

COMPUESTOS FENÓLICOS, ACTIVIDADES ANTIOXIDANTE Y ANTICOLAGENASA *IN VITRO* DEL EXTRACTO LIOFILIZADO DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón "mashua negra"

PHENOLIC COMPOUNDS, *in vitro* ANTIOXIDANT AND ANTICOLAGENASE ACTIVITIES OF THE LYOPHILIZED EXTRACT OF *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón, "black mashua"

Luz Peñafiel¹, Américo Castro²

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar compuestos polifenólicos, actividades antioxidante y anticolagenasa *in vitro* del extracto liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón, variedad mashua negra. Los compuestos fenólicos se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante por los métodos del radical DPPH[•] (2,2-difenil-1-picrilhidracil) y radical catiónico ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)). La actividad anticolagenasa se evaluó por el método de Thring. El rendimiento del extracto liofilizado de mashua negra es del 2,08% (w/w) con respecto de la muestra fresca y, para muestra seca de 16,52% (w/w). El contenido total de polifenoles fue de 109,76 mg EAG/g (mg de equivalentes de ácido gálico/1 g de extracto liofilizado) que equivale a 18,14 mg EAG/g (mg de equivalentes de ácido gálico/1 g de muestra seca) y de

2,44 mg EAG/g (mg de equivalentes de ácido gálico/1 g de muestra fresca). En la evaluación de las actividades antioxidantes del extracto liofilizado de mashua negra se determinó un IC₅₀ de 63,4743 µg/mL por el método DPPH[•] y 12,3095 µg/mL por el método ABTS^{•+}. Además, se muestra la capacidad antioxidante equivalente al trolox (TEAC) de 183,76 y 1801 µmol de trolox /g de extracto, para DPPH[•] y ABTS^{•+}, respectivamente. En el ensayo de la actividad anticolagenasa se obtuvo un IC₅₀ de 1,3885 mg/mL. Se concluyó que el extracto acuoso liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón mostró presencia de compuestos polifenólicos, los cuales influirían en los resultados de la elevada actividad antioxidante y en la inhibición de la enzima colagenasa.

Palabras clave: antioxidante, compuestos fenólicos, anticolagenasa, *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón, mashua negra

¹ MAESTRÍA EN CIENCIAS FARMACÉUTICAS CON MENCIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA COSMÉTICA. FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. LIMA, PERÚ.

² INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y RECURSOS NATURALES "JUAN DE DIOS GUEVARA," FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. LIMA, PERÚ.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate *in vitro* the polyphenolic compounds, antioxidant activities and anti-collagenase of the lyophilized extract of *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón, commonly known as "black mashua". The phenolic compounds were determined by the Folin-Ciocalteu method and the antioxidant activity by the DPPH[•] radical, (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazil) and cationic radical ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis acid) (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid) methods. The anti-collagenase activity was evaluated using the Thring method. The yield of lyophilized extract was 2,08 % (w/w) for fresh sample, and for dry sample it was 16,52% (w/w). The total polyphenol content was 109,76 mg EAG/g (mg of Gallic acid equivalent/1 g of lyophilized extract) equivalent to 18,14 mg EAG/g (mg of gallic acid equivalents/1 g of dry sample) and 2.44 mg EAG/g (mg of gallic acid equivalents/1 g of fresh sample). In the evaluation of the antioxidant activities of the lyophilized black mashua extract, an IC₅₀ of 63,4743 µg/mL was determined using the DPPH[•] method, and of 12,3095 µg/mL using the ABTS^{•+} method, and the Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) was found to be 183,76 and 1801 µmol µg of Trolox/g extract, for DPPH[•] and ABTS^{•+}, respectively. In the anti-collagenase activity assay an IC₅₀ of 1,3885 mg / mL was obtained. In light of the above, it was concluded that the lyophilized aqueous extract of *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón exhibited the presence of polyphenolic compounds, which influence the high antioxidant activity and the collagenase enzyme inhibition.

