

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFECTO DE LA COCCIÓN Y DIGESTIÓN *INVITRO*, EN LAS
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA
NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*).**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TESISTAS

DAVID ALFREDO FIGUEROA REYNOSO

BANESA CALIXTO NAUPAY

ASESOR

DR. ÁNGEL DAVID NATIVIDAD BARDALES

HUÁNUCO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico, este trabajo a una gran mujer, por su amor y ayuda incomparable, por inculcarme sus valores, por hacer de mí una mejor persona día a día, por estar en los buenos y malos momentos en mi vida, por enseñarme que puedes lograr cualquier objetivo si te propones, dedico este trabajo a la persona que admiro, amo y valoro, a mi madre.

Su afecto y su cariño son los donantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ustedes. Aun siendo pequeñas me han enseñado y me siguen enseñando muchas cosas de esta vida. Les agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida, fueron mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis, gracias mis niñas hermosas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la vida, la salud y por el desarrollo de esta investigación, porque sin el nada hubiese sido posible.

A los docentes de la C. P. Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, “Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”; por sus enseñanza y formación académica.

Al Dr. Ángel David, Natividad Bardales; por el asesoramiento permanente y colaboración en la ejecución de la presente investigación.

RESÚMEN

El Perú es productor de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), el cual su producción es bajo a nivel regional y nacional así mismo se desconoce acerca de sus propiedades antioxidantes. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cocción (hervido) y digestión *invitro* en las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*). La metodología consistió en adicionar 1 g de cáscara o pulpa crudo o cocida por cinco tiempos diferentes (21, 25, 29, 33 y 37 minutos a 95 ° C) en un tubo falcón, posterior se enraza hasta 10 mL con metanol grado analítico (1:10) y se maceró a (4 °C) durante 16 horas, en seguida se centrifugó a 10,000 rpm durante 5 minutos; posterior se determinaron sus propiedades antioxidantes en base seca. Las muestras en crudo presentaron diferencias significativas, el contenido en polifenoles (mg AGE/g) en cáscara fue $4,13 \pm 0,08$ y pulpa $1,63 \pm 0,01$; antocianinas (mg de cianidina-3-glucósido/100 g) en cáscara $260,08 \pm 18,62$ y pulpa $51,92 \pm 3,88$; capacidad antioxidante DPPH ($\mu\text{g TE/g}$) en cáscara $3750,56 \pm 251,13$ y pulpa $2437,86 \pm 81,31$ y capacidad antioxidante ABTS ($\mu\text{g TE/g}$) en cáscara $5228,43 \pm 143,74$ y pulpa $1334,15 \pm 107,17$. En las muestras cocidas no existió diferencias significativas entre tratamientos y muestras, pero se eligió como mejor al $T_4 = 29$ minutos por presentar una buena cocción en comparación con los demás tratamientos; así mismo el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH se degradaron en la cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) mas no la capacidad antioxidante ABTS, este último incrementó. En la digestión *invitro* presentó diferencias significativas en la propiedades antioxidantes, el contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH se degradaron en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudos y cocido pero el contenido de capacidad antioxidante utilizando el método del catión libre ABTS⁺ incrementó. Se concluye esta investigación que la cocción y la digestión *invitro* influye en las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Palabra clave: Verde bilis, trolox y ácido gálico.

SUMMARY

Peru is a producer of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*), which is its production is low regional and national level, it is also unknown about its antioxidant properties. The objective of the research was to evaluate the effect of cooking (boiling) and invitro digestion on the antioxidant properties in shell and pulp of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*). The methodology consists of adding 1 g of raw or cooked shell or pulp for five different times (21, 25, 29, 33 and 37 minutes at 95 ° C) in a falcon tube, then it is rooted up to 10 mL with analytical grade methanol (1:10) and macerated at (4 ° C) for 16 hours, then centrifuged at 10,000 rpm for 5 minutes; Subsequently, its antioxidant properties were determined on a dry basis. The crude samples vary in differences, the content of polyphenols (mg AGE / g) in the shell was 4.13 ± 0.08 and pulp 1.63 ± 0.01 ; anthocyanins (cyanidine-3-glycoside mg / 100 g) in shell 260.08 ± 18.62 and pulp 51.92 ± 3.88 ; DPPH antioxidant capacity ($\mu\text{g TE / g}$) in shell 3750.56 ± 251.13 and pulp 2437.86 ± 81.31 and ABTS antioxidant capacity ($\mu\text{g TE / g}$) in shell 5228.43 ± 143.74 and pulp $1334, 15 \pm 107.17$. In the cooked samples there are no differences in the treatments and samples, but T4 = 29 minutes was chosen as best for presenting a good cooking compared to the other treatments; Likewise, the anthocyanin content, total polyphenols and antioxidant capacity using the DPPH free radical method were degraded in the shell and pulp of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*) but not the ABTS antioxidant capacity, the latter incremental. In the invitro digestion there were different differences in antioxidant properties, the total polyphenol content, anthocyanins and antioxidant capacity using the DPPH free radical method were degraded in shell and pulp of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*) raw and cooked but the power content antioxidant using the ABTS + free cation method increased. This investigation concludes that cooking and invitro digestion influences the antioxidant properties in shell and pulp of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

Keyword: Bile green, trolox and gallic acid.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	9
II.	MARCO TEÓRICO	11
2.1.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.1.1.	Descripción botánica	11
2.1.2.	Composición química	13
2.1.3.	Cocción.....	17
2.1.4.	Digestión de alimentos.....	18
2.1.5.	Producción de mashua	20
2.2.	ANTECEDENTES.....	21
2.3.	HIPÓTESIS.....	26
2.3.1.	Hipótesis general	26
2.3.2.	Hipótesis específicos.....	26
2.4.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	27
2.4.1.	Variable independiente	27
2.4.2.	Variable dependiente	27
2.4.3.	Operacionalización de variables.	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	28
3.2.	LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN	28
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	28
3.3.1.	Población.....	28
3.3.2.	Muestra.....	28
3.3.3.	Unidad de análisis.....	28

3.4.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	29
3.5.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	31
3.5.1.	Diseño de la investigación.....	31
3.5.2.	Datos a registrar.....	32
3.5.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	32
3.6.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	33
3.6.1.	Equipos.....	33
3.6.2.	Materiales.....	33
3.6.3.	Reactivos.....	34
3.7.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.7.1.	Métodos y análisis	36
3.7.2.	Metodología experimental	40
IV.	RESULTADOS	42
4.1.	EVALUACIÓN FÍSICA Y BIOMÉTRICA.....	42
4.2.	ANÁLISIS DE HUMEDAD, MUESTRA SECA, CENIZA, pH, SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ TITULABLE.....	43
4.3.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINA, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) CRUDOS	45
4.4.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINA, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) COCIDAS.	48
4.5.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA DIGESTIÓN <i>INVITRO</i> DE CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) CRUDO Y COCIDO.....	53
V.	DISCUSIÓN	61

5.1.	EVALUACIÓN BIOMÉTRICA Y FÍSICA.....	61
5.2.	ANÁLISIS HUMEDAD, MUESTRA SECA, PH, CENIZA, SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ TITULABLE	61
5.3.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) CRUDAS.....	62
5.4.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) COCIDAS.	64
5.5.	ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA DIGESTIÓN <i>INVITRO</i> DE CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) CRUDO Y COCIDO.....	66
VI.	CONCLUSIONES	69
VII.	RECOMENDACIONES.....	70
VIII.	LITERATURA CITADA.....	71
	ANEXOS.....	79

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*); es un tubérculo originario de la región andina central y es catalogado como el cuarto en importancia en esta zona, después de la papa, Oca y Olluco, siendo cultivado en los andes de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela (Gibbs, Marshall, & Brunton, 1978).

A nivel nacional la producción de mashua es de 42,877 toneladas de una superficie cosechada de 5,750 ha superficie cosechada; siendo los mayores productores las regiones de Cusco con 10,485 toneladas, Ayacucho con 9,946 toneladas, Puno con 7,579 toneladas y Apurímac con 7,433 toneladas (MINAGRI 2018).

En la región Huánuco la Mashua o Izano tiene una producción total de 1,836 toneladas, con una superficie cosechada de 287 hectáreas, rendimiento de 6,397.21 kg/hectárea, precio de venta en chacra de S/ 0.88 por kilogramo. Las zona productores se encuentran en la provincia de Huamalíes con una producción de 748 toneladas a partir de 137 hectáreas cosechadas, rendimiento 5,459.85 kg/ha; provincia de Dos de Mayo con una producción de 183.4 toneladas a partir de 29 hectáreas cosechadas, rendimiento de 6,324.14 kg/ha; provincia de Pachitea con una producción de 177 toneladas a partir de 17.50 hectáreas cosechadas, rendimiento de 7,828.57; provincia de Yarowilca con una producción de 71 toneladas a partir de 15 hectáreas cosechadas, rendimiento de 4,733.33 kg/ha, provincia de Marañón con una producción de 66 toneladas a partir de 8 hectáreas, rendimiento de 8,250.00; provincia de Huánuco con 59.60 toneladas a partir de 11.50 hectáreas cosechadas, rendimiento de 5,128.61 kg/ha y la provincia de Huacaybamba con 22 toneladas a partir de 4 hectáreas cosechadas, rendimiento de 5,500 kg/ha (DRA 2018).

Así mismo, el año comparado con la papa, el olluco, y la oca presenta una mayor capacidad antioxidante, con alto contenido de antocianinas y carotenoides (Campos *et al.*, 2006).

Existen reportes de propiedades medicinales del ñu o mashua que son resultado de la presencia de glucosinolatos y sus derivados principalmente de p-methoxybenzylisothiocyanate (Johns *et al.*, 1982), y de Bencil-isotiocianato, siendo este último un agente anticancerígeno, que actúa eficazmente contra una amplia gama de células tumorales (Hasegawa, Nishino, & Iwashima, 1993; Pintão, Pais, Coley, Kelland, & Judson, 1995).

La importancia de la investigación fue incentivar la producción de mashua a través de sus propiedades antioxidantes, así mismo en nuestra región su producción es ínfima y solo es de autoconsumo por los productores; por lo mencionado nace la presente investigación que consistió en analizar el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en pulpa y cáscara de mashua crudas, cocidas (hervido) y digestibilidad *invitro*.

Se justifica la investigación desde el punto de vista económico, ya que es poca la comercialización de mashua en el mercado regional e inclusive es limitado a nivel nacional. Es por ello que la investigación se enfocó en determinar las propiedades antioxidantes, con la finalidad que promover su producción y comercialización; en ese sentido se mejorará la calidad de vida de nuestros productores.

Objetivo general

- Evaluar el efecto de cocción (hervido) y digestión *invitro* en las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cocción (hervido) en la degradación de las propiedades antioxidante en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).
- Evaluar la degradación en el contenido de las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) por efecto de la digestión *invitro*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Descripción botánica

El Añu o Mashua es un tubérculo originario de la región andina central y es catalogado como el cuarto en importancia en esta zona, después de la papa, Oca y Olluco, siendo cultivado en los andes de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela (Gibbs *et al.*, 1978)

El añu es un cultivo andino subutilizado con potencialidades para su uso en la alimentación y en la industria farmacéutica debido a su capacidad antioxidante y la presencia de glucosinolatos. Sin embargo, por su bajo consumo estaría afrontando posibles problemas de pérdida de variabilidad, en la figura 01 se muestra la mashua. (Quispe, *et al.*, 2015)



Fuente: Quispe *et al.*, (2015)

Figura 01. La Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

Desde el punto de vista agronómico es muy rústico ya que en la zona andina se cultiva en suelos pobres, sin uso de fertilizantes ni pesticidas, y aun en estas condiciones, sus rendimientos superan a los de la papa. Además, de ser tolerante a las heladas, también tiene capacidad fungicida, nematocida e insecticida, debido a los

glucosinolatos y sus derivados los isotiocianatos presentes en toda la planta (Ortega, *et al.*, 2006).

Actualmente, los pobladores andinos más pobres lo usan en su alimentación y forma parte de su cultura, y junto con la papa, la oca y el ulluco son importantes para su subsistencia. Es precisamente en las parcelas de dichos agricultores donde la diversidad del año aún se conserva, sin embargo, en zonas donde se han introducido cultivos con mayor demanda del mercado o la actividad agrícola, viene siendo reemplazado por otros económicamente más rentables, por ello, la diversidad de este cultivo viene disminuyendo (Quispe *et al.*, 2015).

La Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruz y Pavón *spp. tuberosum*) es un miembro de la familia *Tropeolácea* (la familia de la capuchina) (Lim, 2016).

También se conoce como *isafiu* (Aymara-Bolivia), cubio (Colombia), afiu y isafio, (quechua en Perú y Bolivia) (Grau, *et al.*, 2003)

Ocupa el cuarto lugar en importancia en la región andina después de la papa, la oca y el ulluco (National Research Council, 1999).

La mashua es también un valioso cultivo porque es resistente a muchos insectos, nematodos, hongos y otros patógenos que atacan las papas y otros cultivos de tubérculos (National Research Council, 1999).

Es conocimiento de los productores alto andinos que después de estar expuestos al sol, los tubérculos se vuelven más adecuados para comer, debido a una disminución de su contenido de glucosinolato (Ramallo *et al.*, 2004)

Los tubérculos son generalmente de 5–15 cm de largo y 3–6 cm de ancho en su parte distal (Grau, 2003).

Temoche, *et al.*, (2004) la ubicación taxonómica de la mashua es la siguiente:

Reino	: Vegetal
Clase	: <i>Angiospermas</i>
Sub clase	: <i>Dicotiledoneas</i>
Orden	: <i>Geraniales</i>
Familia	: <i>Tropeolácea.</i>
Género	: <i>Tropaeolum.</i>
Especie	: <i>Tuberosum R. et P</i>
Nombre científico	: <i>Tropaeolum tuberosum R. et P</i>
Nombres comunes	: <i>Mashua</i> , <i>“añu”</i> , <i>“cubios”</i> , <i>“navios”</i> , <i>“Isaño”</i> , <i>“isañu</i>

2.1.2. Composición química

Nutricionalmente es un cultivo importante, por su alto contenido de vitamina C y proteínas, el cual supera al de la leche materna (Espinoza & Monteghirfo, 1999)

Existen muchos reportes experimentales de propiedades medicinales del añu que son resultado de la presencia de glucosinolatos y sus derivados principalmente de pmethoxybenzylisothiocyanate (Johns et al., 1982), y de Bencil-isotiocianato, siendo este último un agente anticancerígeno, que actúa eficazmente contra una amplia gama de células tumorales (Hasegawa *et al.*, 1993; Pintão *et al.*, 1995).

Así mismo, el añu comparado con la papa, el olluco, y la oca presenta una mayor capacidad antioxidante, con alto contenido de antocianinas y carotenoides (Campos *et al.*, 2006).

La mashua es el cultivo de tubérculos menos popular debido a su amargura debido a la presencia de isotiocianatos liberados por hidrólisis de GSL (Kjær, *et al.*, 1978).

Los isotiocianatos son bien conocidos por su actividad biológica como diuréticos, como agentes que pueden ofrecer protección contra el cáncer y como antibióticos, insecticidas y nematocidas (Halkier & Du, 1997; Stoner & Morse, 1997; Sugie, *et al.*, 1994).

El valor nutricional de mashua es alto. Por ejemplo, 100 g de tubérculos secos pueden contener 14-16 g de proteína, casi 80 g de carbohidratos y aproximadamente 77.5 mg de vitamina C (Vaughn J. G., & Geissler C. A., 1997; Collazos 1996).

Ha sido tradicionalmente y ampliamente utilizado en la medicina popular de los andinos región, y su domesticación puede haber estado relacionada a su importancia como agente medicinal (Johns *et al.*, 1982)

Variedad.- Por el color la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) pertenece a la variedad de yana añu.

Característica de la mashua negra.- La mashua negra es un tubérculo andino muy parecido a la papa y a la oca, que aporta con grandes propiedades farmacéuticas y curativas al cuerpo humano. Según estudios este alimento con proteína, carbohidrato y antocianina es anticancerígeno, y es capaz de tratar el cáncer del colon, piel y próstata. Cabe destacar que la antocianina que da color a la mashua negra, está indicada prevenir que los tejidos conectivos se vean perjudicados por el paso de los años (Campos *et al.*, 2006).

a) Compuestos fenólicos

Los polifenoles son metabolitos secundarios producidos por las plantas en respuesta al estrés o daño ambiental, y son componentes importantes de la dieta humana, ya que están presentes en muchos alimentos y bebidas derivados de plantas, incluidas frutas, verduras, cereales, aceitunas, legumbres, chocolate, té, etc. café y vino (Vacca *et al.*, 2016). Se ha informado que la isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) es una buena fuente de compuestos fenólicos responsables de la capacidad antioxidante (Campos *et al.*, 2006).

Los tubérculos de coloración morada presentan valores más altos de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, pero más bajos en carotenoides, estudios anteriores demostraron que la capacidad antioxidante se atribuye principalmente a cantidades altas de compuestos fenólicos que a los carotenoides (Chirinos et al., 2007).

Recientes estudios indican que mashua tiene un alto contenido de compuestos fenólicos (0,92–3,37 mg clorogénico ácido equivalente g – 1 peso fresco) (Campos et al., 2006).

b) Antocianinas

Las antocianinas son las responsables de los colores rojos, azulados o violetas de la mayoría de los frutos o flores, es el pigmento más importante, después de la clorofila, que es visible al ojo humano. Las antocianinas (agliconas) son la estructura básica de las antocianinas. Constan de un anillo aromático (A) unido a un anillo heterocíclico (C) que contiene oxígeno, el cual está unido por un enlace carbono - carbono a un tercer anillo aromático (B) (Marquez, 2011).

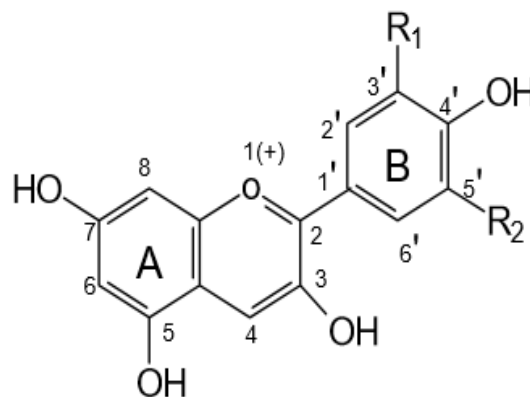
Las antocianinas, también están clasificadas dentro de los compuestos bioactivos, estas corresponden a pigmentos vegetales hidrosolubles, los cuales se encuentran en una gran variedad de frutas y verduras con un amplio esquema de colores que van desde el rojo brillante hasta el púrpura y azul oscuro (Kovarovič, *et al.*, 2017)

Estas ejercen efectos terapéuticos conocidos, los cuales incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios, antidiabéticos, mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo, estos efectos están relacionados con la actividad antioxidante (Ghiselli, N., Baldi, & Scaccini, 1998).

El alto contenido ACY de nativo las papas indican que estos tubérculos de carne roja y morada Los genotipos pueden ser una nueva fuente de colorantes naturales (Campos et al., 2006).

El contenido de antocianinas es de (0.5–2.05 mg de cianidina 3 - glucósido equivalente g^{-1} peso fresco) (Campos *et al.*, 2006).

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas, en la figura 02 se muestra la estructura de la antocianina (Garzon, 2008).



Fuente: Garzon (2008).

Figura 02. Estructura de antocianinas.

c) Antioxidante

Los antioxidantes son sustancias inestables que captan electrones de sustancias estables mediante reacciones químicas de peroxidación, estas reacciones destruyen estructuras biológicas como proteínas, fosfolípidos de la membrana celular, ácidos nucleicos (ADN), lipoproteínas de baja densidad y mitocondrias (Ghiselli *et al.*, 1998)

Los antioxidantes, que pueden neutralizar los radicales libres, pueden ser de importancia central en la prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Ames, *et al.*, 1993; Liu, 2004)

Muchos antioxidantes naturales exhiben una amplia gama de efectos biológicos, incluidos antibacterianos, antivirales, antiinflamatorio, antialérgico, antitrombótico y actividad vasodilatadora (Cook & Samman, 1996).

se sabe que los tubérculos contienen fenólicos solubles en agua; antioxidantes que actúan como carroñeros radicales como quercetina y ácido clorogénico (Al-Saikhan, *et al.*, 1995). El incremento en polifenoles muestra una tendencia en el aumento en la capacidad antioxidante hidrofílica (Campos *et al.*, 2006).

El contenido de capacidad antioxidante hidrofílico en mashua es de (955–9800 μg equivalentes de Trolox g^{-1} peso fresco, ensayo ABTS) (Campos *et al.*, 2006).

Los antioxidantes reducen el riesgo de diversas enfermedades degenerativas (cáncer, enfermedades inflamatorias, enfermedades cardiovasculares, enfermedades del hígado) (Oldham & Bowen, 1998)

La principal función de los polifenoles y antocianinas es su capacidad antioxidante, los antioxidantes cumplen un rol protector frente a los radicales libres (Ghiselli *et al.*, 1998)

2.1.3. Cocción

Es un proceso donde los alimentos se cocinan a través de acción térmica, los alimentos experimentan cambios físicos químicos y biológicos, con la finalidad de ser más asimilables, agradable y nutritivo

El proceso de cocción por inmersión es húmeda, en la cual la temperatura máxima del agua es 100 °C a 1 atmósfera para cocinar (sancochar). En este proceso los alimentos se encuentra

inmerso en agua en el cual se hidrata y gelifica el almidón; algunas vitaminas se desnaturalizan por el tiempo de cocción (Moncada & Gualdrón, 2006).

2.1.4. Digestión de alimentos

Es el proceso mediante el cual los alimentos y bebidas se descomponen en partes más pequeñas para que el cuerpo lo utilice como fuente de energía y para formar y alimentar las células de nuestro organismo. El aparato digestivo está formado por un tracto digestivo, una serie de órganos huecos, que se inicia desde la boca hasta el ano, así mismo otros órganos ayudan que ayudan al cuerpo a transformar y absorber los nutrientes de los alimentos. Los órganos que conforman el tracto digestivo son: la boca, el esófago, el estómago, el intestino delgado, el intestino grueso (también llamado colon), el recto y el ano. El interior de estos órganos está revestida por una membrana llamada "mucosa"; es por ello que la boca, estómago e intestino delgado contienen glándulas diminutivas que producen jugos y estos digieren los alimentos así mismo el tracto digestivo contiene una capa muscular suave que ayuda a transformar y transportar los alimentos. Por otra parte el hígado y el páncreas producen jugos gástricos que llegan al intestino a través de la vesícula biliar para digerir los alimentos (NIDDK, 2008).

a) La producción de los jugos digestivos es decir las glándulas digestivas inician en la boca son glándulas salivares que contienen una enzima que empieza a digerir el almidón del alimento y transforma en moléculas más pequeñas. El siguiente grupo de glándulas digestivas se encuentra en la membrana que tapiza el estómago; estas producen ácidos y una enzima que digiere las proteínas, el estómago contiene una mucosa estomacal que protege de los jugos digestivo disuelva los tejidos del estómago. Luego los alimentos pasan

al intestino delgado, los jugos de otros dos órganos se e mezclan, siendo el páncreas cuyo jugo contiene enzimas que descomponen los carbohidratos, grasas y proteínas; otro órgano es el hígado que produce la bilis (jugo digestivo) es transportado desde la vesícula biliar por las vías biliares al intestino y se mezcla con las grasas del alimento; después que las grasas se disuelven las enzimas del páncreas y de la mucosa intestinal las digieren (NIDDK, 2008)

- b) Absorción y transporte de nutrientes:** los nutrientes son absorbidas en el intestino delgado, existiendo células especializadas que permiten que los nutrientes absorbidos atraviesen la mucosa y pasen a la sangre que lo distribuye a todo el cuerpo, este proceso varía según los diferentes nutrientes.

Los carbohidratos digeribles (fécula y azúcar) estos se descomponen en moléculas más sencillas por la acción de enzima de la saliva, jugo pancreático, mucosa intestinal; la fécula se digiere en dos etapas: primero la enzima de la saliva y jugo pancreático lo descomponen en moléculas de maltosa, luego una enzima de la mucosa del intestino delgado divide la maltosa en moléculas de glucosa que pueden absorberse en la sangre, la glucosa se transporta por el torrente sanguíneo al hígado, donde se almacena y se utiliza como fuente de energía para las funciones del cuerpo. En cambio los azúcares se digieren en un solo paso, una enzima de la mucosa del intestino delgado digiere la sacarosa y la convierte en glucosa y fructuosa y son absorbidas en el intestino y pasar a la sangre (NIDDK, 2008).

La proteína de los alimentos comienza la digestión con una enzima del jugo gástrico y termina en el intestino delgado donde varias enzimas del jugo pancreático y de la mucosa

intestinal descomponen las moléculas grandes de proteína en más pequeñas llamadas aminoácidos, estas se absorbe en el intestino delgado y pasar a la sangre, que son llevados al todo el cuerpo para producir las paredes celulares y otros componentes de la célula (NIDDK, 2008).

Las grasa de los alimentos empieza su digestión en el intestino, ácidos biliares producidos por el hígado disuelven la grasa en gotitas muy pequeñas para luego la enzimas pancreáticas e intestinales descomponga en moléculas más pequeñas como ácidos grasos y colesterol; los ácidos grasos se unen ácidos biliares y al colesterol y los ayuda a pasar al interior de las células de la mucosa intestinal, estas pasan al vaso linfático cerca al intestino y son llevados las grasas modificadas a las venas del tórax y la sangre lo transporta hacia lugares de depósito en distintas partes del cuerpo (NIDDK, 2008).

