

Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): Una revisión

Physicochemical characteristics, nutritional composition and bioactive compounds in three varieties of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): A review

Rafael Julian Malpartida Yapias¹ <https://orcid.org/0000-0002-2222-4879>,
Jhuliana Adama Astete¹ <https://orcid.org/0000-0002-3337-8742>, Yamely Cajachagua Uscuchagua¹
<https://orcid.org/0000-0001-5739-7246>, María Cristina Rosales Sánchez¹ <https://orcid.org/0000-0002-9361-150X>

¹Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Tarma, Perú
rmalpartida@unaat.edu.pe, 76032060@unaat.edu.pe,
72007419@unaat.edu.pe, 72047177@unaat.edu.pe



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2021/12/21
Aceptado: 2022/03/11
Publicado: 2022/06/30

Resumen

La mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) es un tubérculo andino que se cultiva en las tierras altoandinas de América del Sur, es una planta resistente que requiere poco fertilizante y es resistente a nemátodos y diversas plagas, forma parte de la dieta nativa y se considera un alimento muy nutritivo. Sin embargo, su utilidad está menguando y no es muy consumido en la sociedad, puesto que las personas de la tercera edad son quienes más la consumen. El objetivo de la investigación es recopilar información de las características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en las tres variedades de mashua: negro, morado y amarillo. Por ello, se realiza una búsqueda sistemática en bases de datos científicos como Science Direct, Elsevier, Scielo, Wiley Online y Google académico. Además de recopilar información de repositorios y libros, donde se ha obtenido resultados de altos niveles en nutrientes como proteínas presentes en la mashua negra, carbohidratos en la variedad amarillo y fósforo en morado. También posee características fisicoquímicas sobresalientes en la mashua morado y negro, actividad antioxidante, compuestos bioactivos como polifenoles y glucosinolatos identificados en las tres variedades. Estos compuestos desempeñan un papel fundamental en la prevención de enfermedades cancerígenas y otras enfermedades

Sumario: Introducción, Análisis de la Mashua y Conclusiones.

Como citar: Malpartida, R., Adama, J., Cajachagua, Y. & Rosales, M. C. (2022). Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): Una revisión. *Revista Tecnológica - Espol*, 34(2), 41-51. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/articulo/view/891>

neurodegenerativas. Asimismo, este tubérculo contribuye a la industria alimentaria mediante la elaboración de productos viables para la promoción comercial que satisfaga las expectativas nutricionales y saludables de los consumidores.

Palabras clave: Actividad antioxidante, glucosinolatos, mashua, polifenoles, propiedades fisicoquímicas.

Abstract

The mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) is an Andean tuber that is grown in the high Andean lands of South America, it is a resistant plant that requires little fertilizer and is resistant to nematodes and various pests, it is part of the native diet and is considered a very nutritious food. However, its usefulness is diminishing and it is not widely consumed in society, since the elderly are the ones who consume it the most. In this study, the objective of the research is to collect information on the physicochemical characteristics, nutritional composition and bioactive compounds in the three varieties of mashua: black, purple and yellow. For this reason, a systematic search was carried out in scientific databases such as Science Direct, Elsevier, Scielo, Wiley Online and academic Google; in addition to collecting information from repositories and books; where results were obtained from high levels of nutrients such as proteins present in the black mashua, carbohydrates in the yellow variety and phosphorus in purple; it also has outstanding physicochemical characteristics in the purple and black mashua, antioxidant activity, bioactive compounds such as polyphenols and glucosinolates identified in the three varieties. These compounds play a fundamental role in the prevention of cancer and other neurodegenerative diseases. Likewise, this tuber contributes to the food industry by developing viable products for commercial promotion that meet the nutritional and healthy expectations of consumers.

Keywords: Antioxidant activity, glucosinolates, mashua, polyphenols, physicochemical properties.

Introducción

En los últimos años se ha realizado una serie de estudios para reevaluar la producción y consumo de tubérculos andinos, entre ellas se encuentra la mashua. Este tubérculo es cultivado hace siglos en el Perú y otros países de la región andina, es el caso de Colombia, Ecuador y Bolivia. Además, Perú es un país rico en productos andinos, donde la mashua es considerada el cuarto tubérculo andino más importante después de la papa, oca y olluco.