Keywords: antioxidant, phenolic compounds, anti-collagenase, *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón, "black mashua"

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Tropaeolum tuberosum* se realiza en los Andes, desde Colombia hasta el noroeste de Argentina. La primera referencia histórica de la planta con el término *mashua* fue hecha por Garcilaso de la Vega, Guamán Poma de Ayala y el Jesuita Bernabé Cobo alrededor del año 1600. Fue este último quien realizó una descripción detallada de la mashua y mencionó sus efectos antifrodisíacos, los cuales fueron explotados por los militares incas para mantener callados a sus soldados. Años más tarde, Ruiz y Pavón, en 1802, realizaron la primera descripción botánica (1).

Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón "mashua negra" se cultiva en el Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela y Colombia (2). Es una planta herbácea, de crecimiento erecto cuando es joven y, cuando está madura, los tallos se postran con follaje compacto. Su ciclo de crecimiento varía entre 220 y 245 días (3). En comparación con otros tubérculos, como la papa, el olluco y la oca, la mashua presenta un alto contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides, los cuales están relacionados con su capacidad antioxidante (4). También se han identificado glucosinolatos (GSL) en mashua cultivada y silvestre provenientes de la región Cusco (5); así mismo, se halló la presencia de isotiocianato de bencilo (6), el cual ha sido reportado como un potente quimioprotector agente que bloquea la carcinogénesis inducida químicamente y previene varios tipos de cáncer en roedores (7).

Se han reportado estudios con resultados satisfactorios sobre la capacidad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón atribuibles a sus metabolitos secundarios; sin embargo, no

existen reportes sobre su actividad anticlagenasa, por lo cual se considera importante evaluarla para generar evidencia científica que sirva como base para posteriores investigaciones. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la actividad antioxidante y anticlagenasa *in vitro* del extracto liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón "mashua negra".

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio es de tipo experimental y transversal. La investigación se realizó en el Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales Juan de Dios Guevara, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

COLECTA DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Los tubérculos maduros de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón fueron recolectados en la comunidad de Occopata, distrito de Santiago, provincia y región Cusco.

La identificación taxonómica la realizó el consultor botánico biólogo José Campos.

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO

Los tubérculos maduros se lavaron con agua potable y luego con agua destilada. Se procedió a la reducción de las partículas; posteriormente, al secado al medio ambiente, y luego a 40 °C. Se realizó la maceración con agua, en agitación constante por 12 horas, y se obtuvo el extracto acuoso. Este extracto fue liofilizado y se conservó en un frasco ámbar a 4 °C.

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS

Se determinaron los polifenoles totales en el extracto liofilizado de mashua negra usando el reactivo de Folin-Ciocalteu, el cual es una mezcla en medio básico de ácido fosfomolibdico y fosfowolfrámico que actúa como agente oxidante de los compuestos fenólicos presentes en la muestra.

La técnica se desarrolló siguiendo el método de la ISO 14502-1 (9). Se utilizó ácido gálico como estándar. El pico máximo de absorción fue evaluado a 765 nm y los resultados se expresaron como miligramos (mg) equivalentes de ácido gálico (EAG) / gramo (g) de extracto liofilizado. La reacción fue positiva al observar coloración azul debido a la formación de óxido de wolframio y molibdeno.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

1. MÉTODO DPPH (2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRACILO)

Se siguió el método de Brand-Williams (10) preparando una solución madre de 40 mg/100 mL de 2,2-Difenil-1-picrilhidracil (DPPH*, Sigma Aldrich®) en metanol, y se almacenó protegida de la luz a 4 °C. Se calibró el espectrofotómetro UV/VIS Génesis 10, con un blanco que contiene 400 µL del solvente de la muestra problema (agua) y 800 µL de metanol. Luego, se colocaron 400 µL de la muestra problema en concentraciones de 0; 20,5; 51,2; 128 y 320 µg/mL, y 800 µL de la solución de trabajo de DPPH*. Se agito y dejó en reposo durante 30 minutos protegido de la luz, y se leyeron las absorbancias a 517 nm; el procedimiento se realizó por triplicado.

Adicionalmente, debido a que la muestra estaba ligeramente coloreada, se realizó un blanco de muestra para cada concentración al cual se le agregaron 400 μ L de muestra y 800 μ L de metanol. Los resultados se expresaron mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{(\text{Abs.DPPH}^* - \text{Abs.muestra})}{\text{Abs.DPPH}^*} \times 100$$

La concentración del extracto liofilizado, que neutraliza al 50% de los radicales de DPPH* (EC50, concentración efectiva media), se obtiene de la recta obtenida al graficar el porcentaje de actividad antioxidante versus la concentración de la muestra (μ g/mL).