Las vitaminas se absorben en el intestino delgado, estos se agrupan en dos clases: Vitaminas hidrosolubles (B y C) no se almacén fácilmente y su exceso se elimina en la orina; por otra parte las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) estos se almacenan en el hígado y en el tejido adiposo del cuerpo (NIDDK, 2008).

2.1.5. Producción de mashua

A nivel nacional la producción de mashua es de 42,877 toneladas de una superficie cosechada de 5,750 ha superficie cosechada; siendo los mayores productores las regiones de Cusco con 10,485 toneladas, Ayacucho con 9,946 toneladas, Puno con 7,579 toneladas y Apurímac con 7,433 toneladas (MINAGRI 2018).

En la región Huánuco la Mashua o Izano tiene una producción total de 1,836 toneladas, con una superficie cosechada de 287

hectáreas, rendimiento de 6,397.21 kg/hectárea, precio de venta en chacra de S/ 0.88 por kilogramo. Las zona productores se encuentran en la provincia de Huamalies con una producción de 748 toneladas a partir de 137 hectáreas cosechadas, rendimiento 5,459.85 kg/ha; provincia de Dos de Mayo con una producción de 183.4 toneladas a partir de 29 hectáreas cosechadas, rendimiento de 6,324.14 kg/ha; provincia de Pachitea con una producción de 177 toneladas a partir de 17.50 hectáreas cosechadas, rendimiento de 7,828.57; provincia de Yarowilca con una producción de 71 toneladas a partir de 15 hectáreas cosechadas, rendimiento de 4,733.33 kg/ha, provincia de Marañón con una producción de 66 toneladas a partir de 8 hectáreas, rendimiento de 8,250.00; provincia de Huánuco con 59.60 toneladas a partir de 11.50 hectáreas cosechadas, rendimiento de 5,128.61 kg/ha y la provincia de Huacaybamba con 22 toneladas a partir de 4 hectáreas cosechadas, rendimiento de 5,500 kg/ha (DRA 2018).

2.2. ANTECEDENTES

Campos *et al.*, (2006) en su investigación “*Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (Solanum sp.), mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon), Oca (Oxalis tuberosa Molina) and ulluco (Ullucus tuberosus Caldas)*”; tuvo como objetivo fue proporcionar nuevos datos sobre tubérculos andinos como fuente de compuestos antioxidantes y compararlos con otros cultivos comerciales, la información obtenida debe estimular un aumento en la evaluación y conservación de la diversidad de tubérculos andinos y en la identificación de estos cultivos como nuevos fuentes de alimentos funcionales. Se analizaron quince papas nativas (*Solanum sp.*), 14 genotipos de oca (*Oxalis tuberosa Molina*), 15 ulluco (*Ullucus tuberosus Caldas*) y 11 mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon*) los genotipos fueron suministrados por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (Lima, Perú). Los tubérculos fueron cosechados durante junio de 2002 del experimento del CIP campos en Huancayo (3700–3800 m),

Perú. Se analizaron polifenoles totales (Follin – Ciocalteu citado por (Swain & Hillis, 1959), antocianinas ((Fuleki & Francis, 1968), carotenoides método por (Talcott & Howard, 1999), betacianinas – betalainas método por (Cai & Corke, 2000) y capacidad antioxidante ABTS método adaptado por (Arnao, *et al.*, 2001). Los resultados en el contenido medio general de humedad de los genotipos en estudio como papas nativas, mashua, oca y ulluco los fueron 71.5 ± 3.4 , 89 ± 2.2 , 83 ± 1.9 y $86.7 \pm 1.7\%$, respecto en el contenido de polifenoles los resultados indican que en la papa nativa varió de 0.64 a 2.32 mg g^{-1} ; En la mashua varió de 0,92 a $3,37 \text{ mg g}^{-1}$ los genotipos mashua de color morados presentaron mayor contenido de polifenoles que genotipos mashua color amarillos; en la oca vario de 0.71 a 1.32 mg g^{-1} ; el mayor contenido de polifenoles fue en oca de color morado y el menor en ocas de color amarillo; en ulluco varió de 0.41 a 0.77 mg g^{-1} . En antocianinas, las papa nativos pigmentados varió de 0.08 a 0.8 mg g^{-1} ; en mashua varió de 0,5 a $2,05 \text{ mg g}^{-1}$; en la oca varió de 0,14 a $1,3 \text{ mg g}^{-1}$; respecto al olluco no contienen antocianinas. Respecto a la capacidad antioxidante hidrofílica las papas nativas varió de 860 a $3780 \mu\text{g TE g}^{-1}$; en mashua varió de 955 a $9800 \mu\text{g TE g}^{-1}$, en la oca osciló entre 1637 a $4771 \mu\text{g TE g}^{-1}$; en Ulluco presentaron un rango de 483 a $1524 \mu\text{g TE g}^{-1}$. Respecto a la capacidad antioxidante lipofílica papas nativas, ALC varió de 115 a $361 \mu\text{g TE g}^{-1}$; en mashua, el varió de 93 a $279 \mu\text{g TE g}^{-1}$; en oca varió de 69 a $320 \mu\text{g de TE g}^{-1}$; en el olluco no presentan capacidad antioxidante lipofílica. La capacidad antioxidante de estos cultivos se atribuye principalmente a los compuestos fenólicos, que están presentes en cantidades mayores que los carotenoides.

Chirinos *et al.*, (2007) en su investigación “*Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon)*”, tuvo como objetivo, comparar 10 cultivares de mashua bien identificados morfológicamente en términos de capacidad antioxidante y contenido de tubérculos en compuestos

bioactivos como polifenoles y carotenoides y para determinar los efectos de la cosecha tiempo (edad de la planta) y asoleamiento del almacenamiento postcosecha en estos parámetros. Los tubérculos fueron proporcionados por el CIP, estos fueron cultivados en la comunidad rural de La Libertad, Huancayo (Junín, Perú) aproximadamente 3700 m sobre el nivel del mar, a aprox. 70% relativo humedad y 10 ° C (temperatura media). Se determinó la capacidad antioxidante por el ensayo ABTS, método adaptado de (Arnao et al., 2001); polifenoles totales se determinó utilizando el reactivo Folin – Ciocalteu, adaptado por (Swain & Hillis, 1959); las antocianinas se determinó por método de pH diferencial citado por (Giusti & Wrolstad, 2001a); El método para la determinación de flavan 3-ols fue adaptado por (Delcour & Varebeke, 1985; McMurrough & McDowell, 1978); los carotenoides totales se estimaron por el método reportado por (Talcott & Howard, 1999). Los resultados en cuanto al genotipo presento una capacidad antioxidante que oscilo entre 80 y 378 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ DM (muestra seca), y de 59 a 389 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ DM para las pruebas ABTS y ORAC (capacidad de absorbanza de radiales de oxígeno), respectivamente. Los valores de fenoles totales, flavan 3-ols, antocianinas y carotenoides (valores medios para toda la madurez) para los 10 cultivares estudiados a distancia de 9 a 21 mg equivalentes de ácido clorogénico g^{-1} DM; 0.2 a 5.3 mg equivalentes de catequina g^{-1} DM; 2.4 a 5,7 mg de cianidina 3-glucósidos equivalentes g^{-1} DM, y 70 a 132 μg de β -caroteno equivalentes g^{-1} DM, respectivamente. En tres cultivares púrpuras investigados (ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109) presentaron las clasificaciones más altas de capacidad antioxidante y flavan 3-ols, pero los más bajos en carotenoides. En la última etapa de madurez evaluada (7,5 meses), los valores de ORAC para ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109 (446, 259 y 271 $\mu\text{mol de TE g}^{-1}$ DM, respectivamente), en consecuencia, los tres cultivares de mashua púrpura oscuro tenían altos contenidos de fenoles (14–24 mg g^{-1} MS, a los 7,5 meses); en antocianinas solo estuvieron presentes en los cultivares mashua morados DP 0224, ARB 5241 y AGM 5109 y, a los 7,5

meses, valores alcanzados de 8.7, 4.7 y 3.7 mg g⁻¹ DM, respectivamente; el valores de carotenoides obtenidos para estos tres cultivares a los 7.5 meses después de la siembra (8.9–14.4 μg de β-caroteno g⁻¹ peso fresco).

Taipe (2017) en su investigación “Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra”, tuvo como objetivo determinar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes hidrofílica de dos variedades de mashua: Amarilla Zapallo y Negra, provenientes del distrito de Cullhuas (3732 msnm), en tres estados: fresco, soleado (exposición al sol por 7 días) y cocido (mashuas Soleados y cocidas por 15 minutos). El análisis fisicoquímico realizado, varió notablemente entre el estado fresco, soleado y cocido, encontrando un aumento de los componentes en el estado soleado en las dos variedades. En cuanto al pH de las dos variedades aumentaron luego del soleado y la cocción, a diferencia de la acidez titulable que disminuyó. El contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante variaron notablemente entre las dos variedades, encontrándose valores altos en la mashua negra, pero presentó diferencias significativas entre los diferentes estados, en el contenido de fenoles totales se encontró valores de 17,43; 18,60 y 16,65 mg de ácido gálico/g en el estado fresco, soleado y fresco respectivamente y en la capacidad antioxidante fue 109,24; 114,50 y 111,20 μmol TE/g (b.s.) en el estado fresco, soleado y fresco respectivamente. De acuerdo análisis estadístico realizado mostro que la mashua soleado presentó valores altos de los componentes anteriormente mencionados, en ambas variedades; presentando un incremento el en contenido de fenoles totales en 20,83 % para la variedad amarillo zapallo y 9,37 % para la variedad negra después del soleado, pero posteriormente al tratamiento térmico, se apreció una disminución del 16,77% para la variedad amarillo zapallo y 10,48%, para la negra. En cuanto a este compuesto bioactivo, se aprecia que después de haber recibido los dos tratamientos, la mashua cocida y fresca no

presenta diferencias significativas (los contenidos son iguales desde el punto de vista estadístico). En cuanto al valor de la capacidad antioxidante, éste fue afectado por el soleado y la cocción en ambas variedades, en la variedad amarillo zapallo se evidenció un aumento durante el soleado de 5,45 $\mu\text{mol TE/g}$ (b.s.) y una ligera disminución de 1,37 $\mu\text{mol TE/g}$ (b.s.) después de someterlo a cocción, en la variedad negra hubo un incremento de 5,26 $\mu\text{mol TE/g}$ (b.s.) durante el soleado y una disminución de 3,67 $\mu\text{mol TE/g}$ (b.s.) después de la cocción.

Soriano *et al.*, (2015) en su investigación "*Effect of in vitro digestion on bioactive compounds and antioxidant activity of common bean seed coats*" tuvo como objetivo cuantificar el contenido de fenoles totales (TP), flavonoides totales (TF), taninos condensados (CT), antocianinas (ANT), monómeros de antocianinas (MA) e investigar la actividad antioxidante (AA) *in vitro*. Las muestras fueron Frijoles rojos pequeños (SRB) y frijoles negros (BB), cultivados en el estado de Minas Gerais, Brasil. El método de extracción que se realizó según lo descrito por (Jordheim, *et al.*, 2006). Después de la extracción se obtuvieron extractos fueron designados extractos crudos de negro (CEB) y frijoles rojos pequeños (CESR). Los TP fueron determinados por la reacción con el reactivo Folin-Ciocalteu según lo descrito por Roesler, *et al.*, (2007), los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente (GAE) / g de frijol. La determinación de TF se realizó de acuerdo con Faller, *et al.*, (2012), los resultados se expresaron en miligramos de catequina equivalente (CE) / g de frijol. Los CT, fueron analizados según el método de Price, *et al.*, (1978), se expresaron en mg catequina / g de frijol. La cuantificación de MA se determinó por el método del pH diferencial según lo descrito por Giusti & Wrolstad, (2001), se expresaron en miligramos de cianidina 3-glucósido equivalentes (CGE) / g de frijol. La actividad antioxidante se determinó según lo descrito por Leite *et al.*, (2011), se expresaron en μM Trolox equivalente (TE) / g de frijol. Los resultados de la evaluación en la digestión *in vitro* en el contenido de fenoles totales en CESR mostró 1.23 ± 0.04 mg GAE / g de frijoles y

0.85 ± 0.06 mg GAE / g encontrado en CEB; BB fue más afectado por la digestión *invitro*, con una reducción del 75% en comparación con el 52% en SRB respecto a la muestra en crudo. En flavonoides TF de 1.59 ± 0.6 y 2.05 ± 0.01 mg CE / g en extractos crudos y 1.25 ± 0.07 y 1.96 ± 0.1 mg CE / g en extractos digeridos de BB y SRB. En taninos condensados CT reveló que CEB tenía concentraciones significativamente mayor que CESR con 76,3 ± 6,9 y 54,4 ± 4,1 mg CE / g. Los niveles de MA fueron 0.83 ± 0.04 en CEB y 0.08 ± 0.01 en CESR. Las ANT no se pudieron detectar en extractos digeridos. BB mostró niveles de ANT 10 veces mayor que SRB. La actividad antioxidante en CEB - extracto crudo de frijoles negros 17,4 ± 0,1; DEB - extracto digerido de frijoles negros 14,2 ± 1,4; CER – extracto crudo de frijoles rojos pequeños 21,9 ± 0,5; DER - extracto digerido de frijoles rojos pequeños 23,5 ± 1,1. El proceso de digestión *invitro* fue responsable de una reducción de los TP y ANT en las capas de semillas BB y SRB, y de TF en las capas de semillas BB. Sin embargo, el AA se mantuvo para ambos grupos e incluso aumentó significativamente en el grupo BB cuando se midió con un ORAC (*Oxygen capacidad de absorción de radicales*).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

La cocción (hervido) y digestión *invitro* influye en el contenido de las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

2.3.2. Hipótesis específicos

- La cocción (hervido) influye en el contenido de las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).
- El proceso de digestión *invitro* influye en la degradación de las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

2.4.1. Variable independiente

X₁= Tiempos de cocción

2.4.2. Variable dependiente

Propiedades antioxidantes:

Y₁= Contenidos de antocianina

Y₂= Contenido de polifenoles totales

Y₃= Capacidad antioxidante

2.4.3. Operacionalización de variables.

En la Tabla 01, se aprecia la Operacionalización de variables de la presente investigación.

Tabla 1. Operacionalización de variables

DEFINICION DE VARIABLES	INDICADORES
Variable Independiente	A₀ = Crudo B₁ = Hervido
Variable Dependiente	Z₁ = Contenido de antocianinas
Contenido de propiedades antioxidantes (antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante) en cáscara y pulpa de mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) crudas, cocidas (hervido) y digeridas	- Y _{1.1} = mg de cianidina 3 glucosido/100g Z₂ = Contenido de polifenoles Y _{2.1} = mg ácido gálico/g Y₃ = Capacidad antioxidante Y _{3.1} = ug TE / g de muestra (Método DPPH) Y _{3.2} = ug TE / g de muestra (Método ABTS)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación experimental y nivel aplicado.

3.2. LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN

Se realizó en el laboratorio de Análisis por Instrumentación, Físico químico de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, ubicada en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población

Estuvo conformada por tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*); siendo M₁ del distrito de Puños (3739,00msnm), provincia de Huamalíes; M₂ del centro poblado de Gollumbia (3935,00msnm) distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ del centro poblado de Cochabamba (3809,00msnm), distrito de Ripán, provincia de Dos de Mayo de la región Huánuco.

3.3.2. Muestra

Se trabajó con 10 kg de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) por cada muestra.

3.3.3. Unidad de análisis

Las unidades de análisis fueron el contenido de antocianinas, poli fenoles totales, capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Se evaluó el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, cocidas (hervido), con tres repeticiones para cada una, como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos de investigación.

Tratamientos	Estado de las muestras	
	Crudo	Cocido
M₁	Mashua de Puños crudo	Mashua de Puños cocido
M₂	Mashua Gollumbia crudo	Mashua Gollumbia cocido
M₃	Mashua Cochabamba crudo	Mashua Cochabamba cocido

El análisis de digestión *invitro* se realizó en cáscara y pulpa de tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) con tratamiento de cocción a 95 °C por 29 minutos.

La preparación de la muestra consistió en adicionar 1g de cáscara o pulpa de las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) en su estado crudo y cocido en tubos falcón, luego se adicionó metanol grado analítico hasta enrazar a 10 mL, se maceró a 4°C durante 16 horas. Posterior de determinaron el contenido de antocianinas en cáscara y pulpa según la metodología de (Rapisarda, *et al.*, 2000). Capacidad antioxidante a través de dos técnicas, siendo la primera el método del radical libre DPPH adaptado por (Brand-Williams, *et al.* 1995; Kim, *et al.*, 2002) y el método del catión libre ABTS⁺ metodología por (Fellegrini, *et al.*, 1999); por otra parte el contenido de polifenoles totales se determinó según la metodología de (Margraf *et al.*, 2015) y por ultimo las digestión *invitro* se determinó según la metodología de Faller, *et al.*, (2012).

Para determinar los compuestos bioactivos antes mencionado se trabajó con los siguientes factores de dilución como se muestra en la Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Factor de dilución para determinar el contenido de antocianinas, capacidad antioxidante y polifenoles totales en mashua negra crudo.

Variedad		Antocianinas	Polifenoles	Capacidad antioxidante DPPH	Capacidad antioxidante ABTS
M ₁	Cáscara	10	20	20	20
	Pulpa	2	10	10	10
M ₂	Cáscara	10	20	20	20
	Pulpa	2	10	10	10
M ₃	Cáscara	10	20	20	20
	Pulpa	2	10	10	10

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamalies; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo.

Tabla 4. Factor de dilución para determinar el contenido de antocianinas capacidad antioxidante y polifenoles totales en la digestión *invitro* mashua negra crudos.

Variedad		Antocianinas	Polifenoles	Capacidad antioxidante DPPH	Capacidad antioxidante ABTS
M ₁	Cáscara	5	80	80	80
	Pulpa	1	40	40	40
M ₂	Cáscara	5	80	80	80
	Pulpa	1	40	40	40
M ₃	Cáscara	5	80	80	80
	Pulpa	1	40	40	40

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamalies; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo.

Tabla 5. Factor de dilución para determinar el contenido de antocianinas capacidad antioxidante y polifenoles totales en la digestión *invitro* mashua negra cocido.

Variedad		Antocianinas	Polifenoles	Capacidad antioxidante DPPH	Capacidad antioxidante ABTS
M ₁	Cáscara	2	20	20	20
	Pulpa	1	5	5	5
M ₂	Cáscara	2	20	20	20
	Pulpa	1	5	5	5
M ₃	Cáscara	2	20	20	20
	Pulpa	1	5	5	5

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamalies; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis nula

H₀: No existen diferencias entre los tratamientos en estudio relacionados al contenido de las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de variedades de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, cocidas (hervido) y con digestión *invitro*.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = 0$$

Hipótesis alternativa

H₁: Al menos uno de los tratamientos en estudio relacionados al contenido de las propiedades antioxidantes en cascara y pulpa de variedades de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, cocidas y con digestión *invitro* es diferente.

$$H_1: \text{ Al menos } T_n \neq 0$$

3.5.1. Diseño de la investigación

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar DCA para lo siguiente:

- Evaluar el efecto de cocción (hervido) en la degradación de las propiedades antioxidante en cáscara y pulpa de variedades de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Contenido de antocianina, polifenoles totales y capacidad antioxidante en la j-ésima muestra en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) sometido al afecto del i-ésimo tiempo de cocción.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tiempo de cocción

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

3.5.2. Datos a registrar

Se registró el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, cocida (hervido) y digestión *invitro*; así mismo se realizó los análisis de humedad, muestra seca, ceniza, pH, acidez titulable, sólidos solubles y color.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

La información se obtuvo mediante datos de fuentes secundarias y datos de fuentes primarias.

Para la obtención de datos de las fuentes secundarias, se utilizó la técnica de investigación documental o bibliográfica que comprendió:

- **Análisis documental:** Permitió el análisis del material a estudiar y precisarlo desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.
- **Análisis de contenido:** Permitió estudiar y analizar de una manera objetiva.
- **Fichaje:** Se utilizó para registrar aspectos esenciales de los materiales leídos que nos servirá para elaborar el marco teórico, donde los instrumentos de investigación fueron las fichas de investigación (comentario y resumen), fichas de registro (Bibliográficas, hemerográficas e internet).

Se obtuvo datos de las fuentes primarias, utilizando la técnica de la observación e investigación, el cual nos permitió obtener información sobre los indicadores de las variables dependientes.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Equipos

- Mufla, marca labor 0-600 °C.
- Estufa con bomba al vacío, marca Vacuubrand.
- Colorímetro análisis digital modelo CR 400 marca KONICA MINOLTA, serie B8209050
- Balanza analítica color blanco, marca SURTORIUS, mod. AZ214. Serie 29509965
- Balanza analítica color blanco, marca AND, mod. HR-250A2.
- Espectrofotómetro c/marfil, marca UNICO, serie N° KP1Z12012.
- Centrifuga refrigerada color blanco humo, serie 5404ER928861.
- Agitador magnético calefacción c/blanco humo y celeste. Marca UNICO, mod. L-VM100E.
- Estufa eléctrica color blanco humo marca MM, serie D172649.
- Equipo de baño maría color cromado, marca MEMET, Mod. WB14.
- Licuadora eléctrica color cromado, marca OSTER.
- PH metro
- Brixómetro
- Micro pipetas de 200 ul y 1000 ul
- Termómetro

3.6.2. Materiales

- Placas Petri.
- Matraz 100 ml marca Wertern.
- Vaso de precipitación 50, 100ml marca Kyntel.
- Fiola de 100 ml
- Tubos de ensayo
- Varillas, marca Pirex.
- Probeta 50, 100, 500 marca fortuna.

- Bureta 50 ml, marca Fortuna.
- Pipeta 1 ml, 5 ml marca Pirex.
- Pizeta.
- Papel filtro rápido
- Tips de 200 ul y 1000 ul marca isolap
- Micro cubetas de espectrofotómetro 1.0 ml marca isolap
- Tubos de micro centrifuga de 2 ml mara isolap
- Tubos falcón con base de 50 ml
- Rack para tips de 1000 ul y 200 ul
- Rack para tubos de micro centrifuga de 2 ml
- Gradilla
- Algodón
- Papel filtro
- Embudo

3.6.3. Reactivos

- Cloruro de potasio KCl
- Ácido clorhídrico HCl
- Acetato de sodio tetrahidratado $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- Ferrocianuro de potasio $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- Cloruro de hierro hexahidratado $\text{FeCl}_3\cdot \text{H}_2\text{O}$
- Ácido gálico $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$
- 2,2-diphenyl-1-picrilhydrazyl (DPPH)
- 2,2,-azinobis-3- etilenbenzotiazolino-6 ácido sulfónico) (ABTS+)
- (\pm)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox)
- Persulfato de potasio
- Hidróxido de sodio 0,1N, marca Carlo Erba.
- Etanol grado analítico
- Metano grado analítico
- Fenolftaleína

- Hidroxitolueno butilado (BHT)
- Cloruro de sodio NaCl
- Enzima pepsina
- Bicarbonato de sodio NaHCO₃
- Extracto de bilis
- Enzima pancreatina

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se determinó el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, cocidas y con digestión *invitro* (ver la Figura 3).

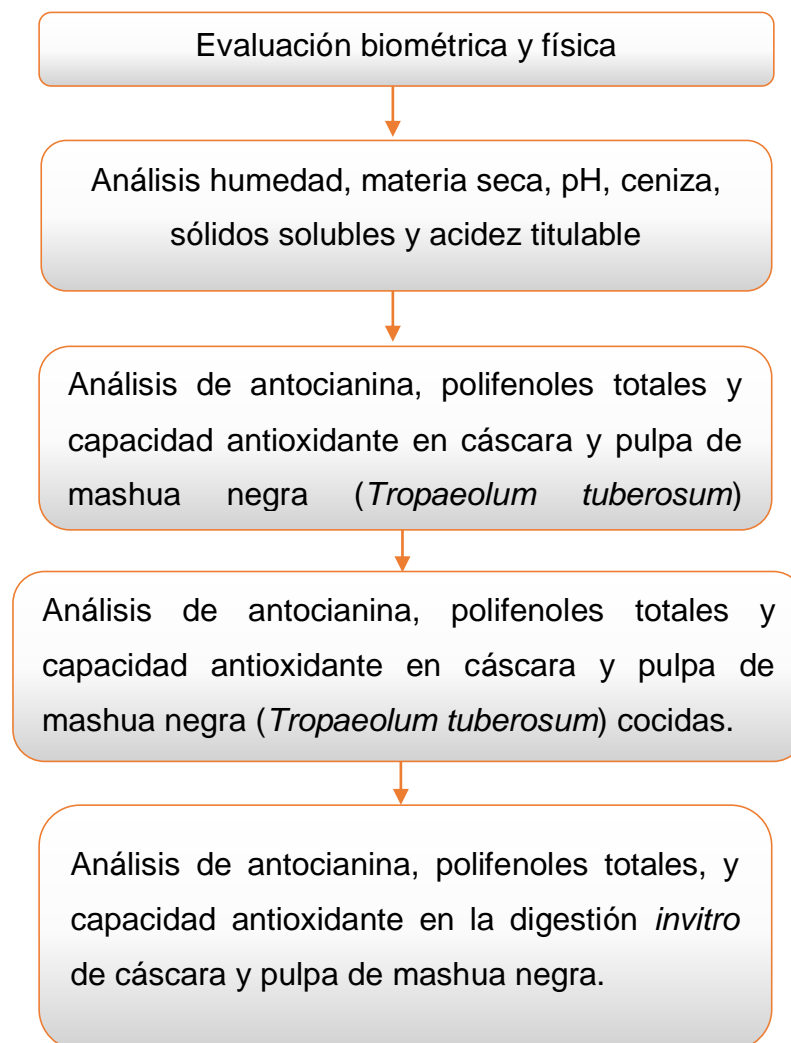


Figura 3. Conducción de la investigación

3.7.1. Métodos y análisis

a. Evaluación biométrica y física.

