con disolventes de polaridad creciente (hexano, acetato de etilo y etanol al 30 %, Sigma Aldrich), a razón de 20 g de droga por 100 mL de cada disolvente, durante un periodo de siete días para cada extracción, al cabo del tiempo establecido se completó el volumen con el disolvente correspondiente. Se siguió el procedimiento descrito por Miranda y Cuéllar.⁽¹⁵⁾

Análisis de los extractos por cromatografía gaseosa-espectrometría de masas

Los extractos de hexano y acetato de etilo se analizaron en un cromatógrafo de gases Agilent 7890 (California, USA) acoplado a espectrómetro de masas Agilent 5975C (California USA) con fuente de ionización con impacto electrónico y analizador de simple cuádruplo. Temperatura del inyector 280 °C, volumen de inyección 2 µL, gas portador helio a 1 mL/min. Las condiciones de trabajo fueron: columna HP-5, 5 % Phenyl Methyl Siloxan de 30 m x 0,30 mm x 0,25 µm, temperatura inicial de 150 °C por 4 min incrementando 2 °C/ min hasta 300 °C

por 2 min. Tiempo de análisis 79 min. Espectrómetro de masas operado a 70 eV en modo *full scan* desde 50 hasta 600 unidades de masas. Temperatura de la fuente 230 °C, temperatura del cuadrupolo 150 °C. Los compuestos se identificaron mediante la comparación de sus espectros de masas y la referencia de masa de Wiley 9th con NIST 2011 MS Library tomando en cuenta aquellos con un porcentaje de similitud del 95 % o superior.

Actividad antiinflamatoria

El ensayo se realizó solamente al extracto hidroalcohólico al 30 %. Se utilizó el modelo de edema plantar en ratas, inducido por carragenina aplicada por vía subcutánea dentro de la superficie de la aponeurosis de la pata derecha.^(16,17)

Se emplearon ratas albinas de la línea Wistar hembras (160 g a 200 g), procedentes del CENPALAB (Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio, Mayabeque, Cuba) con sus correspondientes certificados de calidad que garantizaba su salud, encontrándose aptos para efectuar este tipo de ensayo. La temperatura del local fue de 20 ± 3 °C, humedad relativa de 30 % - 70 %, ciclo de luz/ oscuridad de 12/ 12 h. El agua y la comida fueron suministradas “*ad libitum*”. Antes del comienzo del ensayo les fue retirada la comida 24 horas y solo se le permitió el acceso al agua.

Se confeccionaron tres grupos de tratamiento con seis animales cada uno: grupo I- solución salina 0,9 % 10 mL/kg (control negativo), grupo II- Indometacina (Sigma Aldrich) 10 mg/kg de peso corporal (p.c) (control positivo), grupo III- extracto hidroalcohólico al 30 % del tubérculo rosa 500 mg/kg p.c. Todas las muestras fueron administradas oralmente.

A los 30 min se administró carragenina (Sigma) al 3% como agente inductor de inflamación suspendida en solución salina en la aponeurosis plantar derecha de las ratas. Las mediciones de los volúmenes de las patas se realizaron con un pletismómetro digital (Panlab, España) a las 1, 2, 3 y 5 horas después de la administración de la carragenina. Los porcentajes de inhibición de la inflamación se calcularon mediante la expresión:⁽¹⁸⁾

$$\% \text{ inhibición} = \frac{V_c - V_t}{V_c}$$

Donde:

V_c = valor medio del volumen de edema de los animales del grupo control negativo.

V_t = valor medio del volumen de edema de los animales del grupo tratado con la sustancia de prueba.

Consideraciones éticas

El experimento se realizó siguiendo lo establecido en los procedimientos normalizados de operación (PNO) vigentes en el Centro de Estudios para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas del Instituto de Farmacia y Alimentos de La Universidad de La Habana. Se garantizó el bienestar y la protección de los animales y se cumplieron las instrucciones recomendadas en los lineamientos internacionales. Al final del ensayo se procedió a sacrificar los animales empleando para ello una atmósfera saturada de éter, teniendo siempre en cuenta las técnicas de refinamiento planteadas actualmente para realizar los ensayos con animales de experimentación.^(19,20)

Análisis estadístico

Los datos se expresaron como media aritmética/desviación estándar. Se empleó el análisis de varianza de una vía (ANOVA-1) para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas y luego se aplicó la prueba de Tukey con una $p \leq 0,05$. Para el procesamiento y análisis estadístico de los resultados se empleó el programa estadístico SPSS para Windows versión 8.0.