2. MÉTODO ABTS [ÁCIDO 2,2'-AZINOBIS-(3- ETILBENZOTIAZOLINA- 6-SULFÓNICO)]

Se siguió el método descrito por Re et al. (11), por el cual el radical catiónico ABTS⁺ se obtiene tras la reacción de ABTS⁺ (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente (25 °C \pm 5 °C), y en la oscuridad durante 16 h de activación del radical. Una vez formado el radical ABTS⁺, se diluyó con agua hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0,70 (\pm 0,1) y 734 nm. Se calibró el espectrofotómetro con agua destilada como blanco y se colocó en un tubo de ensayo 20 μ L de la muestra a concentraciones de 0; 56,8; 113,5; 227; 454 y 800 μ g/mL, al mismo tubo se le agregó 980 μ L de la solución de trabajo ABTS⁺, se agitó y dejó en reposo durante 7 minutos protegido de la luz, para luego leer las absorbancias a 734 nm. El procedimiento se realizó por triplicado. Al tubo control se le agregó 20 μ L de solvente de muestra (metanol) y 980 μ L de la solución de trabajo ABTS⁺.

Para la curva obtenida, se calculó la regresión lineal. Con los resultados, se

determinó el IC50 a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición en función de la concentración, y corresponde a la concentración en la que se neutraliza el 50% de los radicales libres del ABTS⁺.

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{(\text{Abs.ABTS}^+ - \text{Abs.muestra})}{\text{Abs.ABTS}^+} \times 100$$

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTICOLAGENASA

Se realizó según el método de Thring et al (12). Se vertieron en un tubo de ensayo 100 μ L de extracto liofilizado disuelto en agua (a concentraciones de 0,5; 1 y 1,5 mg/mL) y 210 μ L de la enzima colagenasa de *Clostridium histolyticum* (solución de 1,54 unidades/mL en buffer Tris-Glicine 50 mM con 400 mM NaCl y 10 mM CaCl₂ pH 7,5) y se incubó durante 15 minutos a 37 °C. Luego, se agregaron 190 μ L del sustrato N-[3-(2-furyl)acryloyl]-Leu-Gly-Pro-Ala (FALGPA, solución de 2,1 mM en buffer Tris-Glicine 50 mM con 400 mM NaCl y 10 mM CaCl₂ pH 7,5) y se procedió a incubar durante 5 minutos a 37 °C para que la reacción se lleve a cabo. Finalmente, se añadieron 1 a 2 gotas de ácido fórmico al 10% para detener la reacción y se realizó la lectura de las absorbancias en un espectrofotómetro de luz UV-visible a una longitud de onda de 348 nm. Además, se realizó un control en el que se reemplazó la muestra por su solvente, y se trabajó con galato de epigalocatequina (EGCG) como compuesto de referencia.

El porcentaje de inhibición se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{(\text{Abs.ABTS}^+ - \text{Abs.muestra})}{\text{Abs}0} \times 100$$

Donde:

Abs 0 = Absorbancia del control (sin muestra)

Abs m = Abs. de la mezcla con sustrato –
Abs. de la mezcla sin sustrato

Las IC (concentración efectiva media) se calcularon por análisis de regresión lineal, en el cual la abscisa está

representada por las concentraciones de los extractos y la ordenada por el promedio de porcentaje de actividad antienzimática obtenido a partir de tres mediciones independientes.

RESULTADOS

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS POR MÉTODO DE FOLIN-CIOCALTEU

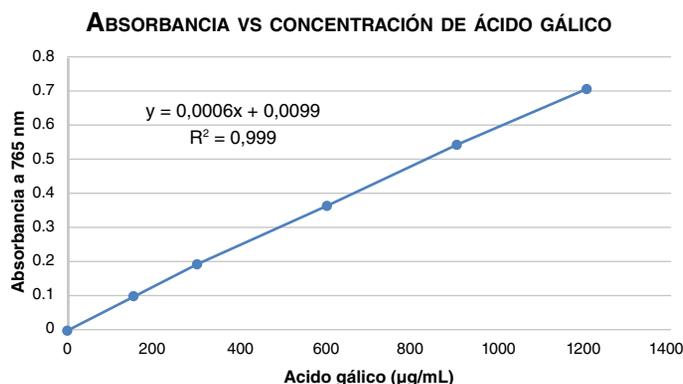


FIGURA 1. CURVA DE CALIBRACIÓN DEL ÁCIDO GÁLICO (ESTÁNDAR)