- ✓ Altura y diámetro: Utilizando el vernier.
- ✓ Peso: Se utilizó una balanza digital.
- ✓ Color: Se utilizó el método de CIELAB.

b. Análisis humedad, muestra seca, pH, ceniza, sólidos solubles y acidez titulable.

- ✓ Humedad y muestra seca: Se utilizó el método recomendado por la (AOAC, 1994).
- ✓ Ceniza: Se utilizó el método recomendado por la (AOAC, 1994).
- ✓ pH: Se utilizó el método potenciométrico recomendado por la (AOAC, 1997).
- ✓ Sólidos solubles: Se utilizó el método de la refractometría recomendado por la (AOAC, 1988).
- ✓ Acidez: Se utilizó el método recomendado por la (AOAC, 1997).

c. Análisis de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudos

Preparación de muestra para antocianinas, polifenoles y capacidad antioxidante: Se desarrolló a modo de (Hirose, *et al.*, 2010). Una vez pesada 1 g de la muestra se adiciono a un tubo fálcon, posterior se enrazo hasta 10 mL con metanol grado analítico (1:10) y se maceró a (4 °C) durante 16 horas. Luego se centrifugo a 10,000 rpm durante 5 minutos.

Cuantificación de antocianinas

Método pH diferencial: Se determinó por el método de pH diferencial de la siguiente manera, se pesó 5 g de muestra y se realizó la extracción con 100 mL de alcohol por 15 minutos y agitación constante. Se tomó 400 µL del extracto de la muestra

y se hizo reaccionar con 4600 μL de buffer a pH 1 (125 mL de 0,2 M KCl y 375 mL de 0,2 M HCl) y buffer a pH 2 (400 mL de 1 M CH_3COONa , 240 mL de 1 M HCl y 360 mL H_2O). Luego de la reacción se procedió a determinar las absorbancias a 510 nm en un espectrofotómetro UV-vis. La concentración de antocianinas se expresó en mg de cianidina-3-glucósido / 100 g) (Rapisarda, Fanella, & Maccarone, 2000).

Cuantificación de polifenoles

Método azul de prussian: Consistió en adicionar 400 μL de sol. A (0.5 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ en 0.01 N HCl) en 400 μL de solución estándar (ácido gálico en metanol, 1 – 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$) o muestra, se dejó reaccionar por 2 minutos, luego se adiciono 400 μL de sol B (0.5 mM $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ en H_2O destilada). Se agito y se mantuvo en oscuridad. Transcurrido 15 minutos se determinó la absorbancia a 725 nm. Se usó metanol como blanco; la concentración se expresó en (μg de AGE / g) (Margraf, Karnopp, Rosso, & Granato, 2015).

Cuantificación de capacidad antioxidante

✓ **Método del DPPH, 2,2-diphenil-1-picrilhidrazil:**

Brand-Williams, *et al.*, (1995); Kim, *et al.*, (2002), mencionan lo siguiente para determinar la capacidad antioxidante:

Se preparó soluciones de trabajo:

- 100 mL de 2,2-diphenyl-1-picrilhydrazyl (100 μM) en metanol.
- Soluciones de trabajo de ácido ascórbico a concentraciones de 2.5 - 20.0 mg / 100 mL.
- Soluciones de trabajo de Trolox 0 – 20 μM
- La solución de trabajo de DPPH, se disolvió el stock en metanol (ajustar Abs= 0.9-1.2 a 517 nm)

La curva estándar. Se hizo reaccionar 100 μ L de solución de trabajo o muestra con 900 μ L de DPPH (100 μ M) por 30 minutos en oscuridad, la absorbancia registrada a 517 nm. Mediante ARLn de las Abs Vs Concentración de ácido ascórbico, se obtuvo la ecuación de la curva de calibración. Se determinó la actividad antioxidante de la muestra, obteniendo una solución de 400 uL (muestra centrifugada diluida y metanol), posterior se tomó 50uL de esta solución y se mezcló con 950 uL de solución DPPH, se dejó reaccionar en oscuridad por 30 minutos; luego se determinó su absorbancia a 517 nm. Para el blanco, se determinó la absorbancia de la solución DPPH diluida, que se encuentra en un rango de 0,900 a 1,100 nm; la concentración se expresó en (μ g de TE / g).

✓ **Método ABTS**

Stock de ABTS⁺; (Se mezcló 5 ml de agua con ABTS 7 mM más 88 uL de persulfato de potasio 140 mM en agua; se dejó a temperatura ambiente por 12 – 16 horas antes de usar (protegiendo de la luz). La solución de trabajo de ABTS⁺, se disolvió en stock en etanol 95°~1:40 (ajustar Abs= 0.9-1.2 a 734 nm). Así mismo se preparó las soluciones de trabajo de ácido gálico a concentraciones de 0 - 20.0 mg / 100 mL. Las soluciones de trabajo de Trolox 0 – 20 μ M. Para la curva estándar, se hizo reaccionar 100 μ L de solución de trabajo o muestra con 900 μ L de ABTS⁺ (diluido) por 10 minutos en oscuridad, la absorbancia fue registrada a 734 nm. Se determinó la actividad antioxidante de la muestra, obteniendo una solución de 400 uL (muestra centrifugada diluida y etanol), posterior se tomó 50 uL de esta solución y se mezcló con 950uL de solución ABTS (diluido), se dejó reaccionar en oscuridad por 10 minutos; luego se determinó su absorbancia a 734 nm. Para el

blanco, se determinó la absorbancia de la solución ABTS diluida, que se encuentra en un rango de 0,900 a 1,100 nm; la concentración se expresó en (μg de TE / g) (Fellegrini, *et al.*, 1999).

d. Análisis de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cocidos.

Las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) fueron sometidas a cocción (hervido) con la finalidad de determinar el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante según la metodología mencionada líneas arriba, a continuación se detalla los parámetros de procesos de cocción:

- Hervido: las muestras fueron sumergidas en agua y se cocinarán a 95 °C por cinco tiempos diferentes: 21, 25, 29, 33 y 37 minutos.

e. Análisis de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en la digestión *invitro* de cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudo y cocido.

La digestión *invitro* se realizó según lo descrito por Faller, *et al.*, (2012), se mezcló 1 g de muestra con solución salina (140 mM de NaCl, 5 mM de KCl y 150 μM de BHT) para crear un volumen final de 4,5 mL. La mezcla se agitó en vórtex y se acidificó con HCl 0,1 M / 1 M hasta que alcanzó un pH 2. Luego, se realizó la digestión gástrica con la adición de 125 μL de solución de pepsina (200 mg de pepsina en 5 ml de HCl 0,1 M), la mezcla fue colocado en un agitador a 37 ° C durante 1 hora. Posterior el pH de la solución se ajustó a 6,9 con la adición de NaHCO₃ 0,1 M / 1 M. Luego se realizó la digestión intestinal con la adición de 625 μL de solución biliar de pancreatina (225 mg de extracto biliar y 37 mg de pancreatina

en 18.7 mL de NaHCO₃ 0.1 M) e incubación en un agitador a 37 ° C durante 2 horas. Posterior se midió 2 mL de la mezcla y centrifugó a 10000 rpm por 10 min y se determinó el contenido de antocianinas, polifenoles y capacidad antioxidante según la metodología mencionada líneas arriba.

3.7.2. Metodología experimental

1. Descripción del flujo de procedimiento

En la Figura 4, se presenta el flujograma para la investigación.

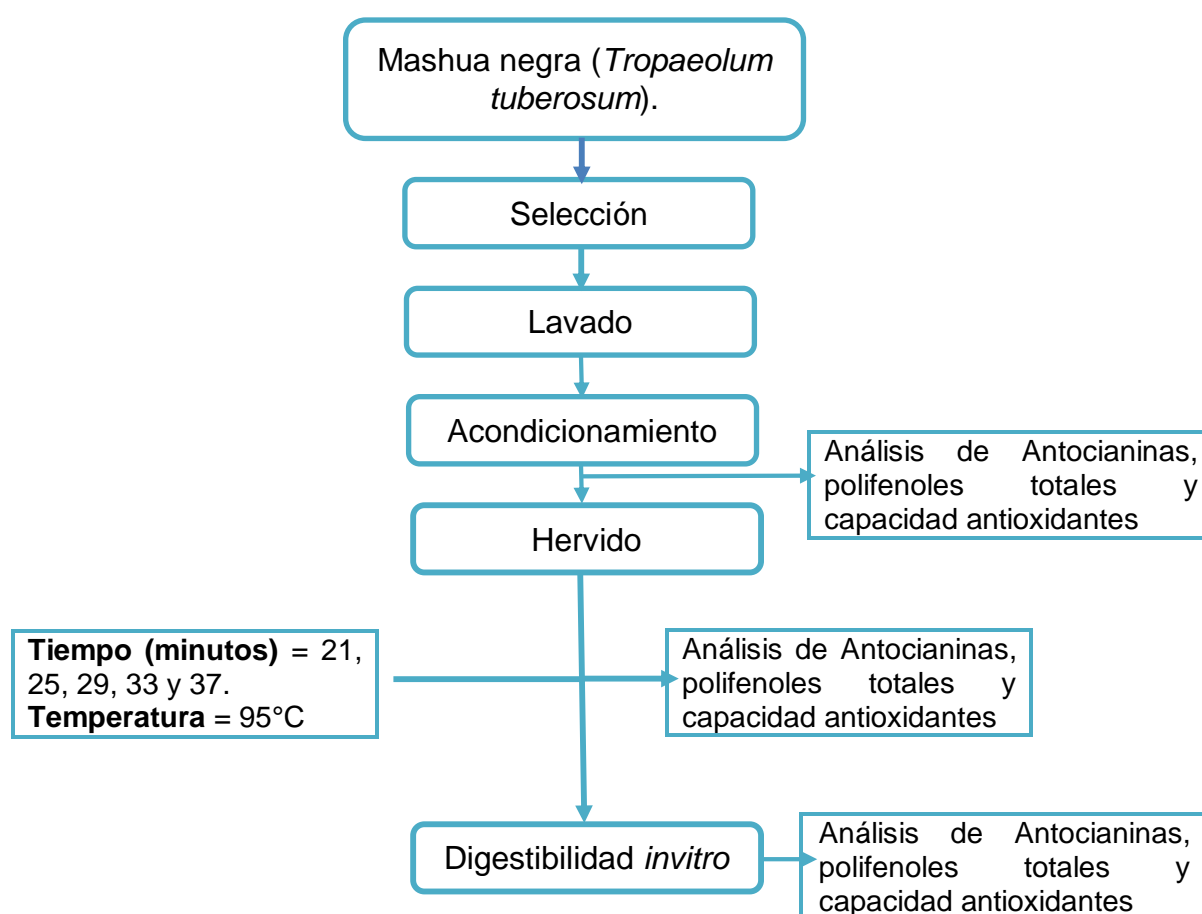


Figura 4. Flujo grama de la investigación

Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*): La materia prima estuvo conformada por tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*); siendo M₁ del distrito de Puños (3739,00msnm), provincia de Huamalies; M₂ del centro poblado de Gollumbia (3935,00msnm) distrito de Pachas,

provincia de Dos de Mayo y M₃ del centro poblado de Cochabamba (3809,00msnm), distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo de la región Huánuco.

Selección: Se seleccionaron muestras sanas.

Lavado: Se realizó el lavado de las muestra con agua potable.

Análisis: se determinó el contenido de antocianina, polifenoles totales y capacidad antioxidante en las tres muestras de mashuas negras (*Tropaeolum tuberosum*) (crudas).

Acondicionamiento: Para realizar la cocción se trabajó con mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) uniformes, enteras sin ningún daño físico.

Cocción: La cocción de las muestras fue sumergiendo en agua a una temperatura de 95°C por un tiempo 29 minutos. Se determinó el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cada tiempo de cocción con tres repeticiones en las muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Digestibilidad *invitro*: Se realizó según la metodología de Faller, *et al.*, (2012); luego se determinó el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en las muestras crudas y en mejor tratamiento de cocción.

IV. RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN FÍSICA Y BIOMÉTRICA DE LA MASHUA NEGRA

Los resultados de la evaluación física y biométrica se detallan en el anexo 1; mientras que el resumen de los promedios se muestra en las Tablas 6 y 7. Para el caso de la evaluación biométrica en las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudas, se encontró diferencias estadísticas en el peso y altura de las muestras, siendo los más grandes las muestras M₁ del distrito de Puños (3739,00 msnm), seguido de M₂ del centro poblado de Gollumbia (3935,00 msnm) y M₃ del centro poblado de Cochabamba (3809,00 msnm), distrito de Ripan.

Tabla 6. Evaluación biométrica (peso, altura y diámetro)

Muestra	Peso (g)	Altura (mm)	Diámetro (mm)
M ₁	58,01 ± 5,10 ^a	80,17 ± 0,47 ^a	40,33 ± 2,30 ^a
M ₂	40,72 ± 3,76 ^b	54,90 ± 7,83 ^b	39,23 ± 3,17 ^a
M ₃	26,91 ± 2,95 ^c	40,93 ± 2,76 ^c	37,80 ± 1,38 ^a

*Medias con diferente letra son significativamente diferentes (p<0.05) prueba de tukey.

Tabla 7. Color en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Cáscara	L*	a*	b*	ΔE*
M ₁	26,73 ± 3,13 ^a	2,23 ± 0,91 ^a	3,23 ± 1,50 ^a	5,27 ± 0,90 ^a
M ₂	30,87 ± 1,33 ^a	0,90 ± 0,27 ^a	1,20 ± 0,36 ^a	3,83 ± 1,02 ^a
M ₃	26,70 ± 1,39 ^a	4,30 ± 2,61 ^a	2,27 ± 1,56 ^a	3,87 ± 1,36 ^a
Pulpa	L*	a*	b*	ΔE*
M ₁	23,53 ± 2,12 ^a	6,83 ± 2,35 ^a	-0,83 ± 1,01 ^a	7,37 ± 2,70 ^a
M ₂	26,40 ± 5,54 ^a	7,07 ± 2,57 ^a	2,63 ± 6,47 ^a	6,00 ± 6,77 ^a
M ₃	26,77 ± 4,46 ^a	7,00 ± 0,85 ^a	0,93 ± 2,36 ^a	4,83 ± 1,56 ^a

* L= luminosidad (negro a blanco), a = coordenadas rojo a verde, b = coordenadas amarillo a azul y ΔE = diferencial del color de la muestra con el estándar.

Los resultados promedio de dimensión fueron mayores en la M₁, en peso 58,01 ± 5,10 g; altura 80,17 ± 0,47 mm y diámetro 40,33 ± 2,30; mientras que, los menores promedio se registraron en la M₃, con un peso de 26,91 ± 2,95 g; altura 40,93 ± 2,76 y diámetro 37,80 ± 1,38 mm. Por otro lado, no se encontró que existen diferencias significativas en las expresiones numéricas del color (Tabla 7).

Según la Tabla 8, se muestra el color simulado, la evaluación de color en cáscara presenta un color más intenso que la pulpa.

Tabla 8. Color simulado en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*).

Variable	Muestra		
	M ₁	M ₂	M ₃
Cáscara			
Pulpa			

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamalies; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo.

4.2. ANÁLISIS DE HUMEDAD, MUESTRA SECA, CENIZA, pH, SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ TITULABLE DE LA MASHUA NEGRA.

En la Tabla 9 (Anexo 2), se presenta los resultados del análisis de humedad, muestra seca, ceniza, acidez titulable y pH con su correspondiente desviación estándar, donde se observa que la probabilidad con un valor de P<0,05; por lo tanto, existe diferencias significativas en las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudos. Los resultados de humedad en promedio estuvieron en el rango de 85 a 87 %; ceniza 0,65 a 0,97; pH 5,9 a 6,07; sólidos solubles 8,30 a 9,57; acidez titulable 0,06 ± 0,004; por otra parte, en M₂ presentó en humedad 85,52 ± 1,58 %, muestra seca 14,48 ± 1,58 %; ceniza 0,85 ± 0,06 %; pH 6,07 ± 0,06; sólidos solubles 9,67 ± 1,55; acidez titulable 0,06 a 0,07.

Tabla 9. Análisis de humedad, materia seca, ceniza, acidez titulable y pH de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cruda.

Muestra	Humedad (%)	Muestra seca (%)	Ceniza (%)	pH	Sólidos solubles	Acidez titulable (g de ácido ascórbico/g de muestra)
M ₁	85,81 ± 0,15 ^a	14,19 ± 0,15 ^a	0,65 ± 0,13 ^b	5,90 ± 0,00 ^b	8,30 ± 0,52 ^a	0,06 ± 0,004 ^a
M ₂	85,52 ± 1,58 ^a	14,48 ± 1,58 ^a	0,85 ± 0,06 ^{ab}	6,07 ± 0,06 ^a	9,67 ± 1,55 ^a	0,06 ± 0,007 ^a
M ₃	86,75 ± 0,98 ^a	13,25 ± 0,98 ^a	0,97 ± 0,08 ^a	5,90 ± 0,00 ^b	8,53 ± 0,40 ^a	0,07 ± 0,004 ^a

*Medias con diferente letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0.05)

Tabla 10. Contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cruda.

Muestra	Polifenoles totales (mg AGE/g)		Antocianinas (mg de cianidina-3-glucósido/100g)		Capacidad antioxidante DPPH (ug TE/g)		Capacidad antioxidante ABTS (ug TE/g)	
	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa
	M ₁	4,10 ± 0,12 ^a	1,63 ± 0,01 ^a	260,08 ± 18,62 ^a	51,92 ± 3,88 ^a	3750,56 ± 251,13 ^a	2437,86 ± 81,31 ^a	5228,43 ± 143,74 ^a
M ₂	3,56 ± 0,03 ^b	1,11 ± 0,02 ^c	146,34 ± 14,53 ^b	37,03 ± 2,49 ^b	2749,52 ± 180,10 ^b	1856,21 ± 31,61 ^b	2990,84 ± 458,28 ^c	937,78 ± 83,66 ^b
M ₃	4,13 ± 0,08 ^a	1,44 ± 0,04 ^b	219,78 ± 14,86 ^a	43,40 ± 5,01 ^{ab}	3509,71 ± 37,99 ^a	2323,59 ± 321,33 ^{ab}	4417,89 ± 93,39 ^b	1334,15 ± 107,17 ^a

*Medias con diferente letra son significativamente diferente acorde a la prueba de Tukey (p<0.05)

4.3. ANÁLISIS DE ANTOCIANINA, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA CRUDOS.

En la Tabla 10, se muestra el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en base seca con su respectiva desviación estándar en cáscara y pulpa de tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*). Para el caso de polifenoles, (Anexo 3), se observa diferencias significativas en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra. En la Figura 5, se observa en las cáscaras de las tres muestras de mashua una variación del contenido de polifenoles de 3,56 a 4,13mg AGE / g, siendo mucho mayor que en la pulpa (de 1,11 a 1,63).

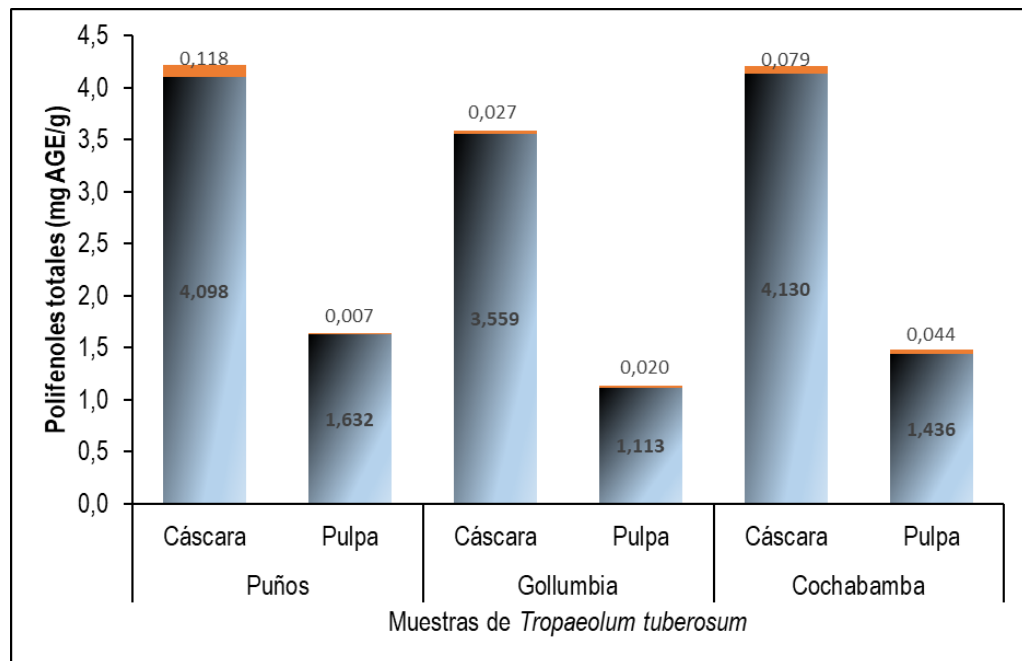


Figura 5. Contenido de polifenoles totales en muestras de mashua crudos.

Con respecto al contenido de antocianinas, (Anexo 4), en la Tabla 10, según la clasificación Tukey HSD se observa también diferencias significativas en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra. En la Figura 6, se representa gráficamente la diferencia entre cáscara y pulpa en relación al contenido de antocianinas expresados en mg de

cianidina-3-glucósido/100g, evidenciándose mayores contenidos en cáscara (de 146,34 a 260,08) que en las pulpa que variaron entre 37,03 a 51,92, siendo el que tiene mayor contenido de antocianinas en cáscara en las muestras provenientes de Puños (M₁).

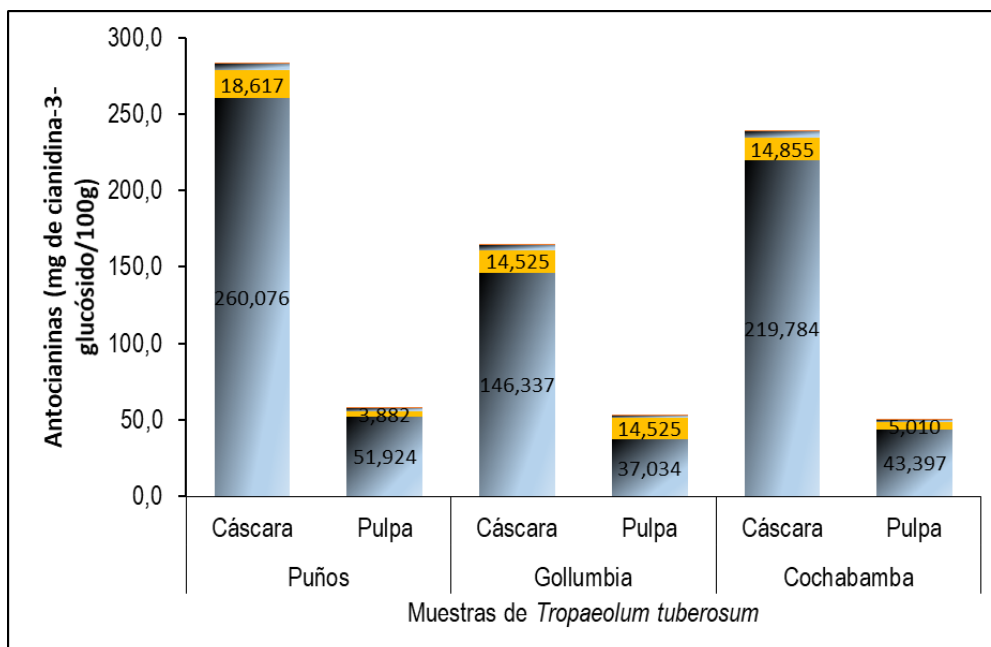


Figura 6. Contenido de antocianinas en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudo.

En cuanto a la capacidad antioxidante usando el método del radical libre DPPH, cuyos resultados detallados se muestra en el Anexo 5, se observa una probabilidad $P < 0,05$, lo que indica que existe diferencias significativas, tanto en la cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra, también en la Tabla 10, según la clasificación Tukey HSD, los que tienen mayor contenido de capacidad antioxidante son las cáscaras de las muestras de Puños y Cochabamba, entre los cuales no se evidencias diferencias estadísticas, También, la expresión de la capacidad variaron en la cáscara desde 2749,52 a 3750,56 y en la pulpa de 1856,21 a 2437,86 ug TE/g. La representación gráfica de las capacidades antioxidante con sus respectivas desviaciones estándar se muestra en la Figura 7.