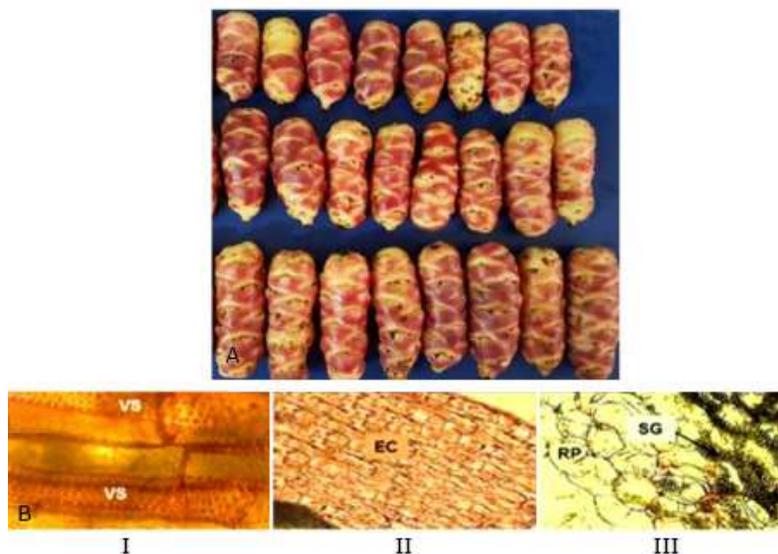
Resultados

Evaluación macromorfológica

En la figura (sección A) se muestra la fotografía de los tubérculos de *T. tuberosum* var. rosa objeto de estudio. Estos presentaron un largo aproximado de 9,3/0,20 cm (valor medio/desviación estándar) y un ancho de 5,0/0,01 cm y un peso promedio de 143,7/3,5 g.

Evaluación micromorfológica

El corte transversal del tubérculo en estado fresco (Fig. B-I), permitió observar un conjunto de haces conductores del tejido xilemático, representado por vasos con espesamiento del tipo escaleriforme (I). En el análisis de la droga en polvo fue posible visualizar células del tejido epidérmico de forma alargada y tamaño variable (Fig. B-II), células del parénquima de reserva (amilífero) de forma redondeada (Fig. B-III) y granos de almidón coloreados de color negruzco con el reactivo de lugol (fig. B-III).



VS: sistema vascular. EC: células epidérmicas. RP: parénquima de reserva. SG: granos de almidón. I: sistema vascular xilemático escaleriforme y punteado. II: células epidérmicas.

III: células del parénquima de reserva y granos de almidón.

Fig. - Características macromorfológicas y micromorfológicas de *T. tuberosum* var. rosa.
A) Tubérculos de *T. tuberosum* var. Rosa. B) Corte histológico.

Análisis de los extractos por cromatografía gaseosa-espectrometría de masas

En la tabla 1 se presentan los compuestos identificados en el extracto hexánico de *T. tuberosum* var. rosa. Pudieron asignarse estructuras por comparación de sus espectros de masas con los de la biblioteca del equipo a un total de 19 compuestos, de los cuales el 59,19 % fueron ácidos grasos; el resto de los compuestos (40,81 %), correspondieron a hidrocarburos (18,51 %) y a triterpenos y esteroides (27,37 %).

Del total de ácidos grasos, el 36,85 % fueron del tipo insaturados y el 15,34 % saturados. El componente mayoritario de este extracto fue el ácido 9,12-octadecadienoico (linoleico), con un 20,79 %, seguido por el γ -sitosterol con un 13,24 %.

En la tabla 2 se muestran los compuestos detectados en el extracto de acetato de etilo. Se asignaron estructuras a 22 compuestos y el 76,2 % perteneció a hidrocarburos; el 19,93 % a ácidos carboxílicos, la casi totalidad presente en el extracto hexánico, aunque con concentraciones inferiores, y un 3,87 %, fueron los fitosteroles y triterpenoides, encontrados en su mayoría en el extracto hexánico.