TABLA 1. CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES (CPT) EN EL EXTRACTO ACUOSO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

Polifenoles totales	Estándar	CPT (mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) /1g de liofilizado)*	CPT (EAG/1g muestra seca (b. s.))	CPT (EAG/1g muestra fresca (b. f.))
Muestra liofilizada	Acido gálico	109,76 ± 0,01	18,14	2,44

*Los datos expresan la media ± DS, n = 3

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

MÉTODO DPPH (2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRACILO)

TABLA 2. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE DPPH* DEL ESTÁNDAR TROLOX®

Concentración de Trolox® µg/mL	Conc. real	Absorbancia*	ABS real
0	0	0,5045	0
1,68	0,56	0,4426	12,2638
4,08	1,36	0,3990	20,9000
6,48	2,16	0,3096	38,6283
8,88	2,96	0,2502	50,4097
11,28	3,76	0,1807	64,1734
		IC 50	= 2.92 µg/mL

*Los datos expresan la media ± DS, n = 3

PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE DPPH^{*} VS. CONCENTRACIÓN DE TROLOX[®]

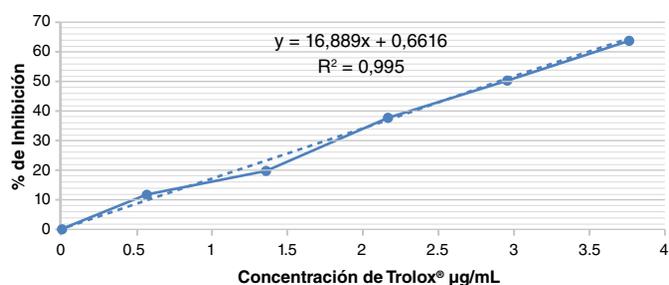


FIGURA 2. CURVA DE CAPTACIÓN DE DPPH^{*} DEL ESTÁNDAR TROLOX[®]

TABLA 3. RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR DPPH^{*} PARA EL EXTRACTO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

Conc. inicial µg/mL	Conc. real	Absorbancia*	ABS real	% inhibición
0	0	0,5056 ± 0,007	0,5056	0
20,5	6,8333	0,4782 ± 0,009	0,4720	6,6333
51,2	17,0667	0,4347 ± 0,003	0,4282	15,3073
128	42,6667	0,3533 ± 0,002	0,3365	33,4366
320	10,6667	0,1178 ± 0,003	0,0859	83,0146
IC 50			= 63,4743 µg/mL	

*Los datos expresan la media ± DS, n = 3

% DE INHIBICIÓN DE DPPH^{*} VS. CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTO

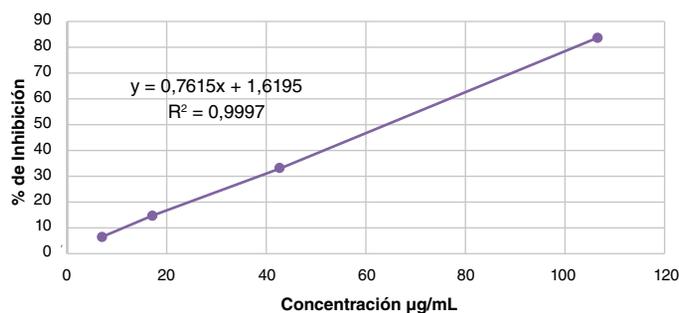
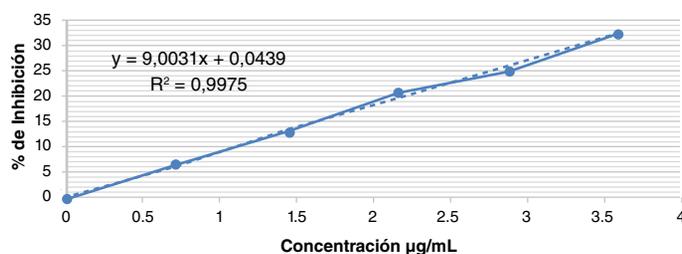