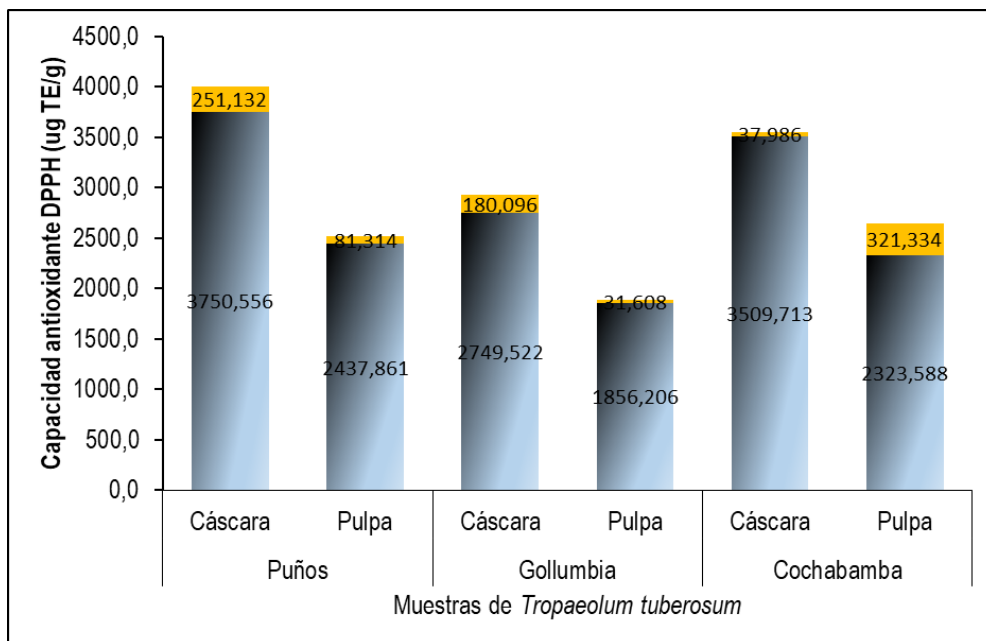


Figura 7. Contenido de capacidad antioxidante (DPPH) en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudo.

Para los resultados de la capacidad antioxidante por el método del catión radical ABTS⁺, se observa en el análisis de varianza (Anexo 6), que existe diferencias significativas en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra. En la Tabla 10, según la clasificación Tukey HSD. El contenido de capacidad antioxidante en: cáscara varió en el rango de 2990,84 a 5228,43 ug TE/g y en la pulpa de 937,78 a 1334,15 ug TE/g, similarmente registrándose los mayores valores en las cáscaras de las muestras de Puños, M₁, con 5228,43 ± 143,74 ug TE/g, en tanto que, en la pulpa, las muestras de Puños y Cochabamba no se diferencian estadísticamente y registraron valores alrededor de 1334,15 ± 107,17. Gráficamente las variaciones entra la cáscara y pulpa de las tres muestras se muestran en la Figura 8.

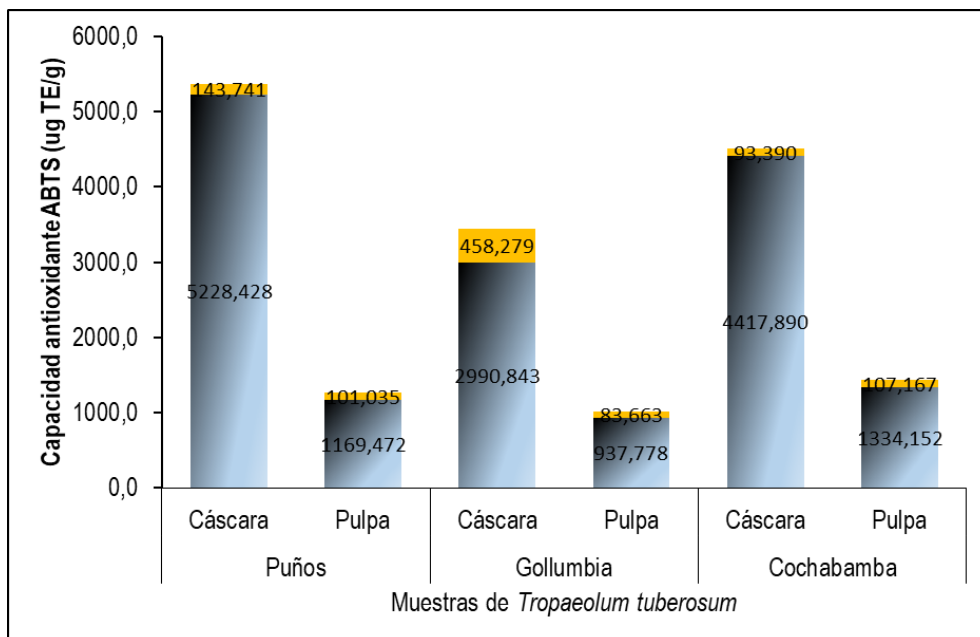


Figura 8. Contenido de capacidad antioxidante (ABTS) en mashua negra crudo.

4.4. ANÁLISIS DE ANTOCIANINA, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*) COCIDAS.

En la Tabla 12, se muestra el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante (base seca) con su respectiva desviación estándar, en cáscara y pulpa de las muestras de mashua negra, proveniente de: M₁ del distrito de Puños (3739,00 msnm), provincia de Huamalíes; M₂ del centro poblado de Gollumbia (3935,00 msnm) distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ del centro poblado de Cochabamba (3809,00 msnm), distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo de la región Huánuco.

Referente al contenido de polifenoles totales, (Anexo 7), se observa diferencias estadísticas significativas en cáscara y pulpa entre las tres muestras de mashua negra. En la Tabla 11, según la clasificación Tukey HSD.

Tabla 11. Análisis de humedad, materia seca y pH de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cocida.

Muestra	Humedad (%)	Muestra seca (%)	pH
M ₁	84,38 ± 2,28 ^a	13,29 ± 1,58 ^b	6,49 ± 0,02 ^a
M ₂	82,66 ± 2,42 ^a	17,45 ± 2,42 ^a	6,52 ± 0,00 ^a
M ₃	84,06 ± 1,34 ^a	15,62 ± 1,34 ^{ab}	6,38 ± 0,02 ^a

Tabla 12. Contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) cocidas.

Muestra	Polifenoles totales (mg AGE/g)		Antocianinas (mg de cianidina-3-glucósido/100g)		Capacidad antioxidante DPPH (ug TE/g)		Capacidad antioxidante ABTS (ug TE/g)	
	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa
M₁	4,04 ± 0,06 ^a	1,59 ± 0,003 ^a	142,67 ± 8,07 ^a	35,53 ± 3,27 ^a	3632,04 ± 15,26 ^a	1302,24 ± 141,59 ^a	4129,29 ± 209,47 ^a	1954,45 ± 47,12 ^a
M₂	2,95 ± 0,01 ^c	0,76 ± 0,013 ^c	107,84 ± 13,35 ^{ab}	14,32 ± 2,18 ^c	3180,94 ± 166,52 ^b	709,48 ± 14,33 ^b	3641,88 ± 288,66 ^a	685,47 ± 1,88 ^c
M₃	3,39 ± 0,04 ^b	1,15 ± 0,037 ^b	101,06 ± 20,25 ^b	28,34 ± 0,64 ^b	2561,92 ± 151,78 ^c	1049,23 ± 122,81 ^a	3767,55 ± 50,40 ^a	932,20 ± 94,43 ^b

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamalíes; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo.

*Medias con diferente letra son significativamente diferentes (p<0.05).

El contenido de polifenoles varió en los siguientes rangos: en cáscara de 2,95 a 4,04 y en pulpa de 0,76 a 1,59 mg AGE / g, siendo la variedad que tiene mayor contenido de polifenoles la cáscara de la M₁ con 4,04 ± 0,06. En la Figura 9, no hay una variación notoria de los polifenoles entre las cáscaras crudas y cocidas; tampoco entre las pulpas crudas y cocidas; sin embargo, se distingue una variación muy notoria cuando se compara cáscaras frente a pulpa en las tres muestras de mashua.

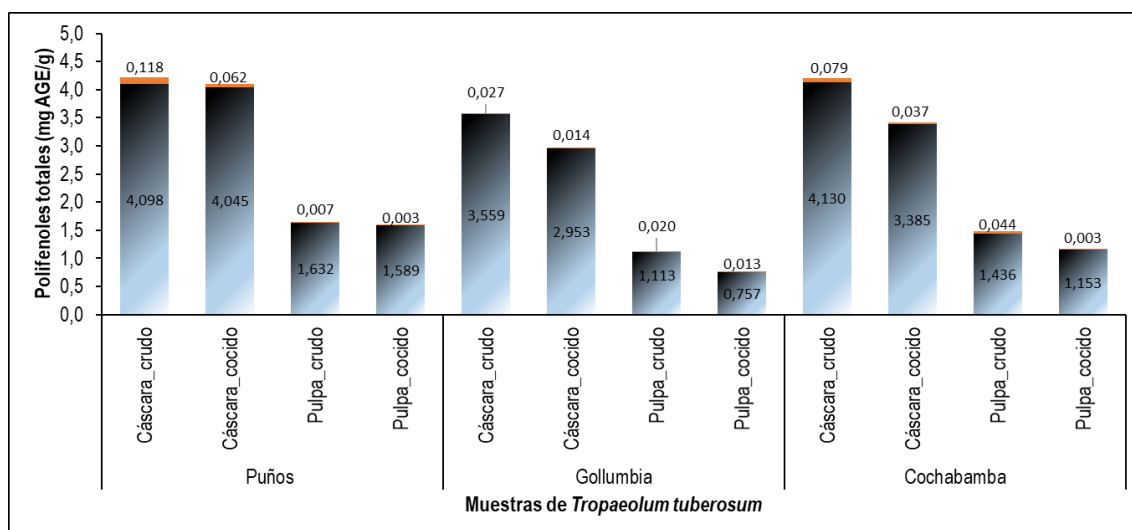


Figura 9. Variación en el contenido de polifenoles totales en mashua negra (*Tropaolum tuberosum*) sometidos a cocción

Para el caso de antocianinas, (Anexo 8), los resultados indicaron que no existe diferencias significativas en los contenidos registrados tanto en cáscara como en pulpa de las tres muestras de mashua negra cocidos. En la Tabla 13, según la clasificación Tukey, ubica a la muestra M₁ con los mayores contenidos de antocianinas en cáscara y en pulpa, seguido de la muestra M₂. Los contenidos de antocianinas en las tres muestras de mashua cocidas variaron cercanamente al rango de: cáscara de 101,06 a 142,67 y en pulpa de 14,32 a 35,53 mg de cianidina-3-glucósido/100g.

La variación del contenido de antocianinas entre muestras crudas y cocidas de cáscara y pulpa de mashua negra, se muestra en la Figura 10, donde se aprecia una reducción significativa por efecto de la cocción en las cáscaras de las muestras M₁ y M₃; en tanto, solo en la pulpa de la

muestra M₃, se registró un descenso notorio cerca del 70 % después de haber sido cocido la muestra.

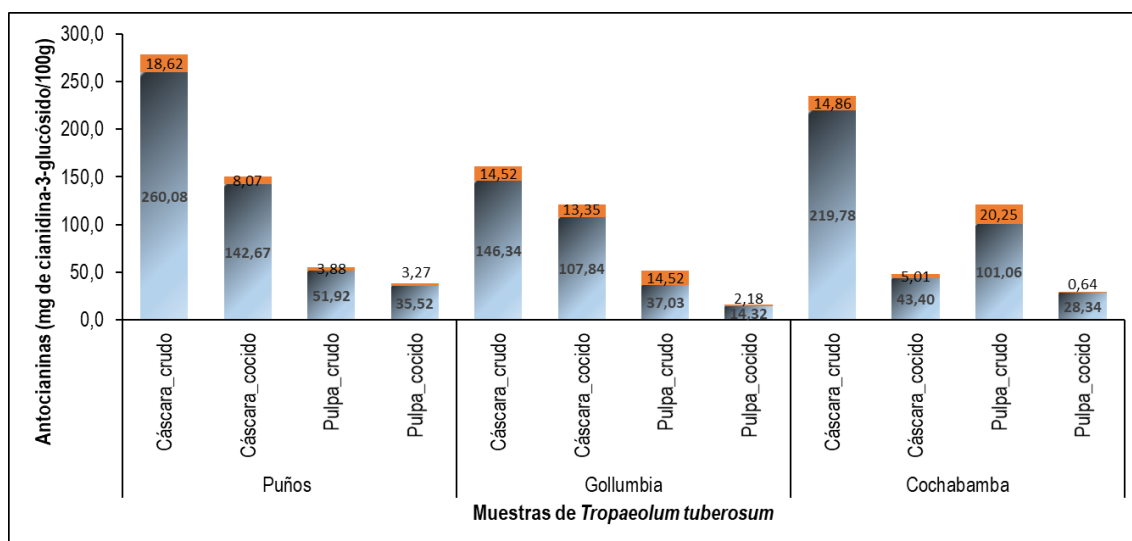


Figura 10. Variación en el contenido de antocianinas en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) sometidos a cocción

Los resultados de la capacidad antioxidante usando el método del radical libre DPPH, (anexo 9), señala que existe diferencias significativas en cáscara y pulpa entre las tres muestras de mashua negra cocidos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa; como se muestra en la Tabla 13 según la clasificación Tukey, la muestra M₁ presenta mayor capacidad antioxidante en la cáscara y pulpa, esta mayor capacidad, referido a la pulpa, es estadísticamente igual con la muestra M₂. Los rangos de la capacidad antioxidante en las cáscaras y pulpas de las muestras cocidas fueron cercanos a: cáscaras de 2561, 92 a 3632,04 y en pulpa de 709,48 a 1302,24ug TE/g. En la Figura 11, se observa claramente, que la cocción reduce alrededor de la mitad la capacidad antioxidante en las pulpas de las muestras M₁, M₂ y M₃; mientras, que en las cáscaras de las tres muestras de mashua negra, la capacidad antioxidante permanece casi constante.

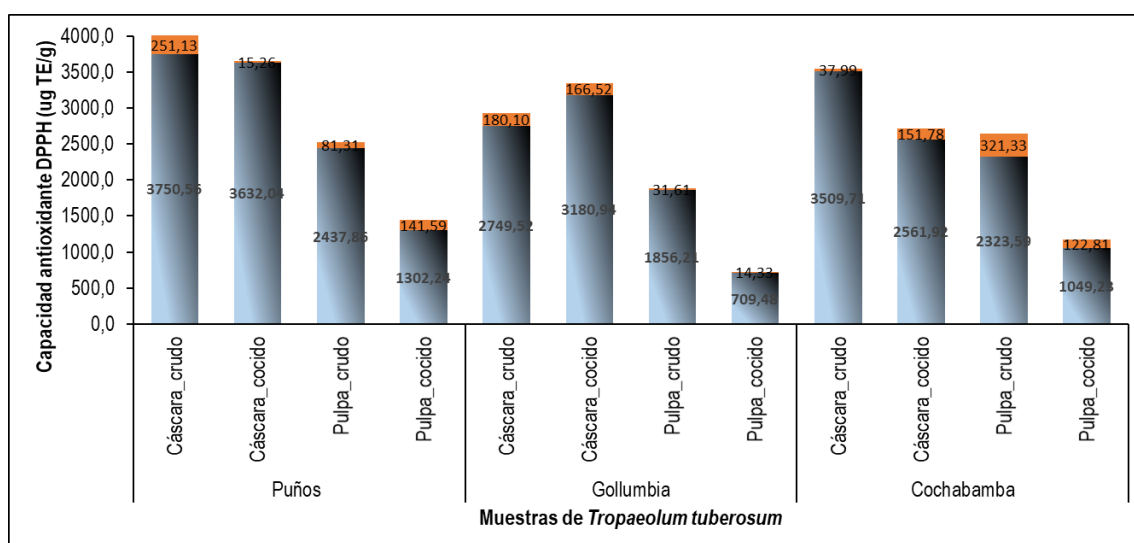


Figura 11. Variación de la capacidad antioxidante DPPH en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) sometidos a cocción

En el análisis de capacidad antioxidante por el método del catión radical ABTS⁺, (Anexo 10), los resultados estadísticos evidenciaron que no hay diferencias significativas con la capacidad antioxidante que se registraron en las cáscaras de las tres muestras, variando la cantidad de capacidad antioxidante ABTS en el rango de 3641,88 a 4129,29 µg TE/g. Contrariamente a lo evidenciado en las cáscaras, si se encontró diferencias estadísticas significativas en la capacidad antioxidante de las pulpas de las tres muestras de mashua, registrándose la mayor capacidad en la M1 con 1954,45 ± 47,12 y la menor capacidad en la muestra M2 con 685,47 ± 1,88 µg TE/g.

En la Figura 12, Siendo la variedad que tiene mayor contenido de capacidad antioxidante (ABTS) en cáscara es M₁ con 5185,51 ± 170,44 con pérdida de 42,92 respecto a la muestra en crudo y en pulpa M₁ con 1597,80 ± 86,61 con incremento de 428,33 respecto a la muestra en crudo, como se muestra en la Figura 12, en las cáscaras de las muestras de Puños y Cochabamba, se percibe un descenso leve en la capacidad antioxidante después de la cocción de las muestras, en tanto que, en la muestra de Gollumbia se dá un incremento leve luego de la

cocción. También, se registra una variación moderadamente pequeña en la pulpa de las muestras luego de la cocción.

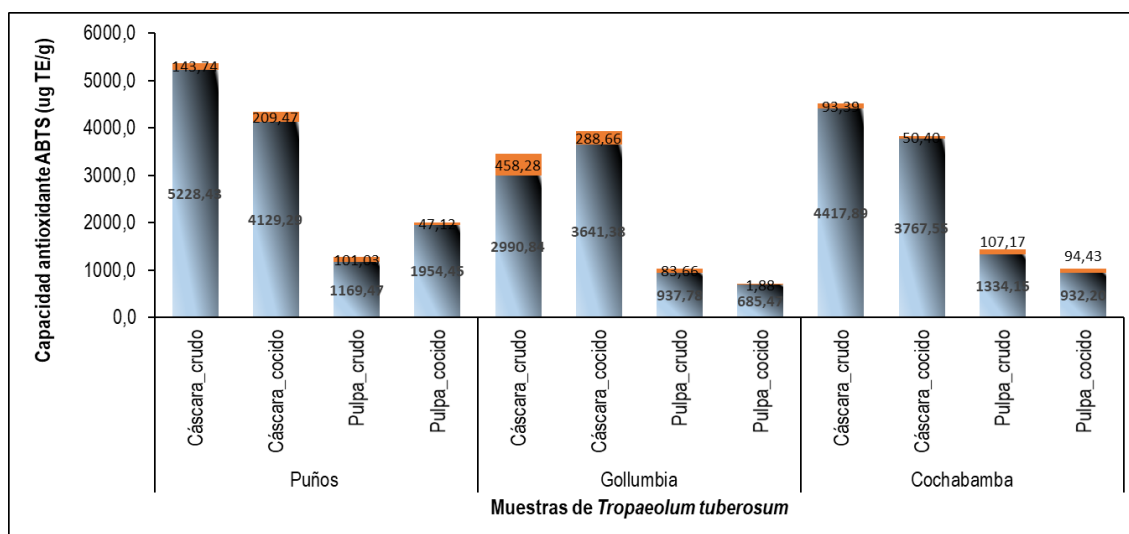


Figura 12. Variación de la capacidad antioxidante ABTS en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) sometidos a cocción

4.5. ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA DIGESTIÓN *INVITRO* DE CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA

En la Tabla 13, se muestra en base seca el contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante de muestras de mashua cocidos a 95 °C por 29 minutos y con digestión in vitro, con su respectiva desviación estándar, siendo M₁ del distrito de Puños (3739,00msnm), provincia de Huamalíes; M₂ del centro poblado de Gollumbia (3935,00msnm) distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ del centro poblado de Cochabamba (3809,00msnm), distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo de la región Huánuco.

Tabla 13. Contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante en la digestión *invitro* de cáscara y pulpa de mashua negra

Muestra	Polifenoles totales (mg AGE/g)		Antocianinas (mg de cianidina-3-glucósido/100g)		Capacidad antioxidante DPPH (ug TE/g)		Capacidad antioxidante ABTS (ug TE/g)	
	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa
M₁	4,14 ± 0,05 ^a	0,79 ± 0,05 ^a	89,25 ± 2,45 ^b	28,42 ± 1,05 ^a	5806,85 ± 523,05 ^b	736,64 ± 46,01 ^a	7324,18 ± 433,13 ^a	2547,39 ± 113,50 ^a
M₂	2,80 ± 0,05 ^c	0 ^c	71,85 ± 3,50 ^c	6,27 ± 0,43 ^c	4618,21 ± 490,97 ^b	291,52 ± 79,82 ^c	3252,92 ± 360,11 ^b	1430,27 ± 63,01 ^b
M₃	3,90 ± 0,14 ^b	0,18 ± 0,05 ^b	141,08 ± 6,56 ^a	14,60 ± 2,81 ^b	7549,02 ± 453,60 ^a	652,52 ± 10,53 ^b	8293,48 ± 429,46 ^a	1616,08 ± 32,21 ^b

*M₁ = Mashua negra del distrito de Puños, provincia de Huamaling; M₂ = Mashua negra del distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo y M₃ = Mashua negra del distrito de Ripan, provincia de Dos de Mayo. Sometidos a cocción a 95 °C por 29 minutos

*Cada valor representa la media de tres repeticiones ± la desviación estándar.

*Medias con diferente letra son significativamente diferentes (p<0.05).

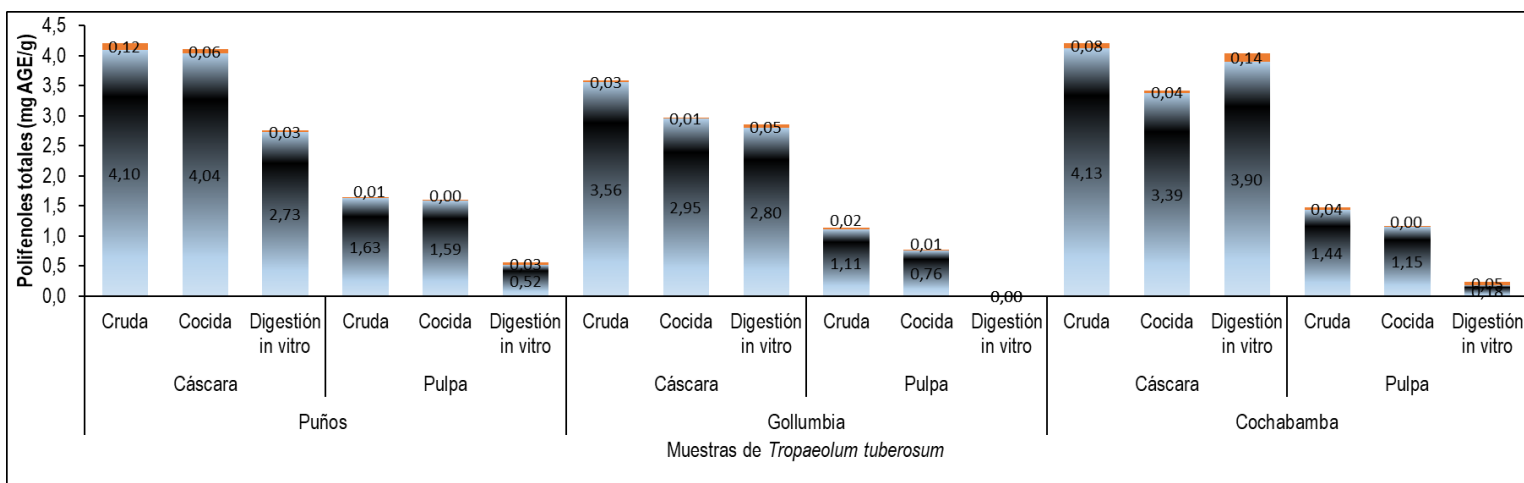


Figura 13. Contenido de polifenoles totales en cáscara y pulpa de tres variedades de en mashua negra crudos, cocidos y con digestión *in vitro*.

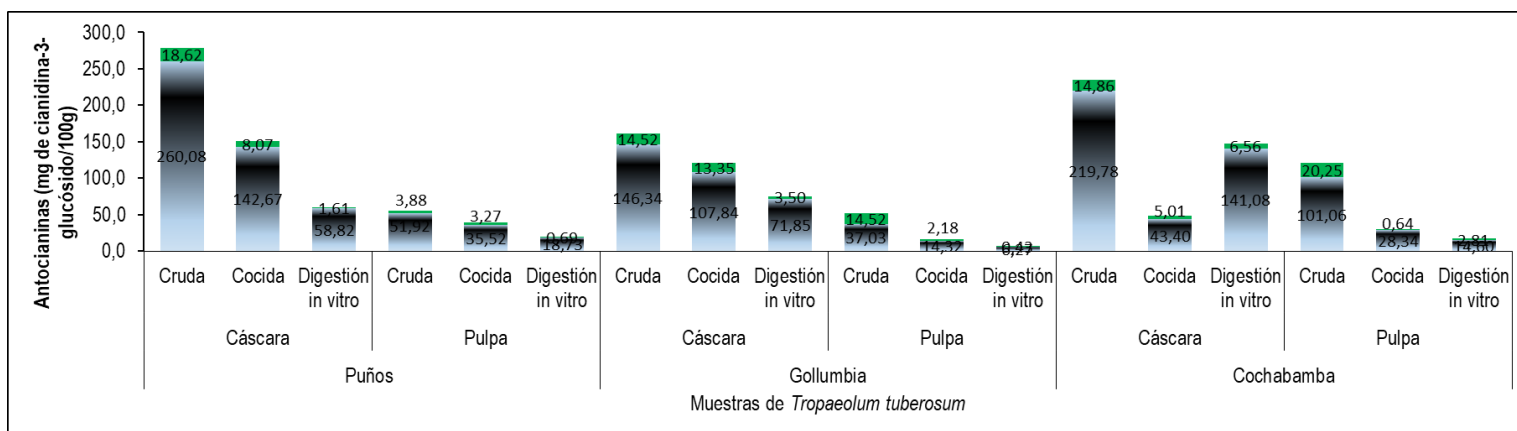


Figura 14. Contenido de antocianinas en cáscara y pulpa de tres variedades de en mashua negra crudos, cocidos y con digestión *in vitro*.