Tabla 1 - Compuestos identificados en el extracto hexánico de *T. tuberosum* var. rosa

Extracto en hexano				
Tr	Compuestos	FG	MM g/mol	% abundancia
27,94	Ácido hexadecanoico metil éster	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270,46	0,19/0,01
28,76	Ácido hexadecanoico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256,40	11,30/0,49
29,28	Ácido hexadecanoico etil éster	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284,48	1,26/0,04
31,11	Ácido 9,12-octadecadienoico metil éster ZZ	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294,48	0,36/0,01
32,02	Ácido 9,12 octadecadienoico ZZ	C ₁₈ H ₃₂ O	280,24	20,79/1,63
32,09	Ácido 9-octadecenoico Z	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282,47	9,20/0,29
32,16	Ácido 9-octadecenoico E	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282,47	4,76/0,23
32,34	Ácido 9,12-octadecadienoico etil éster ZZ	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308,49	1,74/0,05
32,45	Ácido octadecanoico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284,48	2,59/0,01
41,07	n-heneicosano	C ₂₁ H ₄₄	296,58	0,72/0,01
42,61	Escualeno	C ₃₀ H ₅₀	410,73	0,79/0,03
43,88	Eicosano	C ₂₀ H ₄₂	282,55	4,88/0,19
46,53	Hexacosano	C ₂₆ H ₅₄	366,64	12,12/0,28
47,82	Ergost-5-en-3β-ol	C ₂₈ H ₄₈ O	400,7	6,42/0,27
48,15	Stigmasta-5,22-dien-3-ol 3β, 22	C ₂₉ H ₄₈ O	412,7	2,44/0,05
48,27	15-hexadecen-1-ol	C ₂₀ H ₄₀ O	296,5	1,93/0,06
48,99	γ-sitosterol	C ₂₉ H ₅₀ O	414,71	13,24/0,44
49,50	12-oleaneno-3-il-acetato B-amirina acetato	C ₃₂ H ₅₂ O ₂	468,766	1,33/0,01
49,75	Lup-20(29)-en-3-ona	C ₃₀ H ₄₈ O	424,7015	3,94/0,16

FG = fórmula general; MM = masa molecular; % de abundancia: los resultados se expresan como la media /la desviación estándar (n = 3); Tr: tiempo de retención.

Tabla 2 - Compuestos identificados en el extracto de acetato de etilo de *T. tuberosum* var. rosa

Extracto de acetato de etilo				
Tr	Compuestos	FG	MM g/mol	% abundancia
24,28	Heptadecano	C ₁₇ H ₃₆	240,471	0,30/0,01
24,52	Ácido tetradecanoico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228,3709	0,69/0,02
25,43	Octadecano	C ₁₈ H ₃₈	254,494	0,48/0,01
25,57	Fitano	C ₂₀ H ₄₂	282,5	0,28/0,01
27,48	Nonadecano	C ₁₉ H ₄₀	268,5	0,02/0,01
27,94	Ácido hexadecanoico metil éster	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270,46	1,67/0,01
28,71	Ácido hexadecanoico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256,4	8,42/0,16
29,44	n-eicosano	C ₂₀ H ₄₂	282,55	16,64/0,16
31,32	n-heneicosano	C ₂₁ H ₄₄	296,58	3,09/0,03
31,80	Ácido 9,12 octadecadienoico ZZ	C ₁₈ H ₃₂ O	280,24	2,03/0,02
32,39	Ácido Octadecanoico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284,48	3,29/0,22
31,95	Ácido 9-octadecenoico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282,47	3,83/0,12
33,13	n-docosano	C ₂₂ H ₄₆	310,6	7,75/0,05
35,87	n-tricosano	C ₂₃ H ₄₈	324,63	0,39/0,03
36,53	n-tetracosano	C ₂₄ H ₅₀	338,65	16,10/0,18
39,65	n-hexacosano	C ₂₆ H ₅₄	366,64	16,59/0,15
40,33	14-BH-pregnano	C ₂₁ H ₃₆	304,5	0,28/0,01
42,62	Escualeno	C ₃₀ H ₅₀	410,73	1,06/0,02
43,87	n-nonacosano	C ₂₉ H ₆₀	408,62	8,03/0,04
45,11	Z-14-nonacoseno	C ₂₉ H ₅₈	C ₂₉ H ₅₈	0,76/0,21
45,21	n-triacontano	C ₃₀ H ₆₂	422,73	5,78/0,11
48,95	γ-sitosterol	C ₂₉ H ₅₀ O	414,71	2,53/0,07

FG = fórmula general; MM = masa molecular; % de abundancia: los resultados se expresan como la media /la desviación estándar (n = 3); Tr: tiempo de retención.