Las raíces y tubérculos andinos como *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón presentan escasa demanda frente a otros cultivos peruanos, distinguiéndose por su gran variabilidad de coloración, en especial los de pigmentación negruzco (Yana-año), morado (Muru-año) y amarillo (Kello-año); por lo que son consumidas por la población rural debido a razones ancestrales pero es limitante por el escaso conocimiento sobre las características únicas que poseen en su composición nutricional, compuestos bioactivos con aportes benéficos medicinales, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, entre otros atributos.

Su valor nutritivo supera algunos cereales como es la papa, debido a que este alimento tiene un alto contenido de proteínas, carbohidratos, almidón fibras y calorías; de la misma forma que presenta un balance apropiado de aminoácidos esenciales y es rico en vitaminas C y B (Samaniego, 2010).

El interés por la mashua está creciendo, ya que se ha demostrado que tiene propiedades nutricionales y funcionales con contenidos mayores de actividad antioxidante, compuestos fenólicos, polifenoles y flavonoides por lo que son comparado con tubérculos como el olluco, oca y la papa (Montes et al., 2021). Sin embargo, el consumo de este tubérculo es menor debido a su sabor amargo y no son utilizados ampliamente por la agroindustria.

Por otra parte, el Consejo Nacional de Investigaciones (1989) afirma que este tubérculo es una planta muy resistente y tolerante en las regiones con suelos pobres y crece sin uso de fertilizantes ni pesticidas. Es uno de los cultivos más productivos y fáciles de cultivar; todas las características anteriores, junto con los bajos requisitos de flexibilidad de crecimiento y uso, hacen que la mashua se considere una planta muy atractiva para la agricultura orgánica (Grau et al., 2003).

El presente artículo se justifica por los aportes e información sistemática de tipo documentada en base de datos en línea como también de disertaciones y libros sobre investigaciones en las tres variedades de mashua (negro, morado y amarillo), las cuales tiene implicancias relevantes hacia la salud humana.

Por tanto, el objetivo de esta investigación es recopilar información sobre las características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): Yana año (negro), Muru-año (morado) y Ckello-año (amarillo).

Análisis de la Mashua

Origen y distribución geográfica de producción

Este tubérculo es originario de los Andes centrales, se distribuye en todos los Andes sudamericanos, Ecuador, Colombia, Argentina, Perú y Bolivia, desde hace décadas también se cultiva en otros países como Nueva Zelanda y Canadá. Las mayores áreas de siembra se encuentran en los países de Perú y Bolivia (Manrique et al., 2014).

En Perú ha sido cultivada desde épocas preincaicas, crece en forma silvestre o cultivada, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4,000 metros. Las principales regiones productoras de mashua son Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Ancash, Apurímac, Huánuco, Puno y Junín, siendo responsables de alrededor del 88% de la producción nacional (Ramón, 2017).

La mashua es una planta de fácil cultivo que puede ser cosechada a los 6 u 8 meses de su siembra, esta crece en suelos pobres y no requieren el uso de fertilizantes ni pesticidas, son resistente a heladas y en estado natural es capaz de repeler insectos y nemátodos (Pastor et al., 2006).

Caracterización botánica y morfología de mashua

Morfológicamente, la mashua es herbácea y lisa en todas las partes, tiene un pseudotallo con hojas compactas cuando está madura. Los tallos y pecíolos son elásticos y se pueden trepar sobre los soportes disponibles, actuando en algunos casos como trepadora (Tapia & Fries, 2007, citados por Barrera et al., 2004) . Sus hojas son alternas, pinnadas, lanceoladas, verde oscuro y brillantes arriba, claras abajo, generalmente 5 hojas (a veces con 3 o 4); y las flores son solitarias, cigotas, axilares, con pedicelos largos, sépalos rojos o rojizos y pétalos predominantemente amarillos o anaranjados, a veces lila claro o rojizo (Tapia & Fries, 2007).

Llegan a medir entre 5-15 cm de largo y 3-6 cm de ancho en su extremo distal o apical. Se diferencian de la oca (*Oxalis tuberosa*), que pueden confundirse por sus conos alargados, puntas puntiagudas y mayor concentración de brotes en la parte distal, así como por su amargor. Otra característica de los tubérculos de mashua es que tienen una capa cerosa en su superficie (Grau et al., 2003).