Para el caso de polifenoles totales (Anexo 11), se observa que la probabilidad o el valor de $P < 0,05$ indica que existe diferencias significativas, en cáscara y pulpa, entre las muestras de mashua negra; se registra una mayor cantidad de polifenoles en la cáscara de la muestra M_1 ($414 \pm 0,05$ mg AGE/g), seguido de muestra M_3 ($3,90 \pm 0,14$ mg AGE/g) y luego la muestra M_2 ($2,80 \pm 0,05$ mg AGE/g), el mismo orden de clasificación se observa en la pulpa de las tres muestras, pero contenidos mucho menores ($< 0,8$ mg AGE/g).

En la Figura 13, si comparamos la muestra cruda con la muestra con digestión *invitro*, se observa que en la cáscara de las tres muestras hay una ligera variación descendente luego de la digestión *invitro*; mientras que en la pulpa de las tres muestras se observa una reducción casi total luego de la digestión *invitro*.

Con respecto al contenido de antocianinas con digestión *invitro* (Anexo 12), los resultados del análisis de varianza indicaron diferencias significativas entre las tres muestras de mashua negra, ya sea en la cáscara o en la pulpa. En cuanto al orden de clasificación (Tukey $\alpha = 0,05$) del contenido de antocianinas en las cáscaras, ubican a la muestra M_3 , en primer lugar, con un contenido de $141,08 \pm 6,56$, en segundo lugar, la muestra M_1 , con $89,25 \pm 2,45$ y en la tercera ubicación a M_2 , con $71,85 \pm 3,50$ mg de cianidina-3-glucósido/100 g. También, se registró que el contenido de antocianinas, en las pulpas de las muestras de mashua, fue mucho menor que las en las cáscaras, la clasificación Tukey, ubicó a la pulpa de la muestra M_1 , con mayor contenido de antocianinas seguido de M_2 y M_3 , en las pulpas de las tres muestras el contenido de antocianinas varió en el rango de 6,27 a 28,42 mg de cianidina-3-glucósido/100 g.

En la Figura 14, se grafica la variación del contenido de antocianinas desde crudo hasta luego de la digestión *invitro*. En la cáscara, el contenido de antocianinas en las muestras crudas se reduce luego de la digestión *invitro*, entre aproximadamente 77 % en M_1 , 50 % en M_2 y 35

% en M₃; mientras que en la pulpa la reducción en promedio de las tres muestras, es superior al 95 %.

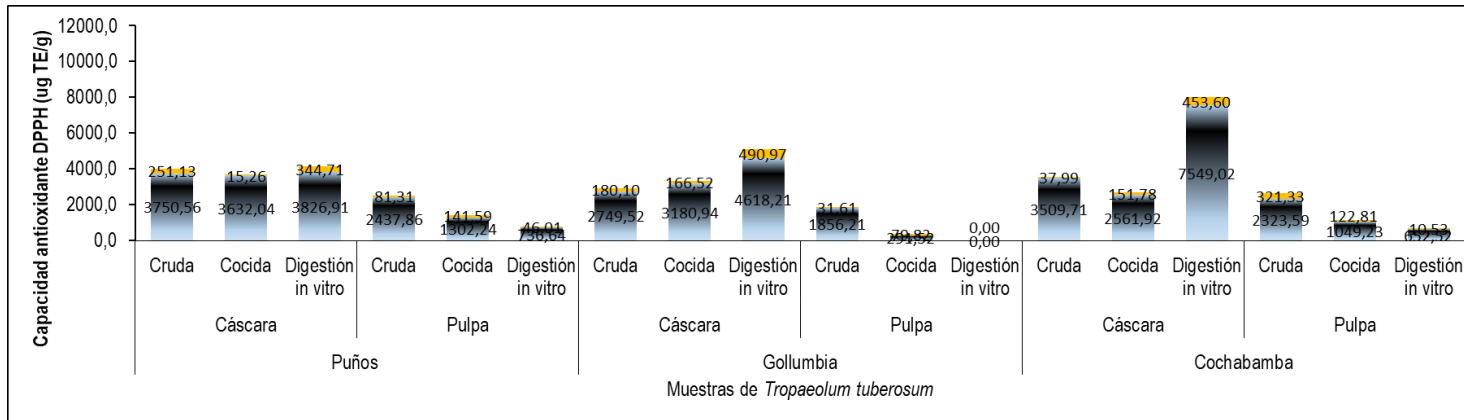


Figura 15. Capacidad antioxidante DPPH en cáscara y pulpa de tres variedades de en mashua negra crudos, cocidos y con digestión *invitro*.

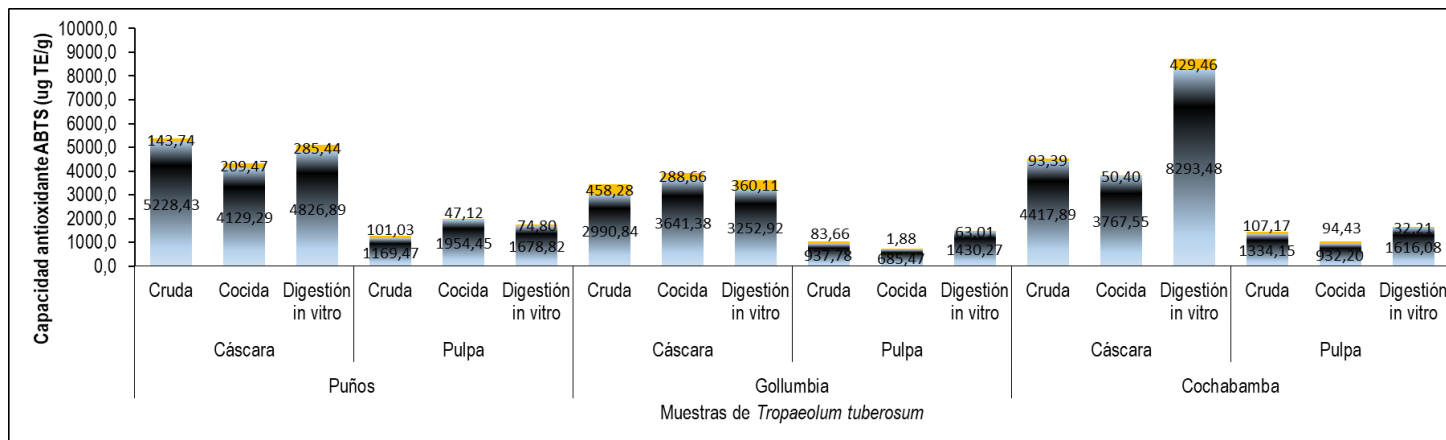


Figura 16. Capacidad antioxidante ABTS en cáscara y pulpa de tres variedades de en mashua negra sometidos a cocción crudos, cocidos y con digestión *invitro*.

En lo referente a la capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH, en la Tabla 13, se resume los resultados del análisis de varianza (Anexo 13), donde se determinó que estadísticamente hay diferencia significativa en las ug TE/g registrado en las cáscaras de las muestras con digestión *invitro*, M₁, M₂ y M₃, ubicándose M₃, como la muestra con mayor capacidad antioxidante 7549,02; seguido de M₁ y M₂ (entre los cuales no hay diferencia significativa), con contenidos de 5806,85 y 4618,21 ug TE/g, respectivamente. En las pulpas de las muestras de mashua, se registró el mayor contenido en M₁, seguido de M₃ y en ultima ubicación M₂, con capacidades antioxidantes de 736,64; 652,52 y 291,52 ug TE/g, respectivamente.

La variación de la capacidad antioxidante DPPH, desde crudo hasta luego de la digestión *invitro* de las muestras de cáscara y pulpa de mashua, se grafican en la Figura 15. En las cáscaras se evidencia un incremento próximo al 2 % en la muestra M₁, 68 % en M₂ y 115 % en M₃; mientras que, en la pulpa de las muestras ocurre totalmente lo contrario, se produce una reducción luego de la digestión *invitro* próximo al 70 % en M₁, 100 % en M₂ y 72 % en M₃.

Para los datos de capacidad antioxidante utilizando el método del catión libre ABTS+, se observa en la significación del análisis de varianza (Anexo 14), un valor de $P < 0,05$, indicando en términos generales, diferencias estadísticas significativas en la cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra con digestión *invitro*. En la Tabla 13, se presenta la clasificación de las muestras según la prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$; en las cáscaras de las muestras M₁ y M₃ (entre las cuales no hay diferencias significativas), se registraron las mayores capacidades antioxidantes entre 7324 y 8293 ug TE/g, y la menor capacidad en M₂ con 3512,92 ug TE/g. En las pulpas de las muestras de mashua, luego de la digestión *invitro*, se observó que la muestra M₁, se ubica en el primer lugar con un registro de 2547,39 ug TE/g, seguido de las muestras M₂ y M₃ (entre las cuales no hay diferencias significativas) con capacidades antioxidantes en el rango de 1430,27 y 1616,08 ug TE/g.

En la Figura 16, se representa la variación de la capacidad antioxidante, por el método del catión libre ABTS+, desde crudo hasta luego de la digestión *in vitro*, de las muestras de cáscara y pulpa de mashua. En las cáscaras de las muestras M₁ y M₂, se evidencia una variación muy pequeña alrededor de $\pm 7\%$, mientras que, en la muestra M₃, se produce un incremento considerable alrededor del 88%. En cuanto a las pulpas de las muestras, se observa variaciones incrementales luego de la digestión *in vitro*, estas variaciones están en los niveles de 44, 53 y 21%, para las muestras M₁, M₂ y M₃, respectivamente.

V. DISCUSIÓN

5.1. EVALUACIÓN BIOMÉTRICA Y FÍSICA DE LA MASHUA NEGRA

En la Tabla 6, 7 y 8; para el caso de la evaluación biométrica en las tres muestras de mashua negra existen diferencias significativas, pero no en la evaluación de color. Los resultados promedio obtenidos en el desarrollo de la investigación respecto a la evaluación biométrica fue en M₁ la muestra que presentó mayor valor estadísticamente en cuanto a peso (g), altura (mm) y diámetro (mm) que las muestras M₂ y M₃. En cuanto al color por el método CIELAB los resultados en la cáscara fueron la evaluación de color en cáscara y pulpa de las muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) M₁, M₂ y M₃ presentaron iguales valores de color estadísticamente, así mismo cabe señalar que la cáscara presenta un color más intenso que la pulpa. Por otra parte nuestros resultados biométricos se encuentran dentro del rango según Grau, (2003) menciona que el tubérculo son generalmente de 5–15 cm de largo y 3–6 cm de ancho en su parte distal. Lachman & Hamouz, (2004) mencionan que la forma y tamaño en papas de color depende de manejo agronómico, condiciones de ambiente y la variedad.

5.2. ANÁLISIS HUMEDAD, MUESTRA SECA, PH, CENIZA, SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ TITULABLE

En la Tabla 10; para el caso del análisis de humedad, muestra seca, pH, ceniza y acidez titulable en las muestras en crudo de mashua negra, existen diferencias significativas. Los resultados obtenidos en durante el desarrollo de la investigación fue en M₁ humedad 85,81 ± 0,15 %, muestra seca 14,19 ± 0,15 %; ceniza 0,65 ± 0,13 %; pH 5,90 ± 0,00; sólidos solubles 8,30 ± 0,52; acidez titulables 0,06 ± 0,004; por otra parte en M₂ presentó en humedad 85,52 ± 1,58 %, muestra seca 14,48 ± 1,58 %; ceniza 0,85 ± 0,06 %; pH 6,07 ± 0,06; sólidos solubles 9,67 ± 1,55; acidez titulable 0,06 ± 0,007 y M₃ presentó en humedad 86,75 ± 0,98 %, muestra seca 13,25 ± 0,98 %; ceniza 0,97 ± 0,08 %; pH 5,90 ± 0,00, sólidos solubles 8,53 ± 0,40 y acidez titulable 0,07 ± 0,004. Cabe

mencionar que la muestra M₂ tuvo mayor contenido de pH y ceniza que las muestras M₁ y M₃; por otra parte, en los análisis restantes fueron iguales estadísticamente. Valenzuela et al., (2019) mencionan que las muestras de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R &P mashua, obteniéndose respectivamente, 85,1 %, 84,9% y 85% de porcentaje de humedad y muestra seca en promedio del 15%. Por otra parte los resultados del análisis de humedad, materia seca y pH en las tres muestras cocidas de mashua negra en humedad M₁ 84,38 ± 2,28 %, muestra seca 13,29 ± 1,58 %, pH 6,49 ± 0,02; M₂ en Humedad 82,66 ± 2,42 % muestra seca 17,45 ± 2,42 %, pH 6,52 ± 0,00 y M₃ en Humedad 84,06 ± 1,34 % muestra seca 15,62 ± 1,34 %, pH 6,38 ± 0,02; señalando que M₂ presentó mayor contenido de materia seca; respecto a la humedad las muestras en promedio perdieron 2,36% a su valor inicial (crudo).

5.3. ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA CRUDOS.

En la Tabla 12; para el caso del contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra crudos; existen diferencias significativas.

Respecto al contenido de polifenoles totales expresado en (mg AGE/g) los resultados promedio obtenidos durante el desarrollo de la investigación fue en cáscara (3,56 ± 0,03 a ± 4,13 ± 0,08) y pulpa (1,11 ± 0,02 a 1,63 ± 0,01), siendo el que tiene mayor contenido de polifenoles en cáscara M₃ con 4,13 ± 0,08 y en pulpa M₁ con 1,63 ± 0,01. Estos resultados se encuentran en el rango mencionado por Chirinos *et al.*, (2007) quienes mencionan que los fenoles totales 9 a 21 mg equivalentes de ácido clorogénico g⁻¹ DM. Campos *et al.*, (2006) quienes mencionan que el contenido de polifenoles en mashua vario de 0,92 a 3,37 mg g⁻¹, así mismo menciona que los genotipos mashua de color morados presentaron mayor contenido de polifenoles que genotipos mashua color amarillos. Taipe (2017) menciona que en el contenido de

fenoles totales se encontró valores de 17,43; 18,60 y 16,65 mg de ácido gálico/g en el estado fresco, soleado y fresco respectivamente. Así mismo la cantidad de antocianinas en papas de color depende de manejo agronómico, condiciones de ambiente y la variedad de papa nativa (Lachman & Hamouz, 2004).

Respecto al contenido de antocianinas expresado en (mg de cianidina-3-glucósido/100g) los resultados promedio obtenidos en las tres muestras de mashua negra durante el desarrollo de la investigación fue en cáscara ($146,34 \pm 14,53$ a $260,08 \pm 18,62$) y pulpa ($37,03 \pm 2,49$ a $51,92 \pm 3,88$), siendo el que tiene mayor contenido de antocianinas en cáscara M₁ con $260,08 \pm 18,62$ y en pulpa M₁ con $51,92 \pm 3,88$. Los resultados antes mencionados están por debajo de Campos *et al.*, (2006) quienes mencionan que el contenido de antocianinas en papa nativos pigmentados varió de 0.08 a 0.8 mg g⁻¹; en mashua varió de 0,5 a 2,05 mg g⁻¹; en la oca varió de 0,14 a 1,3 mg g⁻¹; respecto al olluco no contienen antocianinas. Chirinos *et al.*, (2007) mencionan que la mashua color morado de tres cultivares tuvieron valores alcanzados de 8.7, 4.7 y 3.7 mg g⁻¹ DM respectivamente.

Respecto al contenido de capacidad antioxidante por la técnica del radical libre DPPH y ABTS expresado en (ug TE/g), los resultados promedio obtenidos en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra en estudio durante el desarrollo de la investigación fue cáscara, siendo el que tiene mayor contenido de capacidad antioxidante en cáscara M₁. Los resultados se encuentran por debajo de otros tubérculos similares de cáscara negra, como las papas nativas, Campos *et al.*, (2006) mencionan que respecto a la capacidad antioxidante hidrofílica las papas nativas varió de 860 a 3780 µg TE g⁻¹; en mashua varió de 955 a 9800 µg TE g⁻¹, en la oca osciló entre 1637 a 4771 µg TE g⁻¹; en Ulluco presentaron un rango de 483 a 1524 µg TE g⁻¹.

Respecto al contenido de capacidad antioxidante por la técnica del catión libre ABTS⁺ expresado en (ug TE/g), los resultados promedio obtenidos en cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra, en estudio durante. Los resultado antes mencionados están por encima según lo mencionado por Chirinos *et al.*, (2007) quienes mencionan que los resultados en cuanto al genotipo presento una capacidad antioxidante que oscilo entre 80 y 378 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ DM (materia seca), y de 59 a 389 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ DM para las pruebas ABTS y ORAC (capacidad de absorbanca de radiales de oxígeno), respectivamente.

5.4. ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA COCIDAS.

En cuanto a las tres muestras de mashua negra cocidos no presentó diferencias significativas en cáscara y pulpa en el contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante en las muestras cocidas a 95 °C por un tiempo de 29 minutos, presentando una buena cocción y buen aspecto exterior. En la Tabla 13, para el caso del contenido de polifenoles totales (mg AGE / g), los resultados promedio obtenidos entre las tres muestras de mashua negra, son comparables a otros tubérculos con superficies negras, al respecto. Barragan & Aro, (2017) indican que las papas nativas presento 125,27 (mg ácido gálico/100g) al horno microondas de la papa (PST) y 12,19 (mg ácido gálico/100g) en fritura de la papa (PWQ), ambas variedades presentaron pérdidas en el proceso de cocción por fritura. Cerrón (2012) menciona que el proceso de cocción sancochado en papas nativas fue 682,33 μg de ácido cloro génico/100 g. Granito, *et al.*, (2007) indican que el procesamiento como la cocción puede promover la degradación entre los anillos aromáticos de los compuestos fenólicos, lo que lleva a reacciones de polimerización o roturas estructurales, que se reflejan en el menor contenido fenólico de los frijoles cocidos.

Para el caso del contenido de antocianinas (mg cianidina–3-glucosido/100g); los resultados promedio obtenidos se encontró que la

variedad que tiene mayor contenido de antocianina en cáscara fue M₁. Barragan & Aro, (2017) mencionan en su investigación que las papas nativas en pulpa, la variedad PST contiene 4,63 mg cianidina 3-glucosido/100g, en el proceso de cocción por horno microondas, al igual que la papa PWQ 1,31 (mg cianidina 3glucosido/100g) en fritura. Cerrón, (2012) indica que en el proceso de cocción por frito es de 82,24 mg pelargonidina-3-glucósido/ 100 g; horneado 79,39 mg pelargonidina-3-glucósido/ 100 g; sancochado 38,64 mg pelargonidina-3-glucósido/ 100 g; microondas 91,43 mg pelargonidina-3-glucósido/ 100 g; el cual determinó que el mejor proceso de cocción fue por microondas. Huang *et al.*, (2013); Mileo & Miccadei, (2016); Zargham & Zargham, (2008) mencionan que es importante evaluar su estabilidad después del procesamiento, porque factores como la temperatura y el tiempo pueden afectar su concentración. Por otra parte Granito, *et al.*, (2007) mencionan que el procesamiento como la cocción puede promover la degradación entre los anillos aromáticos de los compuestos fenólicos, lo que lleva a reacciones de polimerización o roturas estructurales, que se reflejan en el menor contenido fenólico de los frijoles cocidos. Así mismo la cantidad de antocianinas en papas de color depende de manejo agronómico, condiciones de ambiente y la variedad de papa nativa (Lachman & Hamouz, 2004).

Con respecto a la capacidad antioxidante por el radical libre DPPH y ABTS, los resultados promedio obtenidos en cáscara y pulpa entre las tres muestras de mashua negra cocidos durante el desarrollo de la investigación, siendo la variedad que tiene mayor contenido de capacidad antioxidante (DPPH) en cáscara fue M₁. Ramos, (2013) menciona que el mayor contenido de capacidad antioxidante fue en el método de cocción por horneado 113,35 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ de muestra y la menor capacidad antioxidante se reportó en la muestra por microondas 43,88 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ de muestra para papas nativas de color. Asimismo, Cerón-Lasso *et al.*, (2018) indican que la cocción posiblemente en los tubérculos presenta un aumento en sus compuestos recuperables

debido a que puede facilitar la capacidad de extracción de estos al alterar la matriz celular, resultando en mayores recuperaciones e inactivación de enzimas.

5.5. ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA DIGESTIÓN *INVITRO* DE CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA

En cuanto a la digestión *invitro* de cáscara y pulpa de las tres muestras de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), estas presentaron diferencias significativas después de la digestión *invitro* en cuanto al contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante por el radical libre DPPH y catión libre ABTS⁺ como se muestra en la Tabla 13. La cocción se realizó a una temperatura de 95 °C por un tiempo de 29 minutos, presentando una buena cocción; es decir, las muestras no estaban crudos y no presentaban rajaduras en la parte exterior por efecto de la cocción.

En lo referente al contenido de polifenoles totales (mg AGE / g), los resultados promedio obtenidos en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), siendo la muestra que tiene mayor contenido de polifenoles totales en cáscara fue M₁. Soriano, *et al.*, (2015) menciona en su investigación que CESR mostró 1,23 ± 0,04 mg GAE / g de frijoles y 0,85 ± 0,06 mg GAE / g encontrado en CEB; BB degradación por la digestión *invitro*, con una reducción del 75% en comparación con el 52% en SRB. Soriano *et al.*, (2015) menciona que la discrepancia en los resultados puede atribuirse, al menos en parte, al solvente utilizado para la extracción. Trabajando con vino tinto, informaron una reducción en la concentración de polifenoles y un aumento de actividad antioxidante por el método ORAC después de Digestión gastrointestinal *invitro*. Estos resultados se asociaron al aumento de las concentraciones de compuestos fenólicos simples como los ácidos fenólicos Noguera *et al.*, (2008).

Para el caso del contenido de antocianinas (mg cianidina 3-glucosido/100mg), los resultados promedio obtenidos en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), siendo la muestra que tiene mayor contenido de antocianina en cáscara es M₃ con pérdida de 78,71 respecto a la muestra en crudo y en pulpa M₁ con 28,42 ± 1,05 (cocido) con pérdida de 33.19 respecto a la muestra en crudo. Soriano, *et al.*, (2015) menciona en su investigación que los frejoles en crudo no se detectaron compuestos antocianos. La disminución de fenoles totales en la digestión *invitro* puede ser consecuencia de la inestabilidad de estos compuestos cuando se exponen a altos pH según Friedman & Jürgens, (2000). Las antocianinas mostraron mayores pérdidas durante la digestión simulada, porque son ampliamente sensibles a condiciones alcalinas en la digestión intestinal, así como el impacto causado por la digestión enzimas y sales biliares Bermúdez-Soto, *et al.*, (2007); McDougall, *et al.*, (2005). En nuestro medio intestinal simulado (pH 7,5 - 8,0), las antocianinas estarían predominantemente presente en la forma molecular incolora de calcona. Esta no permitiría su cuantificación por el método que empleamos según McDougall *et al.*, (2005).

En relación a la capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH (µg TE/g), los resultados promedio obtenidos en mashua negra, siendo la muestra que tiene mayor contenido de capacidad antioxidante (DPPH) en cáscara es M₂ con 10263,40 ± 1264,31 (crudo) con incremento de 7513,88 respecto a la muestra en crudo y en pulpa M₁ con 736,64 ± 46,01 (cocido) con pérdida de 1701,22 respecto a la muestra en crudo. Tagliazucchi, *et al.*, (2010) en un estudio de actividad antioxidante respecto a polifenoles en uva, se encontraron que los polifenoles no antocianos mostraron una mayor estabilidad en el pH intestinal. Los autores también sugirieron que la actividad antirradical puede ser depende del pH., siendo la muestra que tiene mayor contenido de capacidad antioxidante (ABTS) en cáscara es M₂ con 15138,42 ± 724,92 (crudo) con incremento de 12147,58 respecto a la muestra en crudo y en pulpa M₃ con 4560,64 ± 745,50 (crudo) con

incremento de 3226,49 respecto a la muestra en crudo. Soriano, *et al.*, (2015) mencionan en su investigación que la actividad antioxidante en CEB - extracto crudo de frijoles negros $17,4 \pm 0,1$; DEB - extracto digerido de frijoles negros $14,2 \pm 1,4$; CER – extracto crudo de frijoles rojos pequeños $21,9 \pm 0,5$; DER - extracto digerido de frijoles rojos pequeños $23,5 \pm 1,1$. Cerón-Lasso *et al.*, (2018) indican que la cocción posiblemente en los tubérculos presenta un aumento en sus compuestos recuperables debido a que puede facilitar la capacidad de extracción de estos al alterar la matriz celular, resultando en mayores recuperaciones e inactivación de enzimas.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados de la investigación llego a las siguientes conclusiones:

- Se llegó a evaluar el efecto de cocción (hervido) de la degradación de las propiedades antioxidantes en cascara y pulpa de la mashua negra. El contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH están influenciados por la cocción es decir se degradan tanto en la cáscara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), pero el contenido de la capacidad antioxidante ABTS incrementa en la cáscara y pulpa de mashua negra.
- Se evaluó la degradación de las propiedades antioxidantes de la cascara y pulpa de la mashua negra. El contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante utilizando el método del radical libre DPPH están influenciados por la digestión *invitro* en cáscara y pulpa de mashua negra; es decir se degradan pero el contenido de capacidad antioxidante utilizando el método del catión libre ABTS⁺ incrementa en la cáscara y pulpa de mashua negra.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados, discusiones y conclusiones de la investigación, planteamos las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar la identificación de compuestos fenólicos y antocianinas en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudos, cocidas y digestión *invitro*, con la finalidad de determinar su incremento o degradación.
- Se recomienda realizar los análisis de vitamina C, capacidad quelante y flavonoides en mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) crudos, cocidas y digestión *invitro* con la finalidad de determinar su incremento o degradación.
- Se recomienda realizar el análisis de isotiocianatos característico del sabor amargo de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) presentes como glucosinolatos, así mismo este compuesto es conocido por su actividad biológica como diuréticos, como agentes que pueden ofrecer protección contra el cáncer y como antibióticos (Halkier & Du, 1997; Stoner & Morse, 1997; Sugie, *et al.*, 1994).