Actividad antiinflamatoria

En la tabla 3 se observa que a excepción del grupo control negativo, cuyo volumen de edema aumentó en el tiempo, todos los grupos tratados lograron disminuir el edema producido por la carragenina, principalmente, a la tercera y quinta hora que se obtiene el menor valor. Lo que demuestra el efecto antiinflamatorio de la indometacina y del extracto ensayado.

El extracto presentó una actividad antiinflamatoria comparable a la indometacina a la quinta hora de estudio, con un porcentaje de inhibición del edema superior al 50 %, que evidencia un poder antiinflamatorio bajo las condiciones ensayadas.

Tabla 3 - Efecto del extracto de *T. tuberosum* var. rosa sobre el edema plantar en ratas inducido por carragenina

Grupos	Volumen de edema (mL)			
	[Porcentaje de inhibición de edema (%)]			
	1 h	2 h	3 h	5 h
NaCl 0,9%	0,98/0,05a	0,99/0,07a	1,04/0,05a	1,10/0,03b
Indometacina	0,76/0,04c [22,24]	0,74/0,05c [25,25]	0,60/0,06f [42,30]	0,49/0,02h [55,45]
Extracto <i>T. tuberosum</i> var. rosa	0,88/0,02d [10,20]	0,84/0,06e [15,15]	0,71/0,05g [31,73]	0,50/0,04h [54,54]

Los valores representan la media de los volúmenes de edema/desviación estándar (n = 6); letras diferentes en una columna indican diferencias significativas $p < 0,05$, según Tukey.

Discusión

Las características morfológicas encontradas para la especie demuestran que estas no solo se distinguen por el color del tubérculo, sino que presentan diferencias en su forma, peso y dimensiones, lo cual se comprobó cuando se compararon los resultados con los informados para las variedades amarilla y negra.⁽¹³⁾ La variedad rosa es más corta y ancha que las variedades amarilla y negra, al igual que su peso promedio es muy superior al informado para esas variedades. En cuanto a la forma se apreció que la variedad rosa presenta una terminación más redondeada.

Con relación a las características micromorfológicas, el aspecto más relevante del estudio fue el hecho de encontrar gran cantidad de granos de almidón del grupo del arroz⁽²¹⁾ y haces conductores del tejido xilemático del tipo escaleriforme y punteados,⁽²²⁾ en concordancia con las especies *T. tuberosum* negra y amarilla.⁽¹³⁾

Respecto a la composición química encontrada para el extracto en hexano, se ha planteado que el ácido linoleico actúa en la prevención de enfermedades coronarias, inhibiendo la angiogénesis, desarrollando una actividad citotóxica sobre las células tumorales y reduciendo los niveles de colesterol en sangre.⁽²³⁾

Ramallo⁽²⁴⁾ determinó el tipo y porcentaje de ácidos grasos en seis muestras diferentes de *T. tuberosum* mediante cromatografía gaseosa, encontrando un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (70,8 %) en las seis muestras. Además, destacó la presencia de ácido linoleico (48,7 %) e informó la presencia de otros ácidos grasos entre los cuales señala a los ácidos oleico, palmítico y esteárico, todos ellos identificados en la variedad rosa objeto de esta investigación.

La presencia de fitosteroles y triterpenoides está en correspondencia con los estudios realizados por Chasquibol y otros,⁽²⁵⁾ quienes informaron la existencia de compuestos esteroidales en tubérculos secos de *T. tuberosum* extraídos con etanol. Sin embargo, el método de detección que utilizaron fue tamizaje fitoquímico, que es solo un método cualitativo. Por lo que no existe hasta el momento del presente estudio información sobre las estructuras de los fitosteroles y triterpenoides presentes en la especie, los cuales podrían ser los responsables de algunos sus usos tradicionales (antiinflamatorio, antidiabético y anticancerígeno).⁽²⁶⁾ Se ha demostrado que los triterpenoides contribuyen con el efecto antiinflamatorio, debido a la inhibición de la prostaglandina sintetasa, reduciendo el nivel de prostaglandinas en el proceso inflamatorio.⁽²⁷⁾

Para los fitosteroles y fitostanoles naturales se ha demostrado que participan en la protección cardiovascular,⁽²⁸⁾ y en particular para el γ -sitosterol, se ha demostrado la actividad antiinflamatoria y antidiabética.⁽²⁹⁾ Para el extracto de acetato de etilo, los compuestos que se encontraron en mayor abundancia fueron los hidrocarburos. Estos compuestos pueden formar parte de las grasas y de las ceras que cubren las membranas celulares, lo cual puede justificar su prevalencia en el extracto, aunque no se encontraron reportes de su presencia en la especie.