Variedades de mashua

Se han reconocido más de 100 variedades de mashua y recursos genéticos en Ecuador y Perú. Hay muchos colores diferentes de las especies actuales de *Tropaeolum* tubérculos. Esta variación se debe tanto al color de la piel como al color de la pulpa. Primero, la cáscara de los tubérculos de mashua varía en color de crema a púrpura oscuro y pasa por una variedad de tonos como amarillo, naranja y violeta violáceo (Grau, 2003).

Además, a pesar de que la pulpa suele ser amarilla, su brillo también varía, y en algunos casos la pulpa del tubérculo es completamente morado. Sin embargo, los tubérculos de mashua son los que se consumen comúnmente pero también se comen todas las partes de la planta antes mencionada, incluidas las hojas y las flores (Grau et al., 2003). El nombre de las variedades de este tubérculo se debe al color que presenta, entre ellas se encuentra yana-añu (negro), muru-añu (morado), ckello-añu (amarillo), los cuales tienen colores más intensos (Tabla 1).

Tabla 1

Nombres de las diferentes variedades de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón)

NOMBRE	COLOR DE TUBÉRCULO
Occe añu	Plomizo
Yana-añu	Negro
Checche-añu	Gris
Ckello-añu	Amarillo
Kello-añu	Violeta
Muru-añu	Morado
Muru-añu	Rojo
Puca-añu	Negro
Yana-añu	Blanco
Mashua-Quillu	Amarillo
Mashua yana-saco	Negro

Fuente: Barrera et al., (2004)

Composición química y nutricional

La mashua tiene un alto contenido de proteínas y carbohidratos. Su valor nutritivo supera al de algunos cereales y de la papa, por lo que forma parte de la dieta diaria nutricional. Contiene un balance apropiado de aminoácidos esenciales (Espín et al., 2004; citado por Doylet & Rodríguez, 2018). En la Tabla 2 se muestra el contenido de compuestos nutricionales de la mashua de las variedades negro, morado y amarillo, donde la mashua negro presenta mayor porcentaje de proteínas ($1,599 \pm 0,006\%$), la mashua amarillo tiene un mejor porcentaje de carbohidratos ($12,606 \pm 0,059\%$), además este tubérculo andino aporta minerales como fósforo, calcio y potasio, entre otros componentes.

Tabla 2*Composición química y nutricional de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)*

Componente	Variedad	Contenido (%)	Fuente
Humedad	Negro	85,730 ± 0,069	(Taipe, 2017)
	Morado	86,3	(Saá, 2019)
	Amarillo	78.04 ± 2.91	(Valle, 2017)
Cenizas	Negro	0,607 ± 0,008	(Taipe, 2017)
	Morado	0,76	(Saá, 2019)
	Amarillo	0,59 ± 0,02	(Cuya, 2009)
Proteína	Negro	1,599 ± 0,006	(Taipe, 2017)
	Morado	1,23 ± 0,04	(Gonzales et al., 2020)
	Amarillo	1,526 ± 0,002	(Taipe, 2017)
Carbohidratos	Negro	10,996 ± 0,085	(Taipe, 2017)
	Morado	11,41	(Gonzales et al., 2020)
	Amarillo	12,606 ± 0,059	(Taipe, 2017)
Azúcares reductores	Negro	18,48 ± 0,08	(Taipe, 2017)
	Morado	-	-
	Amarillo	19,12 ± 0,06	(Taipe, 2017)
Calcio	Negro	-	-
	Morado	0.025 ± 0.002	(Cuya, 2009)
	Amarillo	0.1 ± 0.01	(Cuya, 2009)
Potasio	Negro	-	-
	Morado	0.82 ± 0.31	(Cuya, 2009)
	Amarillo	0.99 ± 0.1	(Cuya, 2009)
Fósforo	Negro	-	-
	Morado	0.56 ± 0.01	(Cuya, 2009)
	Amarillo	0.42 ± 0.16	(Cuya, 2009)

Características fisicoquímicas

Son las características tanto físicas como químicas de un alimento que otorga las bases necesarias para comprender los fenómenos físicos y químicos en los alimentos (Romero de la Hoz & Prado, 2017). En la Tabla 3 se muestra las características fisicoquímicas de tres

variedades de la mashua, donde la variedad morada sobresale debido a su alto contenido de grasa (0,70%), humedad (86.3%), ceniza (0,76%) y acidez titulable (77.2%).