VIII. LITERATURA CITADA

- ✓ Al-Saikhan, M. S., Howard, L. R., & Miller, J. C. (1995). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Different Genotypes of Potato (*Solanum tuberosum*, L.). *Journal of Food Science*, 60(2), 341-343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb05668.x>
- ✓ Ames, B. N., Shigenaga, M. K., & Hagen, T. M. (1993). Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90(17), 7915-7922. <https://doi.org/10.1073/pnas.90.17.7915>
- ✓ Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239-244. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1)
- ✓ Barragan, M., & Aro, J. M. (2017). Determinacion del efecto de procesos de coccion en papas nativas pigmentadas (*Solanum tuberosum* spp. Andigena) sobre sus compuestos bioactivos. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(1), 47-52. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.254>
- ✓ Bermúdez-Soto, M. J., Tomás-Barberán, F.-A., & García-Conesa, M.-T. (2007). Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion. *Food Chemistry*, 102(3), 865-874. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.025>
- ✓ Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- ✓ Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, 65(7), 1248-1252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>
- ✓ Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, 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>
- ✓ Cerón-Lasso, M., Alzate-Arbeláez, A. F., Rojano, B. A., & Ñuztez-Lopez, C. E. (2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información tecnológica*, 29(3), 205-216.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
 - ✓ Cerrón, M. L. (2012). Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1228>
 - ✓ Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., ... Cisneros-Zevallos, 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 - J SCI FOOD AGR*, 87, 437-446.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>
 - ✓ Cook, N. C., & Samman, S. (1996). Flavonoids—Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 7(2), 66-76. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
 - ✓ Delcour, J. A., & Varebeke, D. J. (1985). A New Colourimetric Assay for Flavanoids in Pilsner Beers. *Journal of the Institute of Brewing*, 91(1), 37-40. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1985.tb04303.x>
 - ✓ Espinoza, S. M., & Monteghirfo, M. (1999). *Determinación de la composición de aminoácidos de mashua (Tropaeolum tuberosum) mediante cromatografía líquida de alta performance (HPLC)*.
 - ✓ Faller, A. L. K., Fialho, E., & Liu, R. H. (2012). Cellular antioxidant activity of feijoada whole meal coupled with an in vitro digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(19), 4826-4832.
<https://doi.org/10.1021/jf300602w>

- ✓ Friedman, M., & Jürgens, H. S. (2000). Effect of pH on the Stability of Plant Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2101-2110. <https://doi.org/10.1021/jf990489j>
- ✓ Fuleki, T., & Francis, F. J. (1968). Quantitative Methods for Anthocyanins. *Journal of Food Science*, 33(1), 72-77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x>
- ✓ Garzon, G. A. (2008). LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: REVISIÓN. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- ✓ Ghiselli, A., N., M., Baldi, A., & Scaccini, C. (1998). Antioxidant Activity of Different Phenolic Fractions Separated from an Italian Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 361-367. <https://doi.org/10.1021/jf970486b>
- ✓ Gibbs, P. E., Marshall, D., & Brunton, D. (1978). Studies on the cytology of *Oxalis tuberosa* and *Tropaeolum tuberosum*. *Notes*. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302100771>
- ✓ Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001a). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1), F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>
- ✓ Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001b). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1), F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>
- ✓ Granito, M., Brito, Y., & Torres, A. (2007). Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *Phaseolus lunatus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2801-2809. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2926>
- ✓ Grau, A. (2003). *Mashua, Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.* Rome, Italy: IPGRI.
- ✓ Grau, A., Ortega, R., Nieto, C., & Hermann, M. (2003). Mashua: *Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops (Eng)*. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QJ2003000035>

- ✓ Halkier, B. A., & Du, L. (1997). The biosynthesis of glucosinolates. *Trends in Plant Science*, 2(11), 425-431. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)90026-1](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)90026-1)
- ✓ Hasegawa, T., Nishino, H., & Iwashima, A. (1993). Isothiocyanates inhibit cell cycle progression of HeLa cells at G2/M phase. *Anti-Cancer Drugs*, 4(2), 273-279.
- ✓ Huang, W. Y., Davidge, S. T., & Wu, J. (2013). Bioactive Natural Constituents from Food Sources—Potential Use in Hypertension Prevention and Treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(6), 615-630. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.550071>
- ✓ Johns, T., Kitts, W. D., Newsome, F., & Towers, G. H. N. (1982). Anti-reproductive and other medicinal effects of *Tropaeolum tuberosum*. *Journal of Ethnopharmacology*, 5(2), 149-161. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(82\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0378-8741(82)90040-X)
- ✓ Jordheim, M., Fossen, T., & Andersen, M. (2006). Preparative Isolation and NMR Characterization of Carboxypyrananthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(10), 3572-3577. <https://doi.org/10.1021/jf053240c>
- ✓ Juli, D. M., & Arias, E. (2011). Antocianinas polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género *Solanum* de pulpa azul y roja. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Recuperado de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1094>
- ✓ Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2002). Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3713-3717. <https://doi.org/10.1021/jf020071c>
- ✓ Kjær, A., Madsen, J. Ø., & Maeda, Y. (1978). Seed volatiles within the family tropaeolaceae. *Phytochemistry*, 17(8), 1285-1287. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)94575-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94575-8)
- ✓ Kovarovič, J., Bystrická, J., Tomáš, J., & Lenková, M. (2017). The influence of variety on the content of bioactive compounds in beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 106-112. <https://doi.org/10.5219/702>

- ✓ Lachman, J., & Hamouz, K. (2004). Red and purple coloured potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition—A review. *Plant, Soil and Environment*, 51. <https://doi.org/10.17221/3620-PSE>
- ✓ Leite, A. V., Malta, L. G., Riccio, M. F., Eberlin, M. N., Pastore, G. M., & Maróstica Júnior, M. R. (2011). Antioxidant potential of rat plasma by administration of freeze-dried jaborcaba peel (*Myrciaria jaborcaba* Vell Berg). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2277-2283. <https://doi.org/10.1021/jf103181x>
- ✓ Lim, T. K. (2016). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 12 Modified Stems, Roots, Bulbs*. Springer.
- ✓ Liu, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 134(12 Suppl), 3479S-3485S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.12.3479S>
- ✓ Margraf, T., Karnopp, A. R., Rosso, N. D., & Granato, D. (2015). Comparison between Folin-Ciocalteu and Prussian Blue Assays to Estimate The Total Phenolic Content of Juices and Teas Using 96-Well Microplates. *Journal of Food Science*, 80(11), C2397-2403. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13077>
- ✓ Marquez, G. C. (2011). Capacidad antioxidante y caracterización estructural de las antocianinas de los frutos rojos de *Prunus domestica* L., *Ficus carica* L. y *Vitis vinifera* L. c.v. «red globe» cultivados en Perú. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2594>
- ✓ McDougall, G. J., Fyffe, S., Dobson, P., & Stewart, D. (2005). Anthocyanins from red wine—Their stability under simulated gastrointestinal digestion. *Phytochemistry*, 66(21), 2540-2548. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.09.003>
- ✓ McMurrough, I., & McDowell, J. (1978). Chromatographic separation and automated analysis of flavanols. *Analytical Biochemistry*, 91(1), 92-100. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(78\)90819-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(78)90819-9)
- ✓ Mileo, A. M., & Miccadei, S. (2016). Polyphenols as Modulator of Oxidative Stress in Cancer Disease: New Therapeutic Strategies [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2016/6475624>

- ✓ Moncada, L. M., & Gualdrón, L. (2006). *Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos*. 10.
- ✓ National Research Council. (1999). *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. <https://doi.org/10.17226/1398>
- ✓ NIDDK. (2008). El aparato digestivo y su funcionamiento | NIDDK. Recuperado 16 de septiembre de 2019, de National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases website: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/aparato-digestivo-funcionamiento>
- ✓ Noguera, M., Cerezo, A. B., Rentzsch, M., Winterhalter, P., Troncoso, A. M., & García-Parrilla, M. C. (2008). Simulated digestion and antioxidant activity of red wine fractions separated by high speed countercurrent chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 8879-8884. <https://doi.org/10.1021/jf8007376>
- ✓ Oldham, K. M., & Bowen, P. E. (1998). Oxidative Stress in Critical Care: Is Antioxidant Supplementation Beneficial? *Journal of the American Dietetic Association*, 98(9), 1001-1008. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00230-2](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00230-2)
- ✓ Ortega, O. R., Kliebenstein, D. J., Arbizu, C., Ortega, R., & Quiros, C. F. (2006). Glucosinolate survey of cultivated and feral mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Ruíz & Pavón in the Cuzco region of Peru. *Economic Botany*, 60(3), 254-264. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2006\)60\[254:GSOCAF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2006)60[254:GSOCAF]2.0.CO;2)
- ✓ Pintão, A. M., Pais, M. S., Coley, H., Kelland, L. R., & Judson, I. R. (1995). In vitro and in vivo antitumor activity of benzyl isothiocyanate: A natural product from *Tropaeolum majus*. *Planta Medica*, 61(3), 233-236.
- ✓ Price, M. L., Van Scoyoc, S., & Butler, L. G. (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(5), 1214-1218. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>
- ✓ Quispe, C., Mansilla, R., Chacón, A., & Blas, R. (2015). Análisis de la variabilidad morfológica del «Añu» *Tropaeolum tuberosum* Ruiz &

- Pavón procedente de nueve distritos de la región Cusco. *Ecología Aplicada*, 14(2), 211-222.
- ✓ Ramallo, R., Wathelet, J. P., Boulengé, E. L., Torres, E., Marlier, M., Ledent, J. F., ... Larondelle, Y. (2004). Glucosinolates in isafio (*Tropaeolum tuberosum*) tubers: Qualitative and quantitative content and changes after maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(.), 701-706. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1691>
 - ✓ Ramos, M. S. (2013). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en dos variedades de papas nativas (*solanum tuberosum*) pigmentadas con diferentes tipos de cocción. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1962>
 - ✓ Rapisarda, P., Fanella, F., & Maccarone, E. (2000). Reliability of analytical methods for determining anthocyanins in blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2249-2252. <https://doi.org/10.1021/jf991157h>
 - ✓ Roesler, R., Catharino, R. R., Malta, L. G., Eberlin, M. N., & Pastore, G. (2007). Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, 104(3), 1048-1054. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.017>
 - ✓ Soriano, R. A., Pavan, V., & Pastore, G. M. (2015). Effect of in vitro digestion on bioactive compounds and antioxidant activity of common bean seed coats. *Food Research International*, 76, 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.042>
 - ✓ Stoner, G. D., & Morse, M. A. (1997). Isothiocyanates and plant polyphenols as inhibitors of lung and esophageal cancer. *Cancer Letters*, 114(1-2), 113-119. [https://doi.org/10.1016/s0304-3835\(97\)04639-9](https://doi.org/10.1016/s0304-3835(97)04639-9)
 - ✓ Suárez, S., Ale, N., Trabucco, J., & Sanabria, O. (2014). Polifenoles, micronutrientes minerales y potencial antioxidante de papas nativas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(2), 108-114.
 - ✓ Sugie, S., Okamoto, K., Okumura, A., Tanaka, T., & Mori, H. (1994). Inhibitory effects of benzyl thiocyanate and benzyl isothiocyanate on methylazoxymethanol acetate-induced intestinal carcinogenesis in rats.

- Carcinogenesis*, 15(8), 1555-1560.
<https://doi.org/10.1093/carcin/15.8.1555>
- ✓ Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
 - ✓ Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., & Conte, A. (2010). In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2), 599-606.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.030>
 - ✓ Taipe Quispe, L. (2017). Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (*tropaeolum tuberosum*) en estado fresco, soleado y cocido de la variedades amarillo zapallo y negra. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1592>
 - ✓ Talcott, S. T., & Howard, L. R. (1999). Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 2109-2115.
<https://doi.org/10.1021/jf981134n>
 - ✓ Valenzuela, C. J., Gongora, N., Dueñas, M., Velázquez, L., Ramos, A., & Valenzuela, N. M. (2019). Effect of dry chloroformic and dichloromethane extracts of *Tropaeolum tuberosum* (Ruiz & Pavón) mashua on seminal parameters and acute toxicity. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 48(1), 94-111.
<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v48n1.80068>
 - ✓ Zargham, H., & Zargham, R. (2008). Tannin extracted from Sumac inhibits vascular smooth muscle cell migration. *McGill Journal of Medicine : MJM*, 11(2), 119-123.

ANEXOS

Anexo 01. Evaluación biométrica

Variedad	Peso			Altura			Diámetro		
	Peso	Promedio	Des. Est.	Altura	Promedio	Des. Est.	Diámetro	Promedio	Des. Est.
MASHUA - 1	52,76	58,0133	5,1024	80,70	80,1667	0,4726	42,30	40,3333	2,3029
	62,95			80,00			40,90		
	58,33			79,80			37,80		
MASHUA - 2	40,88	40,7233	3,7575	56,20	54,9000	7,8313	39,60	39,2333	3,1660
	36,89			46,50			42,20		
	44,40			62,00			35,90		
MASHUA - 3	29,14	26,9067	2,9519	39,70	40,9333	2,7647	37,50	37,8000	1,3748
	23,56			44,10			36,60		
	28,02			39,00			39,30		

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso (g)	Entre grupos	1457,469	2	728,735	44,738	0,000
	Dentro de grupos	97,733	6	16,289		
	Total	1555,202	8			
Altura (mm)	Entre grupos	2372,727	2	1186,363	51,434	0,000
	Dentro de grupos	138,393	6	23,066		
	Total	2511,120	8			
Diámetro (mm)	Entre grupos	9,682	2	4,841	0,844	0,476
	Dentro de grupos	34,433	6	5,739		
	Total	44,116	8			

Peso (g)

HSD Tukey^a

Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M3	3	26,9067		
M2	3		40,7233	
M1	3			58,0133
Sig.		1,000	1,000	1,000

Altura (mm)

HSD Tukey^a

Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M3	3	40,9333		
M2	3		54,9000	
M1	3			80,1667
Sig.		1,000	1,000	1,000

Diámetro (mm)

HSD Tukey^a

Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
M3	3	37,8000
M2	3	39,2333
M1	3	40,3333
Sig.		0,448

Color en las muestras de mashua negra crudos.

Fecha:		COLOR											
Muestras		L*			a*			b*			ΔE		
		L*	Prom.	Des. Est.	a*	Prom.	Des. Est.	b*	Prom.	Des. Est.	ΔE	Prom.	Des. Est.
MASHUA - 1	PULPA	21,8	23,5	2,1	4,5	6,8	2,4	-2,0	-0,8	1,0	5,0	7,4	2,7
		22,9			6,8			-0,3			6,8		
		25,9			9,2			-0,2			10,3		
MASHUA - 2	PULPA	23,1	26,4	5,5	6,7	7,1	2,6	-1,2	2,6	6,5	1,6	6,0	6,8
		23,3			4,7			-1,0			2,6		
		32,8			9,8			10,1			13,8		
MASHUA - 3	PULPA	30,1	26,8	4,5	6,9	7,0	0,9	3,6	0,9	2,4	6,5	4,8	1,6
		28,5			7,9			0,1			4,6		
		21,7			6,2			-0,9			3,4		

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
L_cáscara	Entre grupos	34,447	2	17,223	3,826	0,085
	Dentro de grupos	27,013	6	4,502		
	Total	61,460	8			
a_cáscara	Entre grupos	17,609	2	8,804	3,438	0,101
	Dentro de grupos	15,367	6	2,561		
	Total	32,976	8			
b_cáscara	Entre grupos	6,207	2	3,103	1,933	0,225
	Dentro de grupos	9,633	6	1,606		
	Total	15,840	8			
ΔE_cáscara	Entre grupos	4,016	2	2,008	1,628	0,272
	Dentro de grupos	7,400	6	1,233		
	Total	11,416	8			
L_pulpa	Entre grupos	18,807	2	9,403	0,512	0,623
	Dentro de grupos	110,253	6	18,376		
	Total	129,060	8			
a_pulpa	Entre grupos	0,087	2	0,043	0,010	0,990
	Dentro de grupos	25,713	6	4,286		
	Total	25,800	8			
b_pulpa	Entre grupos	18,029	2	9,014	0,558	0,599
	Dentro de grupos	96,860	6	16,143		
	Total	114,889	8			
ΔE_pulpa	Entre grupos	9,647	2	4,823	0,260	0,779
	Dentro de grupos	111,173	6	18,529		
	Total	120,820	8			

L_cáscara

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M3	3	26,7000
M1	3	26,7333
M2	3	30,8667
Sig.		0,115

a_cáscara

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M2	3	0,9000
M1	3	2,2333
M3	3	4,3000
Sig.		0,090

b_cáscara

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M2	3	1,2000
M3	3	2,2667
M1	3	3,2333
Sig.		0,202

ΔE_cáscara

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M2	3	3,8333
M3	3	3,8667
M1	3	5,2667
Sig.		0,323

ΔE_pulpa

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M3	3	4,8333
M2	3	6,0000
M1	3	7,3667
Sig.		0,761

L_pulpa			a_pulpa			b_pulpa		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
Variedades	N	alfa = 0.05	Variedades	N	alfa = 0.05	Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1			1			1
M1	3	23,5333	M1	3	6,8333	M1	3	-0,8333
M2	3	26,4000	M3	3	7,0000	M3	3	0,9333
M3	3	26,7667	M2	3	7,0667	M2	3	2,6333
Sig.		0,646	Sig.		0,990	Sig.		0,572

Anexo 02. Análisis de humedad, materia seca, ceniza, pH, sólidos solubles y acidez titulable en mashua negra

Fecha:	HUMEDAD								Muestra seca (%)		Ceniza						
Muestras	Wp	Wm	Wp+m	Wf	Humedad (%)	Promedio		Desviación estándar	Muestra seca (%)	DE	Wc	Wm	Wc+m	Wf	Ceniza (%)	Promedio	Desviación estándar
MASHUA - 1	37,7947	5,0380	38,5025	0,7078	85,9508	85,8144		0,8581	14,0492	0,1514	34,7848	5,0380	34,8182	0,0334	0,6630	0,6515	0,1294
	40,1453	5,0724	40,8635	0,7182	85,8410				14,1590		35,7389	5,0724	35,7782	0,0393	0,7748		
	38,1514	5,0904	38,8818	0,7304	85,6514				14,3486		37,2175	5,0904	37,2438	0,0263	0,5167		
MASHUA - 2	37,0199	5,0620	37,8030	0,7831	84,5298	85,5167		0,8552	15,4702	1,5785	40,5012	5,0620	40,5456	0,0444	0,8771	0,8544	0,0625
	34,3753	5,0532	35,1493	0,7740	84,6830				15,3170		21,1926	5,0532	21,2382	0,0456	0,9024		
	38,3994	5,0660	39,0409	0,6415	87,3371				12,6629		21,7282	5,0660	21,7679	0,0397	0,7837		
MASHUA - 3	34,5620	5,0635	35,2893	0,7273	85,6364	86,7473		0,8675	14,3636	0,9749	34,7848	5,0635	34,8308	0,0460	0,9085	0,9736	0,0833
	47,7708	5,0870	48,4087	0,6379	87,4602				12,5398		35,7379	5,0870	35,7922	0,0543	1,0674		
	39,5807	5,0052	40,2241	0,6434	87,1454				12,8546		37,2175	5,0052	37,2648	0,0473	0,9450		

Variedad	pH			°Brix			Acidez			VG
	pH	Promedio	Des. Est.	Brix	Promedio	Des. Est.	Acidez	Promedio	Des. Est.	
MASHUA - 1	5,9	5,9000	0,0000	8,0	8,3000	0,5196	0,057600	0,0555	0,0037	0,90
	5,9			8,9			0,051200			0,80
	5,9			8,0			0,057600			0,90
MASHUA - 2	6,0	6,0667	0,0577	9,2	9,6667	1,5535	0,070400	0,0619	0,0074	1,10
	6,1			11,4			0,057600			0,90
	6,1			8,4			0,057600			0,90
MASHUA - 3	5,9	5,9000	0,0000	8,9	8,5333	0,4041	0,064000	0,0683	0,0037	1,00
	5,9			8,1			0,070400			1,10
	5,9			8,6			0,070400			1,10

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad (%)	Entre grupos	2,474	2	1,237	1,071	0,400
	Dentro de grupos	6,930	6	1,155		
	Total	9,403	8			
Materia seca (%)	Entre grupos	2,474	2	1,237	1,071	0,400
	Dentro de grupos	6,930	6	1,155		
	Total	9,403	8			
Ceniza (%)	Entre grupos	0,159	2	0,080	8,653	0,017
	Dentro de grupos	0,055	6	0,009		
	Total	0,214	8			
pH	Entre grupos	0,056	2	0,028	25,000	0,001
	Dentro de grupos	0,007	6	0,001		
	Total	0,062	8			
Acidez titulables (g de ácido ascórbico/g de muestra)	Entre grupos	0,000	2	0,000	4,500	0,064
	Dentro de grupos	0,000	6	0,000		
	Total	0,000	8			
Sólidos_solubles	Entre grupos	3,207	2	1,603	1,690	0,262
	Dentro de grupos	5,693	6	0,949		
	Total	8,900	8			

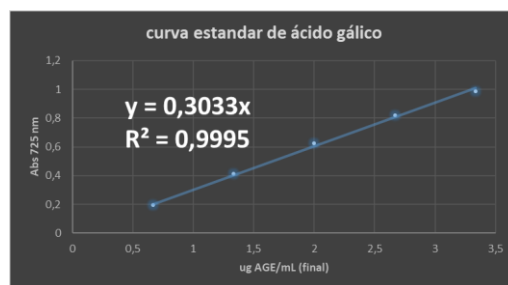
Humedad (%)			Materia seca (%)		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
Variedad	N	para alfa = 0.05	Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M2	3	85,5166	M3	3	13,2527
M1	3	85,8144	M1	3	14,1856
M3	3	86,7473	M2	3	14,4834
Sig.		0,397	Sig.		0,397

Ceniza (%)			pH		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05	Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M1	3	0,6515	M1	3	5,9000
M2	3	0,8544	M3	3	5,9000
M3	3	0,9736	M2	3	6,0667
Sig.		0,091	Sig.		1,000

Acidez titulables (g de ácido ascórbico/g)			Sólidos_solubles		
HSD Tukey ^a			HSD Tukey ^a		
Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05	Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M1	3	0,0554667	M1	3	8,3000
M2	3	0,0618667	M3	3	8,5333
M3	3	0,0682667	M2	3	9,6667
Sig.		0,054	Sig.		0,274

Anexo 3. Análisis de polifenoles en cáscara y pulpa de mashua negra crudos.

Muestra	Repetición	Absorbancia	mg AGE/g	mg AGE/g	Promedio	Desviación estandar
M1	Cáscara	1,1	0,911	4,235	4,098	0,118
		1,2	0,867	4,030		
		1,3	0,867	4,030		
	Pulpa	2,1	0,705	1,639	1,632	0,007
		2,2	0,703	1,634		
		2,3	0,699	1,625		
M2	Cáscara	3,1	0,775	3,529	3,559	0,027
		3,2	0,784	3,569		
		3,3	0,786	3,579		
	Pulpa	4,1	0,498	1,134	1,113	0,020
		4,2	0,480	1,093		
		4,3	0,489	1,113		
M3	Cáscara	5,1	0,824	4,100	4,130	0,079
		5,2	0,848	4,219		
		5,3	0,818	4,070		
	Pulpa	6,1	0,595	1,480	1,436	0,044
		6,2	0,577	1,435		
		6,3	0,560	1,393		



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Polifenoles totales (mg AGE/g)	Entre grupos	0,618	2	0,309	44,280	0,000
	Dentro de grupos	0,042	6	0,007		
	Total	0,659	8			
Polifenoles totales (mg AGE/g)	Entre grupos	0,412	2	0,206	261,775	0,000
	Dentro de grupos	0,005	6	0,001		
	Total	0,417	8			

Polifenoles totales cáscara (mg AGE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	3,5590	
M1	3		4,0983
M3	3		4,1297
Sig.		1,000	0,892

Polifenoles totales pulpa (mg AGE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	1,1133		
M3	3		1,4360	
M1	3			1,6327
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 4. Análisis de antocianinas en cáscara y pulpa de mashua negra crudos.