El extracto hidroalcohólico al 30 % fue analizado en investigaciones anteriores, donde el compuesto mayoritario resultó ser el ácido palmítico (34,90 %), no presente en las variedades negra y amarilla de *T. tuberosum*.⁽¹²⁾ Muchos ácidos grasos son potenciales antiinflamatorios naturales, ya que algunos de ellos disminuyen la producción de algunos agentes inflamatorios. Los ácidos grasos poliinsaturados (grupo del omega 3 y 6) inhiben directamente la inflamación al

competir con el ácido araquidónico o indirectamente al afectar los factores de transcripción o los receptores nucleares responsables de la expresión de genes inflamatorios.⁽³⁰⁾ Por su parte, el ácido palmítico tiene reconocida actividad antiinflamatoria a través de la inhibición de la fosfolipasa A2, uno de los mediadores del proceso inflamatorio.^(31,32)

En el análisis de la actividad antiinflamatoria se observó en el grupo control negativo un aumento del volumen de edema, este resultado era el que se esperaba si se tiene en cuenta que no se administró ningún agente antiinflamatorio. Por el contrario, en los grupos tratados con indometacina y el extracto, se apreció una tendencia antiinflamatoria, lo cual se traduce en una disminución del volumen de edema en el tiempo ensayado.

Se pudo constatar que existían diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los grupos tratados respecto al grupo control negativo, y se observó que fue significativo ($p < 0,05$) el volumen de edema, principalmente, cuando se compararon la primera hora con la última hora.

El fármaco empleado como control positivo en este trabajo (indometacina), se utiliza con frecuencia en este modelo experimental (modelo de inflamación inducido por carragenina en la pata de la rata) y se ha demostrado que inhibe las ciclooxigenasas (COX) y por tanto la formación y liberación de las prostaglandinas que en la segunda fase (entre las 3 y 4 horas) adquieren su máxima manifestación, esencialmente, la PGE₂,⁽³³⁾ lo cual podría inferir una acción similar del extracto evaluado.

La especie objeto de estudio es una de las plantas más utilizadas por los andinos como alimento, y en medicina, contra una amplia gama de enfermedades, especialmente, aquellas relacionadas con la inflamación.⁽³⁴⁾

Se concluye que la evaluación morfológica de la planta constituye una herramienta eficaz para su correcta identificación botánica. Los compuestos bioactivos encontrados en los tubérculos (ácidos grasos insaturados, triterpenoides y fitosteroles), pueden ser considerados como responsables de la actividad antiinflamatoria demostrada.

Los resultados alcanzados se informan por primera vez para la variedad rosa de la especie *T. tuberosum* y pueden contribuir al desarrollo de la futura monografía de la planta. Se recomienda para trabajos futuros determinar la actividad antiinflamatoria a los extractos hexánicos y de acetato de etilo para poder correlacionar la actividad farmacológica con los compuestos identificados.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Dra. Migdalia Miranda Martínez que, aunque ya no está entre nosotros seguirá siendo la guía y maestra en todas nuestras investigaciones, gracias por transmitir esa gran sabiduría. También agradecemos al personal del Centro de Estudios para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas del Instituto de Farmacia y Alimentos de La Universidad de La Habana por el apoyo brindado.