Es importante también señalar que diferentes elementos aparte de la variabilidad genética pueden intervenir en las características fisicoquímicas como son las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo (Beltran & Mera, 2013).

Tabla 3

Características fisicoquímicas de tres variedades de la mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón): negro, morado y amarillo

Componente	Variedad	Contenido (%)	Fuente
Humedad	Negro	85,730 ± 0,069	(Taípe, 2017)
	Morado	86,3	(Saá, 2019)
	Amarillo	78.04 ± 2.91	(Valle, 2017)
Grasa	Negro	0,452 ± 0,005	(Taípe, 2017)
	Morado	0,70	(Saá, 2019)
	Amarillo	0,31 ± 0,03	(Taípe, 2017)
Ceniza	Negro	0,607 ± 0,008	(Taípe, 2017)
	Morado	0,76	(Saá, 2019)
	Amarillo	0,59 ± 0,02	(Cuya, 2009)
pH	Negro	6,29 ± 0,01	(Taípe, 2017)
	Morado	6,2	(Saá, 2019)
	Amarillo	6,22	(Beltran & Mera, 2013)
Acidez titulable	Negro	1,53 ± 0,04	(Taípe, 2017)
	Morado	77,2	(Saá, 2019)
	Amarillo	1,59 ± 0,05	(Taípe, 2017)
Sólidos solubles	Negro	6,120 ± 0,226	(Taípe, 2017)
	Morado	8,0	(Taípe, 2017)
	Amarillo	8,5	(Taípe, 2017)

Componentes bioactivos

Los compuestos bioactivos o fitoquímicos son componentes muy importantes de las plantas debido a su contribución terapéutica a la salud. Los estudios realizados sobre la mashua han demostrado un alto contenido de compuestos bioactivos en comparación con otros cultivos andinos (Campos et al., 2006; citado por Guevara et al., 2018).

En la Tabla 4 se presentan los compuestos bioactivos de las tres variedades de mashua, entre ellas destaca el morado con cantidades mayores de fenoles totales ($39,87 \pm 0,046$ mg de ácido gálico/g) y capacidad antioxidante ($169,16 \pm 0,158$ μ M trolox/100g), en comparación con la mashua amarillo con fenoles totales de 10,51 mg de ácido gálico/g y capacidad antioxidante de $13,7 \pm 0,682$ μ M trolox/100g; asimismo, para determinar estos datos se realizó un análisis mediante el método DPPH y ABTS (León, 2018).

Tabla 4

*Compuestos bioactivos en tres variedades de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)*

Componentes	Variedad	Contenido	Unidad	Fuente
Fenoles totales	Negro	17,43	mg de ácido gálico/g	(Taipe, 2017)
	Morado	$39,87 \pm 0,046$	mg de ácido gálico/g	(Velásquez et al., 2020)
	Amarillo	10,51	mg de ácido gálico/g	(Taipe, 2017)
Capacidad antioxidante	Negro	$94,80 \pm 0,532$	μ M trolox/100g	(Taipe, 2017)
	Morado	$169,16 \pm 0,158$	μ M trolox/100g	(Velásquez et al., 2020)
	Amarillo	$13,7 \pm 0,682$	μ M trolox/100g	(Taipe, 2017)
Antocianinas	Negro	-	-	-
	Morado	$34,58 \pm 0,127$	mg/100g	(Velásquez et al., 2020)
	Amarillo	-	-	-
Flavonoides totales	Negro	-	-	-
	Morado	$1,39 \pm 0,071$	mg/100g	(Velásquez et al., 2020)
	Amarillo	-	-	-

Contenido fenólico

La mashua morado presentó mayor concentración de compuestos fenólicos con $16,3 \pm 0,2$ mg de ácido gálico/g en peso seco, en comparación al genotipo amarillo que contenía un menor rango de $4,2 \pm 0,0$ (GAE, mg ácido gálico/g PS) (Chirinos et al., 2013). También, se reportó $1817,17 \pm 1,006$ (mg AGE/100g ms) de contenido polifenólico evaluado a un tiempo de 60 segundos y empleando extracción con metanol al 70% como solvente (Pariona, 2019).