FIGURA 3. CONCENTRACIÓN EFECTIVA 50 (IC50), FRENTE AL DPPH^{*} DEL EXTRACTO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

MÉTODO ABTS [ÁCIDO 2,2'-AZINOBIS-(3-ETILBENZOTIAZOLINA-6-SULFÓNICO)]

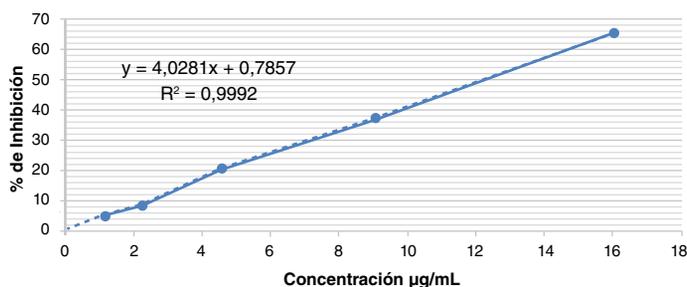
TABLA 4. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE ABTS⁺ DEL ESTÁNDAR TROLOX[®]

Conc.	Conc. real	Abs	%inhibicion
0	0	0,6831	0
36	0,72	0,6404	6,2509
72	144	0,5936	13,1020
108	2,16	0,5434	20,4509
144	2,88	0,5117	25,0915
180	3,6	0,4604	32,6014
			IC 50 = 5,5488 µg/mL

% DE INHIBICIÓN DE ABTS⁺ VS. CONCENTRACIÓN DE TROLOX[®]FIGURA 4. CURVA DE CAPTACIÓN DE ABTS⁺ DEL ESTÁNDAR TROLOX[®]TABLA 5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR CAPTACIÓN DE ABTS⁺ PARA EL EXTRACTO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

Conc. inicial µg/mL	Conc. real	Absorbancia*	% inhibición
0	0	0,3025 ± 0,0011	0
56,8	1,136	0,2863 ± 0,0012	5,3397
113,5	2,27	0,2745 ± 0,0027	9,2522
227	4,54	0,2414 ± 0,0076	20,2017
454	9,08	0,1909 ± 0,0012	36,8821
800	16	0,1050 ± 0,0025	65,2835
			IC50 = 12,3095 µg/mL

*Los datos expresan la media ± DS, n=3

% DE INHIBICIÓN DE ABTS⁺ VS. CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTOFIGURA 5. CONCENTRACIÓN EFECTIVA 50 (IC50) FRENTE AL ABTS⁺ DEL EXTRACTO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTICOLAGENASA *IN VITRO*

TABLA 6. RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA COLAGENASA DE EGCG

Concentración (µg/mL)	Absorbancia (promedio)	Absorbancia tubo blanco	Absorbancia muestra (final)	% inhibición	IC 50 (µg/mL)
0	0,739	0	0,739	0	918
100	0,718	0,026	0,692	6,43	
160	0,706	0,036	0,670	9,34	
220	0,692	0,045	0,647	12,52	

ABSORBANCIA VS CONCENTRACIÓN DE GALATO DE EPIGALOCATEQUINA

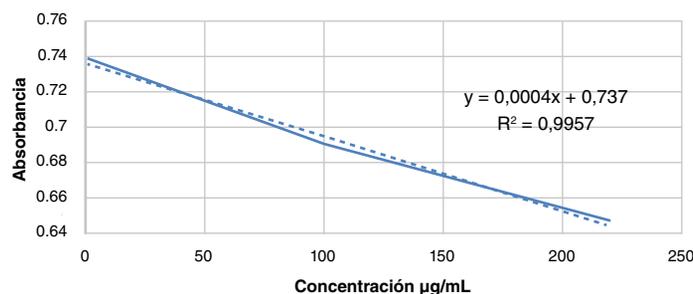


FIGURA 6. ABSORBANCIA DEL SUSTRATO (COLAGENASA) VS. LA CONCENTRACIÓN DEL ESTÁNDAR GALATO DE EPIGALOCATEQUINA (EGCG).