Referencias bibliográficas

1. Shen B. A New Golden Age of Natural Products Drug Discovery. *Cell*. 2015;163:1297- 1300. DOI: [10.1016/j.cell.2015.11.031](https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.031)
2. Harvey A, Edrada ER, Quinn RJ. The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. *Nat. Rev. Drug Discov*. 2015;14:111-29. DOI: [10.1038/nrd4510](https://doi.org/10.1038/nrd4510)
3. Newman DJ, Cragg GM. Natural Products as Sources of New Drugs from 1981 to 2014. *J. Nat. Prod*. 2016;79:629-661. DOI: [10.1021/acs.jnatprod.5b01055](https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b01055)
4. Tena PV, Nestor ATL. Ethnobotanical uses, secondary metabolites and biological activities of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón), *Journal of Ethnopharmacology* 2020;247:112152. DOI: [10.1016/j.jep.2019.112152](https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112152)
5. Patridge E, Gareiss P, Kinch MS, Hoyer D. An analysis of FDA-approved drugs: natural products and their derivatives. *Drug Discov. Today*. 2016; 21: 204-207. DOI: [10.1016/j.drudis.2015.01.009](https://doi.org/10.1016/j.drudis.2015.01.009)
6. Bussmann RW, Sharon D. Plantas medicinales de los Andes y la Amazonia. La Flora mágica y medicinal del Norte del Perú. *Ethnobotany Research and Applications*. 2018;15:1-293 [acceso 23/06/2021]. Disponible en: <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/1281>
7. Andersson L and Andersson S. Una filogenia molecular de Tropaeolaceae y sus implicaciones sistemáticas. *Taxón*. 2000;49(4):721-36. DOI: [10.2307/1223973](https://doi.org/10.2307/1223973)
8. Aruquipa R, Trigo RR, Bosque SH, Mercado RG, Condori MJ. El isaño (*Tropaeolum tuberosum*) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 2016 [acceso 23/06/2021];3(2):33-8. Disponible en: <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/>

9. Johns T, Kitts WD, Newsome F, Towers GHN. Anti-reproductive and other medicinal effects of *Tropaeolum tuberosum*. J. Ethnopharmacol. 1982;5:149-61. DOI: [10.1016/0378-8741\(82\)90040-x](https://doi.org/10.1016/0378-8741(82)90040-x)
10. Morán E, Budía A, Broseta E, Boronat F. Phytotherapy in urology. Current scientific evidence of its application in benign prostatic hyperplasia and prostate adenocarcinoma. Actas Urol. Esp. 2013;37:114-19. DOI: [10.1016/j.acuroe.2012.07.014](https://doi.org/10.1016/j.acuroe.2012.07.014)
11. Chirinos R, Campos D, Costa N, Arbizu C, Pedreschi R, Larondelle Y. Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. Food Chemistry. 2008;106:1285-98. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.07.024](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.024)
12. Jiménez HME, Gutiérrez GYI, Chóe GI, Miranda MM. Chemical Study and Determination of the Antioxidant Activity of Three Varieties *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). American Journal of Plant Sciences, 2019;10:2279-97. DOI: [10.4236/ajps.2019.1012159D](https://doi.org/10.4236/ajps.2019.1012159D)
13. Jiménez HME, Gutiérrez GYI, Chóez GI, Miranda M. Pharmacognostic, Chemical and Anti-inflammatory Activity Study of Two Varieties of *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pav.) Kuntze (Tropaeolaceae). International Journal of Pharmacy and Chemistry 2020;6(4):41-53. DOI: [10.11648/j.ijpc.20200604.12](https://doi.org/10.11648/j.ijpc.20200604.12)
14. Gattuso MA, Gattuso SJ. Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario Urquiza. Argentina; 1999.
15. Miranda MM, Cuéllar AC. Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales. Universidad de La Habana. Ciudad Habana. Cuba. 2000:1-7:18-32.
16. González GMC, Ospina GLF, Rincón VJ. Actividad antiinflamatoria de extractos y fracciones de *Myrcianthes leucoxila*, *Calea prunifolia*, *Curatella americana* y *Physalis peruviana* en los modelos edema auricular por TPA, edema plantar por carragenina y artritis inducida por colágeno. Biosalud. 2011;10(1):9-18.
17. Winter CA, Risley EA, Nuss GW. Carrageenin-induced edema in hind paw of the rat as an assay for anti-inflammatory drugs. Proc Soc Exp Biol. 1962;111:544-7. DOI: [10.3181/00379727-111-27849](https://doi.org/10.3181/00379727-111-27849)