En estudios se analizaron la cuantificación de polifenoles totales en extracto acuoso liofilizado aplicado a la mashua negro mediante el método Folin-Ciocalteu, del cual se obtuvo $109,76 \pm 0,01$ mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/1g de liofilizado y un 18,14 mg eq. EAG/g en base seca (b.s.); representando fuente potencial de antioxidantes naturales (Peñañiel & Castro, 2017).

Por otra parte, Doylet & Rodríguez, (2018) cuantificaron los fenoles totales en la mashua amarillo hallándose $268,93$ mg EAG/100g dependientes a factores ambientales al exponerse, como son la temperatura y luz que afectan al valor nutricional y a la madurez óptima para determinar altos compuestos bioactivos de calidad (estado fisiológico).

Glucosinolatos

A partir de los glucosinolatos se derivan los compuestos isotiocianatos de mashua (ITC), el cual permite inactivar actividades enzimáticas al unirse covalentemente con las proteínas; además el p-metoxibencil-glucosinolato que posee este tubérculo refleja propiedades antiproliferativas ayudando a inhibir el crecimiento de células cancerosas (Cárdenas et al., 2008), y proapoptóticas relacionado con efectos anti-reproductivos como el desarrollo embrionario que impide la activación del genoma masculino (Gonzales et al., 2020).

La evaluación de contenido total de glucosinolatos estudiados en materia seca muestran un rango entre 1,18 y 7,75 $\mu\text{mol g}^{-1}$ en la mashua morado, para los genotipos amarillos 8,11 \times 10⁻¹ y 9,53 $\mu\text{mol g}^{-1}$ (Martín & Higuera, 2016). Sin embargo, el sabor picante de mashua negro es a causa del contenido de isotiocianatos presentes como glucosinolatos (Grau et al., 2003).

Capacidad de oxidación de mashua (antioxidantes)

Campos et al. (2006) en su estudio, reportan un alto contenido de capacidad antioxidante total (lipofílica + hidrofílica) en los genotipos de mashua color púrpura ARB-5241, DP-0224 y ARV-5366 con 1002, 9309 y 8092 μg Trolox equivalente (TE) g⁻¹ en muestra fresca y soleada.

Según la Tabla 5, la mashua negro presenta capacidad antioxidante hidrofílica de 109,24 y 114,50 $\mu\text{mol TE/g}$ (b.s.) en estado fresco y soleado, respectivamente (Taípe, 2017). Sin embargo, la mashua morado mostró resultados de capacidad antioxidante hidrofílica para el tubérculo fresco y soleado 103,0 \pm 1,4 y 113,9 \pm 1,6 $\mu\text{mol Trolox/g}$ tejido seco, respectivamente (Córdova, 2012). Mientras que el genotipo de mashua amarillo se evidencia valores de carotenoides en el rango de 8,9-14,4 ($\mu\text{gramo eq. } \beta\text{-caroteno/g}$ Peso fresco); pero durante la poscosecha se estima el incremento de compuestos bioactivos permaneciendo los carotenoides estables que contribuye al contenido fenólico y poder antioxidante con propiedades de eliminación de radicales libres (Chirinos et al., 2007).

Tabla 5

Capacidad antioxidante de tres variedades de mashua

Variedad	Contenido ($\mu\text{mol TE/g}$)		Unidad	Fuente
	Estado fresco	Estado soleado		
Morado	103,0 \pm 1,4	113,9 \pm 1,6	$\mu\text{mol Trolox/g}$	(Córdova, 2012)
Negro	109,24	114,50	$\mu\text{mol TE/g}$	(Taípe, 2017)
Amarillo	8,9-14,4	-	$\mu\text{gramo eq. } \beta\text{-caroteno/g}$	(Chirinos et al., 2007)

Relación entre propiedades antioxidantes y compuestos fenólicos

Según Guevara et al. (2018), señalan que la evaluación de actividad antioxidante se realiza mediante distintos métodos siendo aplicable in vitro o in vivo, como son las técnicas químicas (in vitro) 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPHH), ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) y ABTS (2,2'-azino-bis (3etilbenzotiazolina-6-sulfónico); pero los métodos más empleados en vegetales son la ABTS y DPHH (Mejía et al., 2018).