Muestra	Preparacion	Repeticion	Absorbancia		mg de cianidina-3-glucósido/100g	mg de cianidina-3-glucósido/100g	Promedio	Desviacion estandar	
			BUFFER PH 1	BUFFER PH 4.5					
M1	Cáscara	1,004	1,1	0,185	0,011	238,59387	238,59387	260,07646	18,617
		1,004	1,2	0,212	0,014	271,50337	271,50337		
		1,004	1,3	0,214	0,017	270,13214	270,13214		
	Pulpa	1,004	2,1	0,186	0,013	47,44453	47,44453	51,92388	3,882
		1,004	2,2	0,214	0,016	54,30067	54,30067		
		1,004	2,3	0,210	0,013	54,02643	54,02643		
M2	Cáscara	1,0013	3,1	0,120	0,019	136,01269	136,01269	146,33709	14,525
		1,0013	3,2	0,123	0,002	162,94590	162,94590		
		1,0013	3,3	0,124	0,020	140,05267	140,05267		
	Pulpa	1,0025	4,1	0,130	0,003	34,16423	34,16423	37,03366	2,485
		1,0025	4,2	0,148	0,005	38,46838	38,46838		
		1,0025	4,3	0,146	0,003	38,46838	38,46838		
M3	Cáscara	1,0035	5,1	0,160	0,005	227,61563	227,61563	219,78370	14,855
		1,0035	5,2	0,165	0,027	202,65134	202,65134		
		1,0035	5,3	0,161	0,005	229,08412	229,08412		
	Pulpa	1,0006	6,1	0,145	0,015	38,29134	38,29134	43,39686	5,010
		1,0006	6,2	0,167	0,019	43,59322	43,59322		
		1,0006	6,3	0,174	0,010	48,30600	48,30600		

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Antocianinas cáscara (mg de cianidina-3-glucósido/100g)	Entre grupos	19954,423	2	9977,211	38,461	0,000
	Dentro de grupos	1556,478	6	259,413		
	Total	21510,901	8			
Antocianinas pulpa (mg de cianidina-3-glucósido/100g)	Entre grupos	334,939	2	167,470	10,841	0,010
	Dentro de grupos	92,688	6	15,448		
	Total	427,627	8			

Antocianinas cáscara (mg de cianidina-3-glucósido/100g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	146,3373	
M3	3		219,7837
M1	3		260,0763
Sig.		1,000	0,050

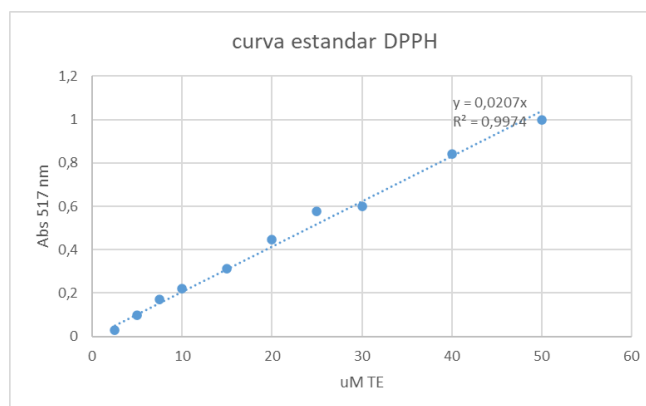
Antocianinas pulpa (mg de cianidina-3-glucósido/100g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	37,0333	
M3	3	43,3967	43,3967
M1	3		51,9240
Sig.		0,197	0,084

Anexo 5. Análisis de capacidad antioxidante DPPH, en cáscara y pulpa de mashua negra crudos

Muestra	Repeticion	Absorbancia	Absorbancia Final	ug TE/g	Promedio	Desviacion estandar	
M1	Cáscara	1,1	0,765	0,236	4023,32	3750,56	251,13
		1,2	0,784	0,217	3699,41		
		1,3	0,794	0,207	3528,93		
	Pulpa	2,1	0,704	0,297	2531,63		
		2,2	0,720	0,281	2395,24		
		2,3	0,721	0,280	2386,72		
M2	Cáscara	3,1	0,841	0,160	2671,60	2749,52	180,10
		3,2	0,844	0,157	2621,51		
		3,3	0,824	0,177	2955,46		
	Pulpa	4,1	0,783	0,218	1820,03		
		4,2	0,777	0,224	1870,12		
		4,3	0,776	0,225	1878,47		
M3	Cáscara	5,1	0,807	0,194	3540,13	3509,71	37,99
		5,2	0,811	0,190	3467,13		
		5,3	0,808	0,193	3521,88		
	Pulpa	6,1	0,787	0,214	1952,54		
		6,2	0,726	0,275	2509,11		
		6,3	0,726	0,275	2509,11		



ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
DPPH cáscara (ug TE/g)	Entre grupos	1637964,430	2	818982,215	25,344	0,001
	Dentro de grupos	193890,255	6	32315,043		
	Total	1831854,685	8			
DPPH pulpa (ug TE/g)	Entre grupos	569827,491	2	284913,745	7,710	0,022
	Dentro de grupos	221732,424	6	36955,404		
	Total	791559,915	8			

DPPH cáscara (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	2749,5220	
M3	3		3509,7127
M1	3		3750,5560
Sig.		1,000	0,301

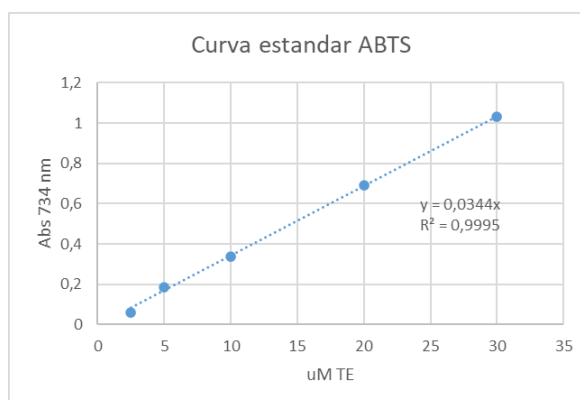
DPPH pulpa (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	1856,2057	
M3	3	2323,5880	2323,5880
M1	3		2437,8610
Sig.		0,056	0,757

Anexo 6. Análisis de capacidad antioxidante ABTS, en cáscara y pulpa de mashua negra crudos

Muestra		Repeticion	Absorbancia	Absorbancia final	ug TE/g	Promedio	Desviacion estandar
M1	Cáscara	1,1	0,470	0,494	5067,71	5228,43	143,74
		1,2	0,443	0,521	5344,69		
		1,3	0,450	0,514	5272,88		
	Pulpa	2,1	0,758	0,206	1056,63	1169,47	101,03
		2,2	0,730	0,234	1200,25		
		2,3	0,720	0,244	1251,54		
M2	Cáscara	3,1	0,719	0,245	2461,67	2990,84	458,28
		3,2	0,640	0,324	3255,43		
		3,3	0,640	0,324	3255,43		
	Pulpa	4,1	0,796	0,168	844,00	937,78	83,66
		4,2	0,772	0,192	964,57		
		4,3	0,764	0,200	1004,76		
M3	Cáscara	5,1	0,570	0,394	4326,38	4417,89	93,39
		5,2	0,562	0,402	4414,23		
		5,3	0,553	0,411	4513,06		
	Pulpa	6,1	0,741	0,223	1224,34	1334,15	107,17
		6,2	0,720	0,244	1339,64		
		6,3	0,702	0,262	1438,47		



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ABTS cáscara (ug TE/g)	Entre grupos	7700222,444	2	3850111,222	48,247	0,000
	Dentro de grupos	478804,978	6	79800,830		
	Total	8179027,422	8			
ABTS pulpa (ug TE/g)	Entre grupos	237913,541	2	118956,771	12,438	0,007
	Dentro de grupos	57384,659	6	9564,110		
	Total	295298,200	8			

ABTS cáscara (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	2990,8427		
M3	3		4417,8903	
M1	3			5228,4277
Sig.		1,000	1,000	1,000

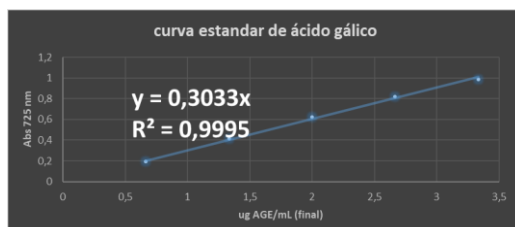
ABTS pulpa (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	937,7780	
M1	3	1169,4717	1169,4717
M3	3		1334,1517
Sig.		0,061	0,178

Anexo 7. Análisis de polifenoles en cáscara y pulpa de mashua negra sometidos a cocción.

Tratamiento	Variable	Muestra	Absorbancia	mg AGE/g	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
M1	Cáscara	5,1	0,955	3,974	4,045	-0,054	0,062
		5,2	0,983	4,090			
		5,3	0,978	4,070			
	Pulpa	6,1	0,764	1,590	1,589	-0,044	0,003
		6,2	0,765	1,592			
		6,3	0,762	1,585			
M2	Cáscara	5,1	0,997	2,945	2,953	-0,606	0,014
		5,2	1,005	2,968			
		5,3	0,997	2,945			
	Pulpa	6,1	0,515	0,761	0,757	-0,356	0,013
		6,2	0,503	0,743			
		6,3	0,52	0,768			
M3	Cáscara	5,1	0,956	3,356	3,385	-0,745	0,037
		5,2	0,961	3,373			
		5,3	0,976	3,426			
	Pulpa	6,1	0,656	1,151	1,153	-0,283	0,003
		6,2	0,659	1,157			
		6,3	0,656	1,151			



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Polifenoles_Cáscara	Entre grupos	1,815	2	0,907	508,305	0,000
	Dentro de grupos	0,011	6	0,002		
	Total	1,825	8			
Polifenoles_Pulpa	Entre grupos	1,038	2	0,519	8140,120	0,000
	Dentro de grupos	0,000	6	0,000		
	Total	1,039	8			

Polifenoles_Cáscara

HSD Tukey^a

		Subconjunto para alfa = 0.05		
Muestras_Mashua	N	1	2	3
M2	3	2,952667		
M3	3		3,385000	
M1	3			4,044667
Sig.		1,000	1,000	1,000

Polifenoles_Pulpa

HSD Tukey^a

		Subconjunto para alfa = 0.05		
Muestras_Mashua	N	1	2	3
M2	3	0,757333		
M3	3		1,153000	
M1	3			1,589000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 8. Análisis de antocianinas en cáscara y pulpa de mashua negra sometidos a cocción.

Tratamiento	Variable	1/10ml		Absorbancia		mg de cianidina-3-glucósido/100g)	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
		Peso muestra	Muestra	BUFFER PH 1	BUFFER PH 4.5				
		M1	Cáscara	1,002	5,1				
		1,002	5,2	0,137	0,015	150,05004			
		1,002	5,3	0,136	0,019	143,90044			
	Pulpa	1,0014	6,1	0,145	0,016	31,75091	35,525	-16,399	3,268
		1,0014	6,2	0,169	0,017	37,41192			
		1,0014	6,3	0,168	0,016	37,41192			
M2	Cáscara	1,0031	5,1	0,151	0,045	92,43442	107,84016	-38,497	13,349
		1,0031	5,2	0,179	0,047	115,10701			
		1,0031	5,3	0,184	0,051	115,97904			
	Pulpa	1,0019	6,1	0,094	0,026	11,87371	14,31830	-22,715	2,181
		1,0019	6,2	0,109	0,023	15,01676			
		1,0019	6,3	0,117	0,025	16,06444			
M3	Cáscara	1,0013	5,1	0,110	0,035	77,87184	101,06034	-118,723	20,249
		1,0013	5,2	0,124	0,018	110,05887			
		1,0013	5,3	0,129	0,018	115,25032			
	Pulpa	1,0001	6,1	0,154	0,015	28,89913	28,34471	-15,052	0,635
		1,0001	6,2	0,147	0,014	27,65168			
		1,0001	6,3	0,150	0,013	28,48331			

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Antocianinas_Cáscara	Entre grupos	2990,508	2	1495,254	6,867	0,028
	Dentro de grupos	1306,511	6	217,752		
	Total	4297,019	8			
Antocianinas_pulpa	Entre grupos	698,018	2	349,009	66,098	0,000
	Dentro de grupos	31,681	6	5,280		
	Total	729,699	8			

Antocianinas_Cáscara

HSD Tukey^a

		Subconjunto para alfa = 0.05	
Muestras_Mashua	N	1	2
M3	3	101,06033	
M2	3	107,84000	107,84000
M1	3		142,67033
Sig.		0,844	0,062

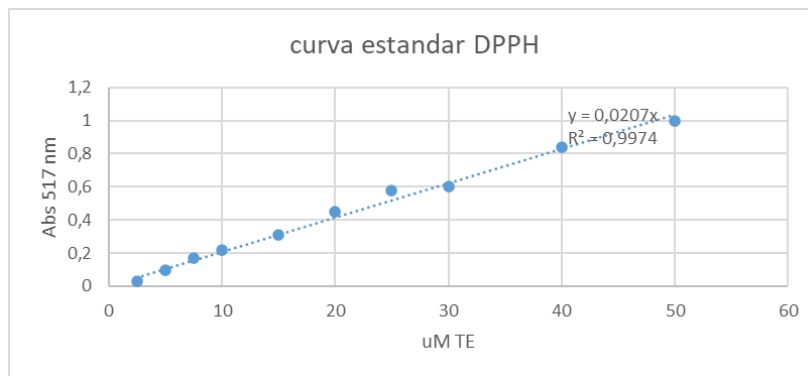
Antocianinas_pulpa

HSD Tukey^a

		Subconjunto para alfa = 0.05		
Muestras_Mashua	N	1	2	3
M2	3	14,31833		
M3	3		28,34467	
M1	3			35,52500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 9. Análisis de capacidad antioxidante DPPH, en cáscara y pulpa de mashua negra sometidos a cocción

Tratamiento	Variable	Muestra	DPPH (A)	Absorbancia final	ug TE/g	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
M1	Cáscara	5,1	0,695	0,238	3632,04	3632,04	-118,520	15,261
		5,2	0,694	0,239	3647,30			
		5,3	0,696	0,237	3616,78			
	Pulpa	6,1	0,743	0,190	1449,76	1302,24	-1135,619	141,590
		6,2	0,764	0,169	1289,53			
		6,3	0,780	0,153	1167,44			
M2	Cáscara	5,1	0,632	0,301	3260,38	3180,94	431,422	166,519
		5,2	0,629	0,304	3292,87			
		5,3	0,657	0,276	2989,58			
	Pulpa	6,1	0,799	0,134	725,73	709,48	-1146,722	14,329
		6,2	0,803	0,130	704,07			
		6,3	0,804	0,129	698,65			
M3	Cáscara	5,1	0,724	0,209	2690,66	2561,92	-947,792	151,782
		5,2	0,731	0,202	2600,54			
		5,3	0,747	0,186	2394,56			
	Pulpa	6,1	0,752	0,181	1165,09	1049,23	-1274,359	122,810
		6,2	0,790	0,143	920,49			
		6,3	0,768	0,165	1062,10			



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DPPH_Cáscara	Entre grupos	1731820,370	2	865910,185	50,937	0,000
	Dentro de grupos	101998,728	6	16999,788		
	Total	1833819,098	8			
DPPH_Pulpa	Entre grupos	530804,854	2	265402,427	22,533	0,002
	Dentro de grupos	70670,772	6	11778,462		
	Total	601475,626	8			

DPPH_Cáscara

HSD Tukey^a

Muestras_Mashu	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M3	3	2561,9210		
M2	3		3180,9433	
M1	3			3632,0363
Sig.		1,000	1,000	1,000

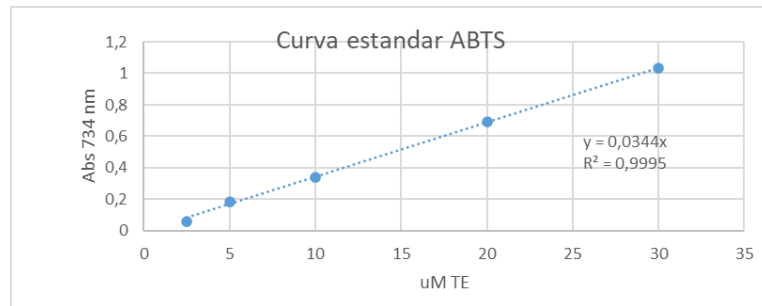
DPPH_Pulpa

HSD Tukey^a

Muestras_Mashua	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	709,4840	
M3	3		1049,2290
M1	3		1302,2423
Sig.		1,000	0,065

Anexo 10. Análisis de capacidad antioxidante ABTS, en cáscara y pulpa de mashua negra sometidos a cocción

Tratamiento	Variable	Muestra	ABTS (B)	absorbancia final	ug TE/g	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
T4 = 29min, 95°C	Cáscara	5,1	0,535	0,476	4371,11	4129,29	-1099,134	209,472
		5,2	0,574	0,437	4012,98			
		5,3	0,575	0,436	4003,79			
	Pulpa	6,1	0,574	0,437	2006,49	1954,45	784,979	47,124
		6,2	0,588	0,423	1942,21			
		6,3	0,594	0,417	1914,66			
T4 = 29min, 95°C	Cáscara	5,1	0,503	0,508	3311,14	3641,38	650,537	288,662
		5,2	0,433	0,578	3767,39			
		5,3	0,421	0,590	3845,61			
	Pulpa	6,1	0,800	0,211	687,65	685,47	-252,304	1,882
		6,2	0,801	0,210	684,39			
		6,3	0,801	0,210	684,39			
T4 = 29min, 95°C	Cáscara	5,1	0,525	0,486	3764,96	3767,55	-650,344	50,404
		5,2	0,531	0,480	3718,48			
		5,3	0,518	0,493	3819,19			
	Pulpa	6,1	0,752	0,259	1003,22	932,20	-401,949	94,430
		6,2	0,761	0,250	968,35			
		6,3	0,798	0,213	825,04			



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ABTS_Cáscara	Entre grupos	384839,799	2	192419,899	4,449	0,065
	Dentro de grupos	259489,142	6	43248,190		
	Total	644328,941	8			
ABTS_Pulpa	Entre grupos	2716167,789	2	1358083,895	365,691	0,000
	Dentro de grupos	22282,479	6	3713,746		
	Total	2738450,268	8			

ABTS_Cáscara

HSD Tukey^a

Muestras_Mashua	N	Subconjunto para alfa = 0.05
M2	3	3641,3797
M3	3	3767,5463
M1	3	4129,2940
Sig.		0,064

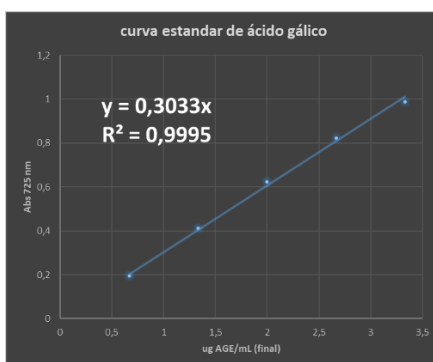
ABTS_Pulpa

HSD Tukey^a

Muestras_Mashua	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	685,4743		
M3	3		932,2030	
M1	3			1954,4510
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 11. Análisis de polifenoles en la digestión *invitro* en cáscara y pulpa de mashua negra

Muestra		Repeticion	Absorbancia	mg AGE/g	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
M1	Cáscara	3,1	0,636	2,694	2,725	-1,404	0,0298
		3,2	0,644	2,728		-1,370	
		3,3	0,65	2,753		-1,345	
	Pulpa	4,1	0,502	0,532	0,522	-1,101	0,0338
		4,2	0,520	0,551		-1,082	
		4,3	0,458	0,485		-1,147	
M2	Cáscara	3,1	0,682	2,853	2,799	-0,706	0,0524
		3,2	0,668	2,795		-0,764	
		3,3	0,657	2,749		-0,810	
	Pulpa	4,1	-0,099	0,000	0,000	-1,113	0,0000
		4,2	-0,071	0,000		-1,113	
		4,3	-0,122	0,000		-1,113	
M2	Cáscara	3,1	0,862	3,741	3,903	-0,389	0,1427
		3,2	0,924	4,010		-0,120	
		3,3	0,912	3,958		-0,172	
	Pulpa	4,1	0,120	0,130	0,185	-1,306	0,0473
		4,2	0,197	0,214		-1,223	
		4,3	0,194	0,210		-1,226	



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Polifenoles totales cáscara (mg AGE/g)	Entre grupos	3,058	2	1,529	182,634	0,000
	Dentro de grupos	0,050	6	0,008		
	Total	3,108	8			
Polifenoles totales pulpa (mg AGE/g)	Entre grupos	1,033	2	0,517	316,726	0,000
	Dentro de grupos	0,010	6	0,002		
	Total	1,043	8			

Polifenoles totales cáscara (mg AGE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	2,7990		
M3	3		3,9030	
M1	3			4,1350
Sig.		1,000	1,000	1,000

Polifenoles totales pulpa (mg AGE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	0,0000		
M3	3		0,1847	
M1	3			0,7930
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 12. Análisis de antocianinas en la digestión *invitro* en cáscara y pulpa de mashua negra

Muestra	Peso de la muestra	Repetición	Absorbancia		mg de cianidina-3-glucósido/100g	Promedio	Variación	Desviación estándar	
			BUFFER PH 1	BUFFER PH 4.5					
			1/10ml						
M1	Cáscara	1,0011	3,1	0,306	0,076	57,64691	-202,430	1,611	
		1,0011	3,2	0,308	0,076	58,14819	-201,928		
		1,0011	3,3	0,319	0,077	60,65458	-199,422		
	Pulpa	1,0002	4,1	0,193	0,044	18,68939	-33,234		0,691
		1,0002	4,2	0,205	0,050	19,44198	-32,482		
		1,0002	4,3	0,189	0,045	18,06223	-33,862		
M2	Cáscara	1,0037	3,1	0,368	0,088	69,12930	-77,208	3,500	
		1,0037	3,2	0,373	0,087	70,61065	-75,726		
		1,0037	3,3	0,390	0,083	75,79535	-70,542		
	Pulpa	1,0012	4,1	0,071	0,017	6,68269	-30,351		0,435
		1,0012	4,2	0,065	0,018	5,81641	-31,217		
		1,0012	4,3	0,069	0,018	6,31142	-30,722		
M3	Cáscara	1,0015	3,1	0,741	0,216	134,74605	-85,038	6,555	
		1,0015	3,2	0,753	0,205	140,64921	-79,134		
		1,0015	3,3	0,777	0,201	147,83567	-71,948		
	Pulpa	1,0032	4,1	0,172	0,053	15,24534	-28,152		2,810
		1,0032	4,2	0,171	0,081	11,53009	-31,867		
		1,0032	4,3	0,175	0,042	17,03891	-26,358		

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Antocianina cáscara (mg de cianidina-3-glucósido/100g)	Entre grupos	7782,271	2	3891,136	190,726	0,000
	Dentro de grupos	122,410	6	20,402		
	Total	7904,681	8			
Antocianina pulpa (mg de cianidina-3-glucósido/100g)	Entre grupos	751,120	2	375,560	122,689	0,000
	Dentro de grupos	18,366	6	3,061		
	Total	769,487	8			

Antocianina cáscara (mg de cianidina-3-glucósido/100g)

Antocianina pulpa (mg de cianidina-3-glucósido/100g)

HSD Tukey^a

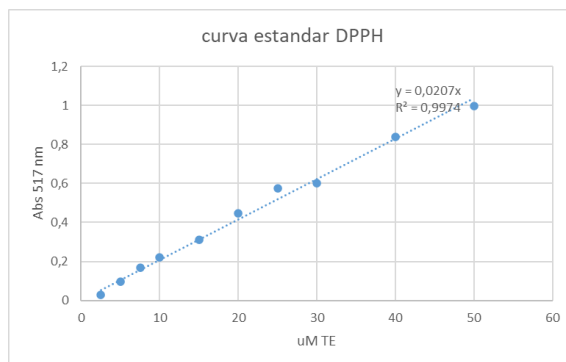
Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	71,8450		
M1	3		89,2467	
M3	3			141,0770
Sig.		1,000	1,000	1,000

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	6,2700		
M3	3		14,6047	
M1	3			28,4223
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 13. Análisis de la capacidad antioxidante DPPH en la digestión *invitro* en cáscara y pulpa de mashua negra

Muestra	Repetición	Absorbancia	Absorbancia final	ug TE/g	Promedio	Variación	Desviación estándar	
M1	Cáscara	3,1	0,682	0,271	4210,12	459,561	344,7105	
		3,2	0,713	0,240	3728,52	-22,039		
		3,3	0,725	0,228	3542,09	-208,465		
	Pulpa	4,1	0,777	0,176	683,56	-1754,300		46,0093
		4,2	0,756	0,197	765,12	-1672,739		
		4,3	0,757	0,196	761,24	-1676,622		
M2	Cáscara	3,1	0,652	0,301	4618,21	1868,689	490,9726	
		3,2	0,620	0,333	5109,18	2359,662		
		3,3	0,684	0,269	4127,24	1377,717		
	Pulpa	4,1	0,890	0,063	241,65	-1614,555		79,8162
		4,2	0,853	0,100	383,57	-1472,633		
		4,3	0,888	0,065	249,32	-1606,884		
M2	Cáscara	3,1	0,450	0,503	8005,25	4495,538	453,6011	
		3,2	0,479	0,474	7543,72	4034,002		
		3,3	0,507	0,446	7098,09	3588,382		
	Pulpa	4,1	0,792	0,161	640,58	-1683,009		10,5268
		4,2	0,787	0,166	660,47	-1663,115		
		4,3	0,788	0,165	656,49	-1667,094		



ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DPPH cáscara (ug TE/g)	Entre grupos	13037661,689	2	6518830,844	27,147	0,001
	Dentro de grupos	1440787,489	6	240131,248		
	Total	14478449,177	8			
DPPH pulpa (ug TE/g)	Entre grupos	1029451,197	2	514725,598	135,987	0,000
	Dentro de grupos	22710,593	6	3785,099		
	Total	1052161,790	8			

DPPH cáscara (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	4618,2113	
M1	3	5806,8463	
M3	3		7549,0200
Sig.		0,056	1,000

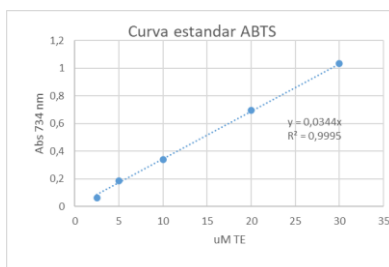
DPPH pulpa (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M2	3	291,5150		
M3	3		652,5153	
M1	3			736,64
Sig.		1,000	1,000	1,000

Anexo 14. Análisis de la capacidad antioxidante ABTS en la digestión *invitro* en cáscara y pulpa de mashua negra

Muestra	Repeticion	Absorbancia	Absorbancia final	ug TE/g	Promedio	Variacion	Desviacion estandar
M1	Cáscara	3,1	0,492	0,546	5104,22	4826,89	-124,207
		3,2	0,553	0,485	4533,97		-694,459
		3,3	0,520	0,518	4842,47		-385,962
	Pulpa	4,1	0,352	0,686	1603,25	1678,82	433,777
		4,2	0,319	0,719	1680,37		510,901
		4,3	0,288	0,750	1752,82		583,351
M2	Cáscara	3,1	0,647	0,391	3609,91	3252,92	619,064
		3,2	0,725	0,313	2889,77		-101,071
		3,3	0,685	0,353	3259,07		268,229
	Pulpa	4,1	0,431	0,607	1401,03	1430,27	463,253
		4,2	0,437	0,601	1387,18		449,405
		4,3	0,387	0,651	1502,59		564,811
M2	Cáscara	3,1	0,133	0,905	8666,97	8293,48	4249,082
		3,2	0,162	0,876	8389,25		3971,356
		3,3	0,221	0,817	7824,22		3406,327
	Pulpa	4,1	0,359	0,679	1625,66	1616,08	291,504
		4,2	0,378	0,660	1580,17		246,015
		4,3	0,352	0,686	1642,42		308,264



ANOVA

		cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ABTS cáscara (ug TE/g)	Entre grupos	42922000,909	2	21461000,455	128,326	0,000
	Dentro de grupos	1003426,657	6	167237,776		
	Total	43925427,566	8			
ABTS pulpa (ug TE/g)	Entre grupos	2149819,276	2	1074909,638	180,252	0,000
	Dentro de grupos	35780,239	6	5963,373		
	Total	2185599,515	8			

ABTS cáscara (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	3252,91700	
M1	3		7324,18333
M3	3		8293,47833
Sig.		1,000	0,061

ABTS pulpa (ug TE/g)

HSD Tukey^a

Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	3	1430,26800	
M3	3	1616,07900	
M1	3		2547,38800
Sig.		0,058	1,000

Panel Fotográfico

1. Recepción de la materia prima



Figura 21: Muestras de mashua negra.