TABLA 7. INHIBICIÓN DE LA ENZIMA COLAGENASA *IN VITRO* DEL EXTRACTO ACUOSO LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

Conc. inicial mg/ml	Absorbancia (*)	Absorbancia real	% de inhibición
0	0,6931 ± 0,0041	0,6931	0
0,5	0,606 ± 0,0037	0,6011	13,7210
1	0,5450 ± 0,0022	0,4568	34,0932
1,5	0,4350 ± 0,0046	0,3045	55,9948
			IC 50 = 1,39 mg/mL

*Los datos expresan la media ± DS, n = 3

ABSORBANCIA VS. CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTO

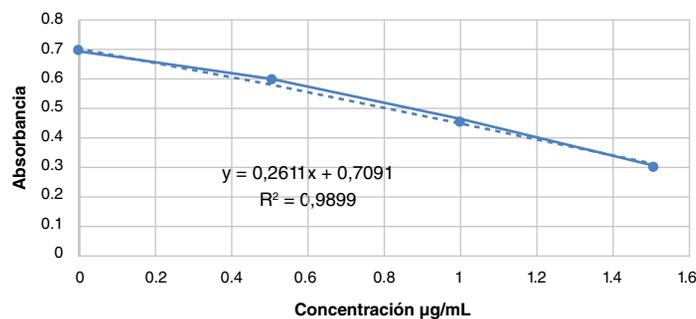


FIGURA 7. ABSORBANCIA DEL SUSTRATO (COLAGENASA) VS. LA CONCENTRACIÓN DEL EXTRACTO LIOFILIZADO DE LIOFILIZADO DE *TROPAEOLUM TUBEROSUM* RUIZ & PAVÓN

DISCUSIÓN

La cuantificación de polifenoles totales del extracto acuoso liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua negra), realizado con el método Folin-Ciocalteu, dio como resultado el valor de $109,76 \pm 0,01$ mg de equivalentes de ácido gálico/1g de liofilizado (equivalente a 18,14 mg EAG/g b. s. y 2,44 mg/EAG/g b.h.). El valor obtenido en este estudio es similar al obtenido por Chirinos (3), quien reporta un rango de 14,4 a 18,7 mg AEG. / g extracto seco siendo los valores altos para la mashua morada. Asimismo, en otro estudio realizado por Huaccho en 84 cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) procedentes de Cusco se obtuvieron valores entre 5,5 y 16,7 mg de ácido gálico Eq./g (b. s.), con el valor más alto en cultivares morados (17). Como se evidencia, la muestra estudiada posee una cantidad elevada de compuestos polifenólicos en comparación con otros estudios similares, diferencia que puede atribuirse a la técnica de extracción de los metabolitos.

La actividad antioxidante *in vitro* del extracto liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua) se determinó utilizando la técnica con el radical libre estable DPPH^{*} y ABTS⁺⁺. Para este fin, se prepararon soluciones de concentraciones comprendidas en un rango de 20,5-320 $\mu\text{g/mL}$ para el método DPPH^{*} y de 56,8-800 $\mu\text{g/mL}$ para el método ABTS⁺⁺. Se observó que, a medida que aumenta la concentración, lo hace también la capacidad antioxidante, es decir, hay una relación directa entre la concentración de la muestra y su actividad antioxidante.

Muchos autores relacionan directamente un bajo IC₅₀ con una elevada actividad antioxidante, y consideran plantas con alto potencial antioxidante las que dan valores menores a 30 $\mu\text{g/mL}$ (15). En el

presente estudio, el valor de IC₅₀ del extracto fue 63,4743 $\mu\text{g/mL}$ y de 12,3095 $\mu\text{g/mL}$ para DPPH^{*} y ABTS⁺⁺, respectivamente. Este valor es considerado un potencial moderadamente alto de actividad antioxidante. Cabe destacar que el valor obtenido para ABTS⁺⁺ muestra una mayor actividad antioxidante en comparación con el obtenido por DPPH^{*}, esto debido a que el ABTS⁺⁺ es soluble tanto en medio acuoso como orgánico y permite la evaluación de los antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos (18) presentes en la muestra.