En los estudios de Chirinos et al. (2013) demuestran que existe una favorable correlación entre los compuestos fenólicos totales (TPC) y actividad antioxidante, en el cual se

reportan valores más altos encontrados en la mashua morado y amarillo con respecto a la actividad antioxidante (DPHH, ABTS y ORAC) representando un 1,2–14,7% de TPC que contribuye considerablemente para sus propiedades antioxidantes.

Sin embargo, en el análisis por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas, se analizaron cualitativamente 500 mL de extracto hidroalcohólico del genotipo mashua negro, en el cual se obtuvo metabolitos de alta capacidad antioxidante y compuestos activos aldehídos (4-hydroxythiophenol) e isotiocianatos (1-(isothiocyanatomethyl)-4-methoxybenzene) relacionados a propiedades funcionales (Muñoz et al., 2021).

Conclusiones

Debido a la propagación de la Covid-19 por todo el mundo y la falta de vacunas para combatir el virus, la prevención es la mejor aliada. No hay evidencia concreta de que ciertos factores dietéticos puedan reducir el riesgo de infecciones como el nuevo coronavirus, pero una buena nutrición puede ayudar a mantener una buena salud y reducir el impacto del virus en caso de contagio. Es por ello, que se recomienda consumir alimentos con alto valor nutricional como la mashua, la cual es considerada saludable por su contenido de minerales como fósforo, calcio y potasio, además de cenizas, proteínas, grasas y carbohidratos. Por otro lado, una de las tres variedades de mashua que sobresale por sus características fisicoquímicas es la variedad Muru-añu (morado) por su alto contenido de humedad, grasa, ceniza y acidez titulable.

Asimismo, el genotipo morado posee un alto contenido fenólico con glucosinolatos que contribuye a las propiedades antiproliferativas y proapoptóticas relacionadas con la prevención de enfermedades cancerosas; sin embargo, la variedad negro y morado son consideradas como una fuente natural de capacidad antioxidante que es parte de los factores contribuyentes a su potencial nutraceutica, pero que depende del estado cuando se determina los compuestos bioactivos. Además, este tubérculo se comporta como una especie rústica que se adapta a zonas muy frías y suelos pobres sin necesidad de fertilizantes, es por ello que en las regiones altoandinas del Perú los agricultores lo siembran con gran facilidad.

Referencias

- Barrera, V., Espinosa, P., Tapia, C., Monteros, A., & Valverde, F. (2004). *Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecorregión andina del Ecuador. Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito, Ecuador- Lima, Perú, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. (Serie Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003))*.
- Beltran, A., & Mera, J. (2013). *Elaboración del tubérculo mashua (tropaeolum tuberosum) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3504>
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros, L. (2006). 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). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481-1488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Cárdenas, J., Nieto, M., Gasco, C., Gonzales, J., Rubio, J., Portella, J., & Gonzales, G. F. (2008). *Tropaeolum tuberosum* (Mashua) reduces testicular function: Effect of different treatment times. *Andrologia*, 40(6), 352-357. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2008.00868.x>

- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J., Larondelle, Y., Noratto, G., & Cisneros, L. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 437-446. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>
- Córdova, C. (2012). *Evaluación del efecto del secado a dos temperaturas en el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y capacidad antioxidante de la mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón)* [Tesis de grado, Universidad Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2468>
- Cuya, R. (2009). *Efecto de secado sobre la actividad antioxidante de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum R&P)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/421>
- Doylet, R., & Rodríguez, L. (2018). *Estudio comparativo de la composición química y carácter reductor de dos variedades de Tropaeolum tuberosum (Ruiz y Pavón, Kuntze) mashua* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28380>
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito Grandes, B. (2004). *Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos*. Quito, EC: INIAP/CIP/COSUDE, 2004. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3264>
- Gonzales, J., Alvis, R., Pino, J., & Iziga, R. (2020). Effect of the aqueous solution of «mashua» on the reproductive capacity of male mus musculus and its implication in preimplantation embryonic development. Preclinical test. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 20(4), 662-669. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v20i4.3187>
- Grau, A. (2003). *Mashua, Tropaeolum Tubrosum Ruiz & Pav.* International Potato Center. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=IX38rY6s6PYC&oi=fnd&pg=PP9&ots=LoGNiha7WN&sig=ErCQ_CTheg9bu5EaodABnW68D3o&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C., & Hermann, H. (2003). *Mashua, (Tropaeolum tubrosum Ruiz & Pav.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*, 25. International Plant Genetic Resources Institute. https://www.researchgate.net/publication/239602353_Promoting_the_Conservation_and_Use_of_Underutilized_and_Neglected_Crop
- Guevara, D., Valle, L., Barros, M., Vásquez, C., Zurita, H., Dobronski, J., & Pomboza, P. (2018). Nutritional Composition and Bioactive components of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pavón). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1), Article 1. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2561>
- León, C. (2018). *Determinación de compuestos bioactivos en la mashua (Tropaeolum tuberosum)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4050/Leon%20Romani_IF_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Gonzales, R., Ramírez, C., Chávez, O., Tay, D., & Ellis, D. (2014). *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). *Centro Internacional de La Papa (CIP)*, 116. <https://doi.org/10.4160/9789290604310>
- Martín, J., & Higuera, B. (2016). Glucosinolate composition of Colombian accessions of mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), structural elucidation of the predominant glucosinolate and assessment of its antifungal activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(14), 4702-4712. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7689>

- Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, S., Serna, J., & Torres, L. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de de turbérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449-456. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Montes, H., Reategui, O., Muñoz, D., Pineda, J., & Cuba, I. (2021). Phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of six accessions of mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. & P.) from Puno Region, Peru. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3), 9707-9714. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.93020>
- Muñoz, O., Robles, R., Chirre, J., Santisteban, O., Feliciano, J., & León, W. (2021). Identificación de los principios activos de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y el efecto del proceso de elaboración de una bebida mix de mashua con piña. *Ingeniería Industrial*, 40, 171-190. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.5150>
- Pariona, J. (2019). *Efecto del solvente y tiempo en la extracción por microondas de glucosinolatos y compuestos fenólicos de mashua morada (Tropaeolum tuberosum)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5702>
- Pastor, S., Fuentealba, B., & Ruiz, M. (2006). *Cultivos Subutilizados en el Perú: Análisis de las Políticas Públicas Relativas a su Conservación y Uso Sostenible*. Asociación Civil Pro Uso DIVERSITAS - PROUD.
- Peñafiel, L., & Castro, A. (2017). Compuestos fenólicos, actividades antioxidante y anticolesterol en vitro del extracto liofilizado de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón «mashua negra». *Científica*, 14(3), 28-38. <https://doi.org/10.21142/cient.v14i3.575>
- Ramón, F. (2017). *Efecto del estrés abiótico post-cosecha en las características físico-químicas y de algunos metabolitos primarios de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3009>
- Romero de la Hoz, D., & Prado, L. (2017). Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la harina precocida de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) cultivado en diferentes fuentes de fertilización. *Ingeniería de Alimentos*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/74
- Saá, M. (2019). *Evaluación del efecto de secado de la mashua morada tropaeolum tuberosum sobre las propiedades organolépticas y actividad antioxidante* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9033>
- Samaniego, L. (2010). *Caracterización de la mashua (tropaeolum tuberosum c.) en el Ecuador* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4870>
- Taipe, L. (2017). *Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1592>
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/publications/card/es/c/f28ebc93-3410-5973-bffa-122099a5711e/>
- Valle, M. (2017). *Caracterización morfológica y fenología en variedades de Tropaeolum tuberosum (Mashua) de interés medicinal* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26125>
- Velásquez, F., Ramírez, E., Chuquilín, R., & Aliaga, I. (2020). Optimization of the functional properties of a drink based on tubers of purple mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Agroindustrial Science*, 10(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.09>