18. Balamurugan K, Sakthidevi G and Mohan VR. Antiinflammatory activity of leaf of *Melastoma malabathricum* L. (Melastomataceae). International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy. 2012;3(6):801-02. DOI: [10.7897/2277-4343.03622](https://doi.org/10.7897/2277-4343.03622)
19. Diehl KH, Hull R, Morton D, Pfister R, Rabemampianina Y, Smith D, *et al.* A Good Practice Guide to the Administration of Substances and Removal of Blood, Including Routes and Volumes. J. Appl. Toxicol. 2001;21:15-23. DOI: [10.1002/jat.727](https://doi.org/10.1002/jat.727)
20. Declaración de la AMM sobre el Uso de Animales en la Investigación Biomédica. Buenos Aires, Argentina; 2016 [acceso 02/03/2017]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracionde-la-amm-sobre-el-uso-de-animales-en-la-investigacionbiomedica/>
21. Khandelwal KR. Practical Pharmacognosy. Techniques and experiments. Twelveth edition. India: Nirali Prakashan; 2004 p. 138.19.
22. Esau K. Anatomía vegetal. Edición Revolucionaria. Cuba. 1972: 355-410.
23. Kor NM, Ezati P, Akbari M, Obeidavi Z, Nazer MR., Aghajanopour M. Functional foods and their role in cancer prevention and health promotion: a comprehensive review. Am. J. Cancer. Res. 2017;7:740-69.
24. Ramallo ZR. Análisis exploratorio de los ácidos grasos del isaño (*Tropaeolum tuberosum*). Rev. Investigación & Desarrollo. 2004;4:71-7.
25. Chasquibol SN, Delmás RDI, Rivera CD, Lengua CRL, Aguirre MR, Bazán GD, *et al.* Contribución a la normalización de productos tradicionales andinos: maca, Kiwicha, Cañihua, Mashua. Rev. Per. Quim. Ing. Quim. 1999;2(1):9-21.
26. Almagro L, Miras MB, Sabater JAB. Bioactivity of phytosterols and their production in plant in vitro cultures. J. Agric. Food Chem. 2016;38:7049-58. DOI: [10.1021/acs.jafc.6b02345](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02345)
27. de-Almeida SCX, da-Silva ÂCF, Sousa NRT, Amorim IHF, Leite BG, Neves KRT, *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory activities of a triterpene-rich fraction from *Himatanthus drasticus*. Brazilian Journal of Medical and Biological Research 2019;52(5):e7798. DOI: [10.1590/1414-431X20197798](https://doi.org/10.1590/1414-431X20197798)
28. Valenzuela A, Ronco AM. Phytosterols and phytostanols: Natural allied for the protection of cardiovascular health. Rev Chil Nutr. 2004;21(1):161-69.
29. Balamurugan R, Duraipandiyan V, Ignacimuthu S. Antidiabetic activity of γ -sitosterol isolated from *Lippia nodiflora* L. in streptozotocin induced diabetic rats. Eur J Pharmacol. 2011;667(1-3):410-18. DOI: [10.1016/j.ejphar.2011.05.025](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.05.025)

30. Ahmad TB, Rudd D, Kotiw M, Liu L and Benkendorff K. Correlation between fatty acid profile and anti-Inflammatory activity in Common Australian Seafood by-Products. *Marine drugs*. 2019;17(155): 20. DOI: [10.3390/md17030155](https://doi.org/10.3390/md17030155)
31. Vasudevan A, Vijayan D, Mandal P. Anti-Inflammatory Property of n-Hexadecanoic Acid: Structural Evidence and Kinetic Assessment. *Chemical Biology & Drug Design*. 2012;80(3):434-9.
32. Awad SE, Hassan AM and Elazhari GEM. Fatty acid composition, anti-inflammatory and analgesic activities of *Hibiscus sabdariffa* Linn. Seeds. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 2014;1(2):50-7.
33. Dirosa M and Giround J. Studies of the mediators of acute inflammatory response induced in rats in different sites by carrageenan and turpentine. *J. Pathol*, 1971:15-29. DOI: [10.1002 / ruta.1711040103](https://doi.org/10.1002/ruta.1711040103)
- 34 Apaza TL, Tena PV, Serban AM, Alonso NMJ, Rumbero A. Alkamides from *Tropaeolum tuberosum* inhibit inflammatory response induced by TNF- α and NF- κ B. *J Ethnopharmacol.* 2019;0(235):199-205. DOI: [10.1016/j.jep.2019.02.015](https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.02.015)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

María Elena Jiménez Heinert: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración de proyecto, supervisión, redacción - revisión y edición, redacción - borrador original.

Migdalia Miranda Martínez: conceptualización, análisis formal, administración de proyecto, supervisión, redacción - revisión y edición, redacción - borrador original.

Iván Andrés Chóez Guaranda: investigación, metodología.

Yamilet Irene Gutiérrez Gaitén: investigación, metodología, redacción - revisión y edición.

Ramón Scull Lizama: investigación, metodología.

Juan Abreu Payrol: investigación, metodología.