En la determinación de la actividad anticolegenasa se obtuvo un IC₅₀ = 918 $\mu\text{g/mL}$ para el EGCG y un IC₅₀ = 1390 $\mu\text{g/mL}$ para el extracto liofilizado de mashua. Con este resultado, se evidencia una actividad antienzimática moderada, en comparación con los extractos de otras plantas en los que se hallaron valores menores que indican buena actividad antienzimática, como es el caso de *Bixa orellana* (achiote) y *Oenothera rosea* (chupasangre), cuya inhibición de la enzima colagenasa fue de IC₅₀ = 166,23 y 194,89 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Un estudio que evaluó la actividad anticolegenasa en extracto hidroalcohólico de rizoide de alga dio como resultado un IC₅₀ de 50100 $\mu\text{g/mL}$, por lo que se considera a *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua negra) como una mejor fuente de dicha actividad; asimismo, se ha relacionado la presencia de taninos con la actividad enzimática (19), lo que plantea la necesidad de estudios más específicos sobre la cuantificación de taninos en esta especie.

Además, la cantidad de polifenoles hallados y la actividad antioxidante determinada en la muestra hacen de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua negra) una fuente natural de antioxidantes con potencial uso en productos cosméticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Grau A, Ortega Dueñas R, Nieto Cabrera C, Hermann M. Mashua, *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Roma: IPGRI; 2003.
2. Chirinos R, Campos D, Warnier M, Pedreschi R, Rees J, Larondelle Y. Antioxidant properties of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) phenolic extracts against oxidative damage using biological in vitro assays. *Food Chem.* 2008; 111 (1): 98-105.
3. Hernández Bermejo J, León J. Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492. Roma: FAO; 1992.
4. Campos D, Noratto G, Chirinos R, Arbizu C, Roca W, Cisneros-Zevallos L. Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *J. Sci. Food Agric.* 2006; 86 (10): 1481-8.
5. Ortega O, Kliebenstein D, Arbizu C, Ortega R, Quiros C. Glucosinolate survey of cultivated and feral mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) in the Cuzco region of Peru. *Economic Botany.* 2006; 60 (3): 254-64.
6. Johns T, Neil Towers G. Isothiocyanates and thioureas in enzyme hydrolysates of *Tropaeolum tuberosum*. *Phytochemistry.* 1981; 20 (12): 2687-9.
7. Wattenberg L. Inhibitory effects of benzyl isothiocyanate administered shortly before diethylnitrosamine or benzo[a]pyrene on pulmonary and forestomach neoplasia in A/J mice. *Carcinogenesis.* 1987; 8 (12): 1971-3.
8. Miranda M, Cuéllar A. Farmacognosia y productos naturales. La Habana: Félix Varela; 2001.
9. ISO 14502-1. Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea - Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. International Organization for Standardization; 2005.
10. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 1995; 28 (1): 25-30.
11. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999; 26 (1): 1231-7.
12. Thring T, Hili P, Naughton D. Anti-collagenase, anti-elastase and anti-oxidant activities of extracts from 21 plants. *BMC Complement Altern Med.* 2009; 9 (1): 27-37. doi: 10.1186/1472-6882-9-27
13. Quispe C, Mansilla R, Chacón A, Blas R. Análisis de la variabilidad morfológica del "año" *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón procedente de nueve distritos de la región Cusco. *Ecología Aplicada.* 2015; 14 (2): 211-22.

14. Aruquipa R, Trigo R, Bosque H, Mercado G, Condori J. El isaño (*Tropaeolum tuberosum*), un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. *Rev Inv Innov Agrop Rec Nat*. 2016; 3 (2): 146.
15. Ramos A, Visozo A, Piloto J, García A, Rodríguez C, Rivero R. Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in Cuban medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. 2003; 87 (2-3): 241-6.
16. Kuskoski E, Asuero A, Troncoso A, Mancini-Filho J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2005; 25 (4): 726-32.
17. Huaccho Huamán C. Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) [Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016.
18. Miller N, Rice-Evans C, Davies M, Gopinathan V, Milner A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*. 1993; 84 (4): 407-12.
19. Kim Y, Uyama H, Kobayashi S. Inhibition effects of (+)-catechin–aldehyde polycondensates on proteinases causing proteolytic degradation of extracellular matrix. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2004; 320 (1): 256-61.

RECIBIDO: 8/09/2017

ACEPTADO: 26/10/2017

AUTOR: LUZ STEPHANIE PEÑAFIEL CAMACHO

CORRESPONDENCIA: qfstephaniepc@gmail.com