2. Medición de las características físicas de las tres variedades de la mashua



Figura 22: Pesado de las muestras



Figura 23: Análisis biométrico



Figura 24: Medición del color

3. Análisis fisicoquímicos de las tres variedades de la mashua en crudo y cocido (21, 25, 29, 33 y 37 min)



Figura 25: Medición del pH



Figura 26: Medición de la acidez



Figura 27: Medición de los °Brix

4. Análisis proximal de las tres variedades de la mashua en crudo y cocido (21, 25, 29, 33 y 37 min)



Figura 28: Determinación de humedad



Figura 29: Pesado de muestras

Figura 30: Determinación de cenizas

5. Determinación de los compuestos bioactivos de las tres variedades de la mashua (pulpa y cáscara) en crudo

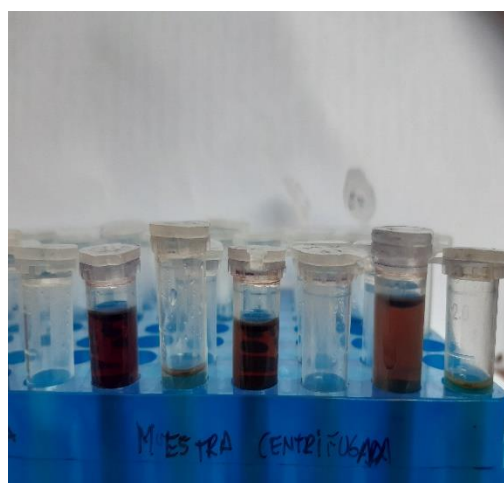
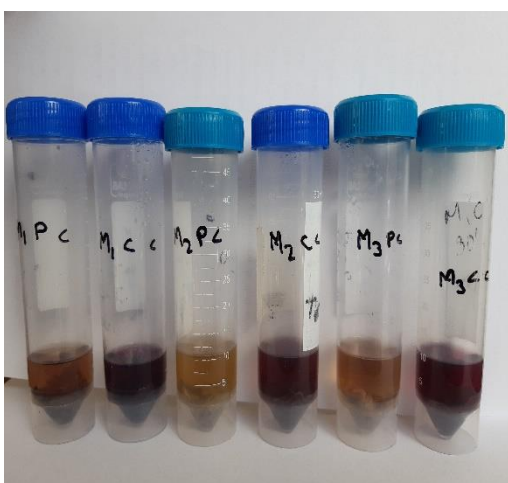


Figura 31: Extracción de los compuestos

Figura 32: Muestra centrifugada



Figura 33: Antocianinas



Figura 34: Polifenoles

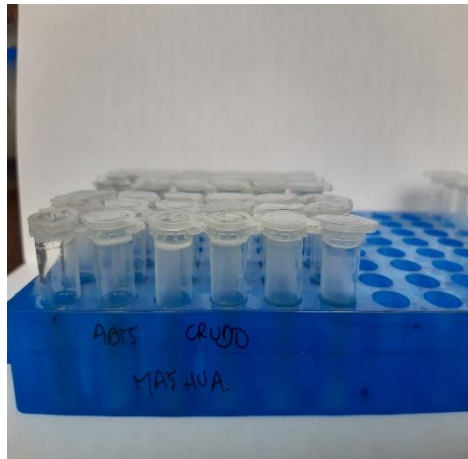


Figura 35: ABTS

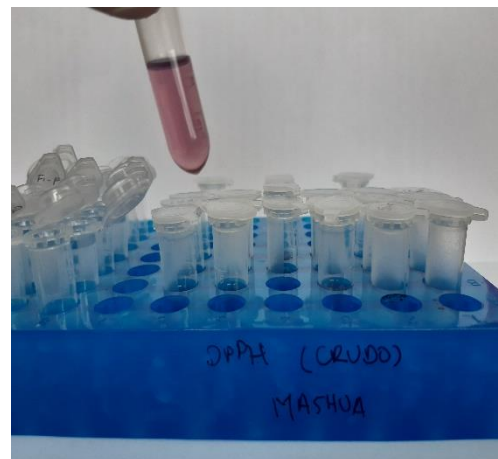


Figura 36: DPPH

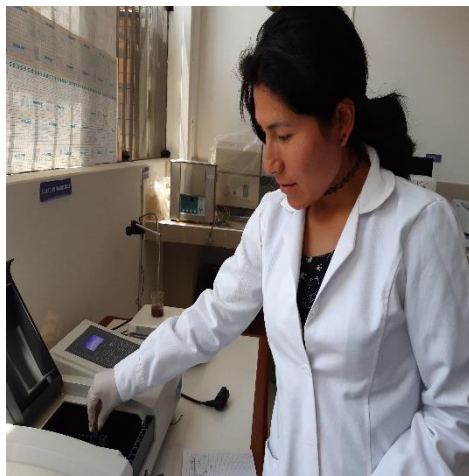


Figura 37: Lecturas

6. Determinación de los compuestos bioactivos de las tres variedades de la mashua (pulpa y cáscara) en cocido (21, 25, 29, 33 y 37 min)



Figura 38: Cocción de las muestras

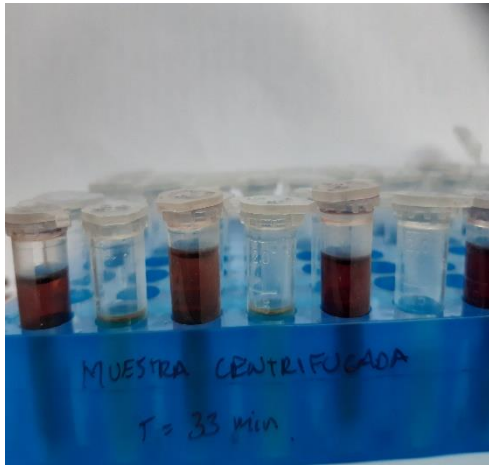


Figura 40: Muestra centrifugada

Figura 39: Muestras cocidas

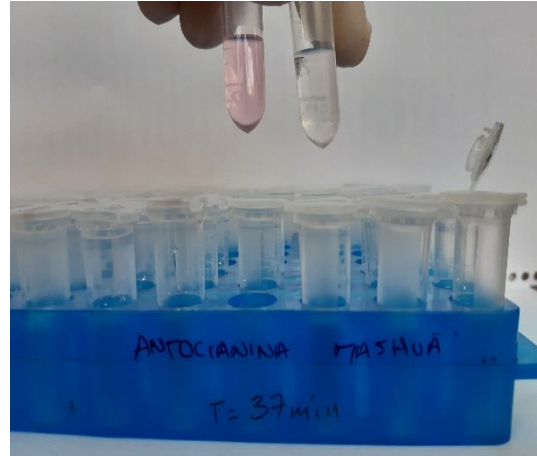


Figura 41: Antocianinas

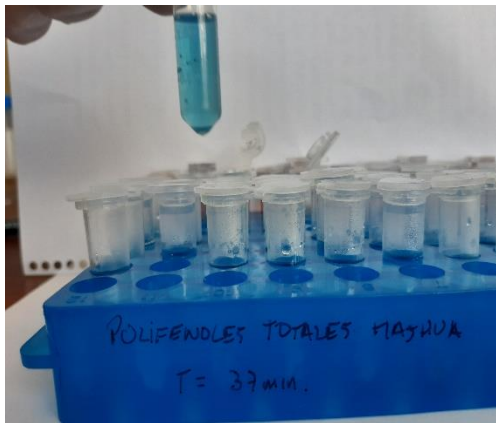


Figura 42: Polifenoles

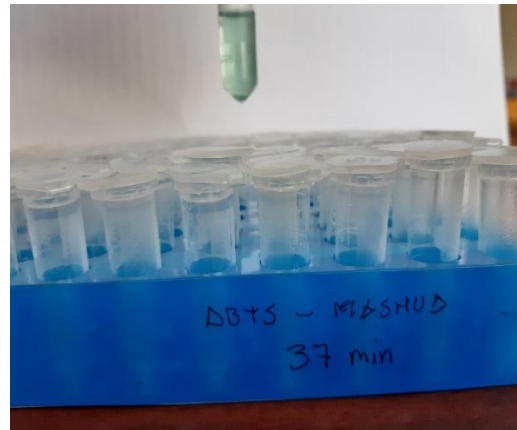


Figura 43: ABTS

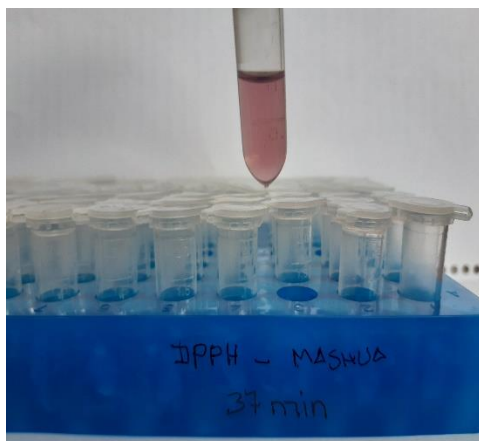


Figura 44: DPPH

7. Digestión in vitro en las tres variedades de la mashua (pulpa y cáscara) en crudo

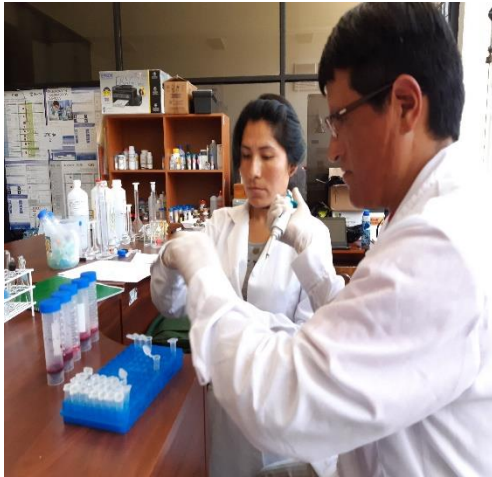


Figura 45: Extracción de los compuestos muestras



Figura 46: Baño maría a las

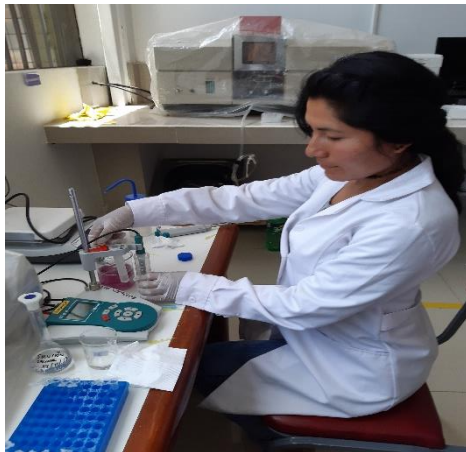


Figura 47: Regulando el pH a 2 y 6.9

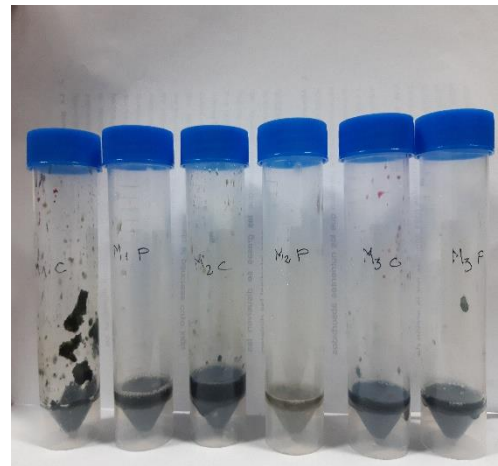


Figura 48: Preparación de las muestras



Figura 49: Muestra centrifugada



Figura 50: Antocianinas

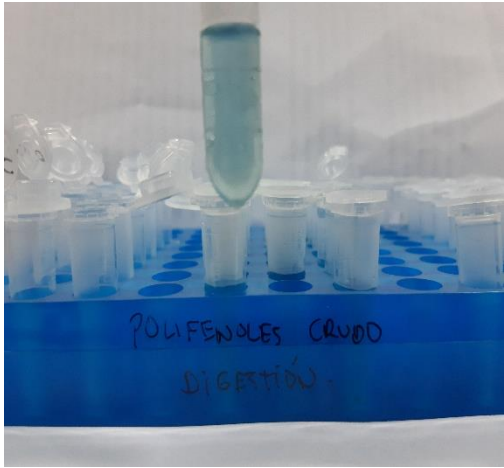


Figura 51: Polifenoles

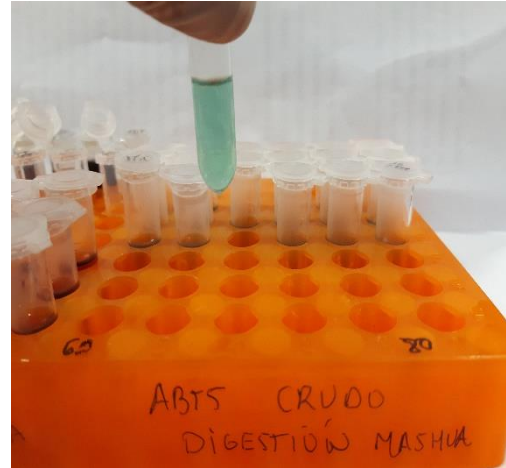


Figura 52: ABTS



Figura 53: DPPH

8. Digestión in vitro en las tres variedades de la mashua (pulpa y cáscara) en cocido (21, 25, 29, 33 y 37 min)



Figura 54: Cocción de las muestras



Figura 55: Muestras cocidas

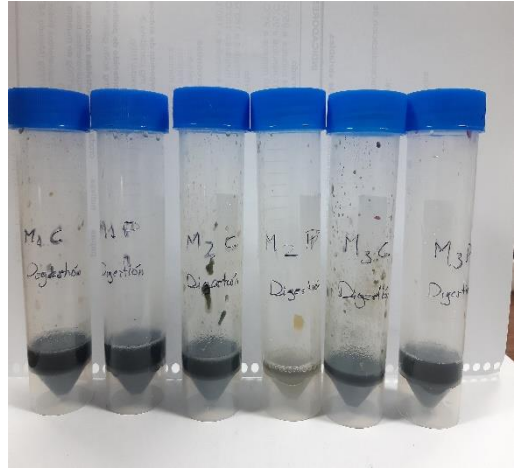


Figura 56: Digestión gástrica

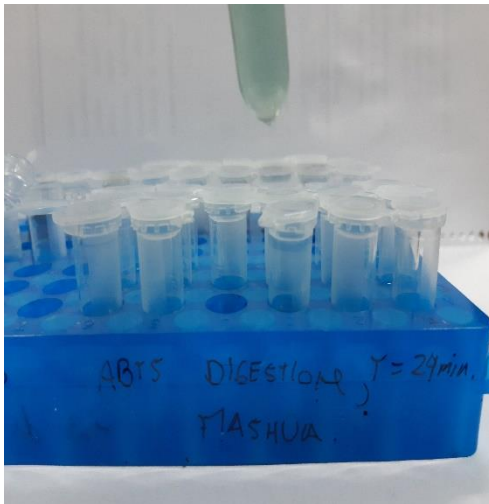


Figura 57: Preparación de las muestras

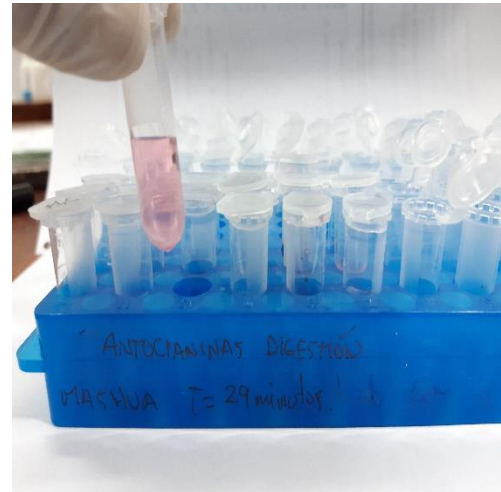


Figura 58: ABTS

Figura 59: Antocianinas

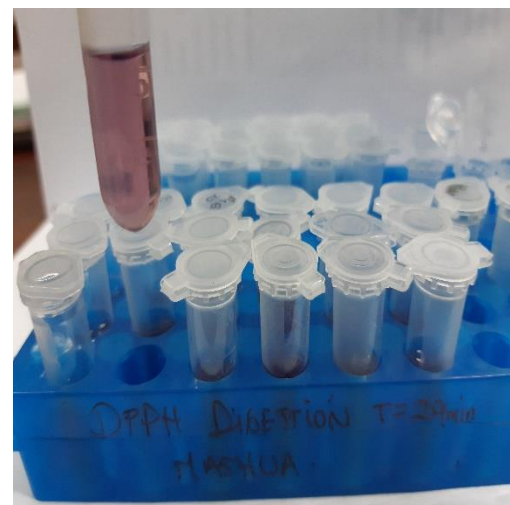
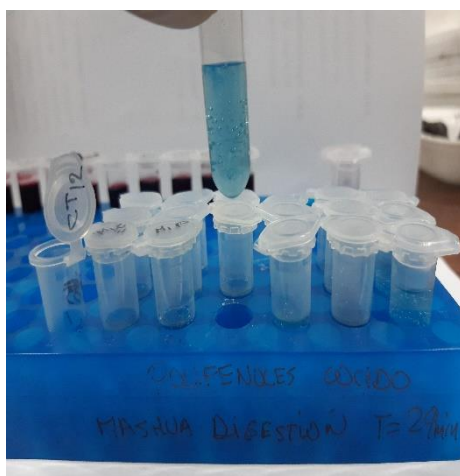


Figura 60: Polifenoles

Figura 61: DPPH



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUANUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los 09 días del mes de diciembre del año 2021, siendo las 16 horas de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias y a la directiva de sustentación virtual de tesis, aprobada con Resolución Consejo Universitario N°0970-2020-UNHEVAL, del 29.MAY.2020, se reunieron en la plataforma virtual Cisco Webex de la UNHEVAL los miembros integrantes del Jurado de tesis designados con **Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D**, del 03 de Diciembre de.2021, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada: **“EFECTO DE LA COCCIÓN Y DIGESTIÓN INVITRO, EN LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*)”**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **DAVID ALFREDO FIGUEROA REYNOSO**, bajo el asesoramiento del **DR. ANGEL DAVID NATIVIDAD BARDALES**.

El Jurado de tesis está integrado por los siguientes docentes:

Dr. Rubén Max Rojas Portal	Presidente
Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio	Secretario
Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio	Vocal
Mg. Roger Estacio Laguna	Accesitario

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO Por UNANIMIDAD con el cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO, quedando el sustentante APTO para que se le expida el TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 18 horas.

Huánuco, 09 de diciembre del 2021

Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

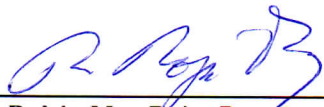
Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
Secretario del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio
Vocal del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

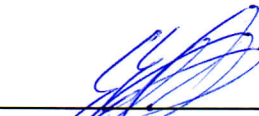
- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNO



Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D



Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
Secretario del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D



Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio
Vocal del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

Huánuco, 09 de diciembre del 2021

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 20__

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

VOCAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUANUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los 09 días del mes de diciembre del año 2021, siendo las 16 horas de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias y a la directiva de sustentación virtual de tesis, aprobada con Resolución Consejo Universitario N°0970-2020-UNHEVAL, del 29.MAY.2020, se reunieron en la plataforma virtual Cisco Webex de la UNHEVAL los miembros integrantes del Jurado de tesis designados con **Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D**, del 03 de Diciembre de.2021, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada: **“EFECTO DE LA COCCIÓN Y DIGESTIÓN INVITRO, EN LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*)”**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **BANESA CALIXTO NAUPAY**, bajo el asesoramiento del **DR. ANGEL DAVID NATIVIDAD BARDALES**.


El Jurado de tesis está integrado por los siguientes docentes:

Dr. Rubén Max Rojas Portal	Presidente
Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio	Secretario
Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio	Vocal
Mg. Roger Estacio Laguna	Accesitario


Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO Por UNANIMIDAD con el cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO, quedando la sustentante APTO para que se le expida el TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 18 horas.


Huánuco, 09 de diciembre del 2021



Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D



Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
Secretario del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

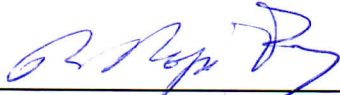


Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio
Vocal del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNO



Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D



Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio
Secretario del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D



Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio
Vocal del Jurado de Tesis
Resolución N° 347 -2021-UNHEVAL/FCA-D

Huánuco, 09 de diciembre del 2021

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 20__

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

VOCAL

CONSTANCIA DE EXCLUSIVIDAD N° 59 – 2021 - UNHEVAL-FCA

CONSTANCIA DE EXCLUSIVIDAD DE TÍTULO DE PROYECTO DE TESIS

LA DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Hace constar que el Título:

**"EFECTO DE LA COCCIÓN Y DIGESTIÓN INVITRO, EN LAS
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA
NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*)"**

Presentado por: (el), (la) alumno (a); de la Facultad de Ciencias Agrarias,
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.

DAVID ALFREDO FIGUEROA REYNOSO y BANESA CALIXTO NAUPAY.


Tiene la exclusividad del Título por lo que se emite la Constancia para los fines
que corresponde.

Cayhuayna, 23 de noviembre 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CONSTANCIA N°

Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
DE LA F.C.A.

59

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: FIGUEROA REYNOSO, DAVID ALFREDO
 DNI: 22759388 Correo electrónico: davidfigrey@gmail.com

Teléfonos: Casa _____ Celular 921293471 Oficina _____

Apellidos y Nombres: CALIXTO NAUPAY, BANCESA
 DNI: 44803253 Correo electrónico: vania7087@gmail.com

Teléfonos: Casa _____ Celular 977400828 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS


Pregrado	
Facultad de:	<u>CIENCIAS AGRARIAS</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA AGROINDUSTRIAL</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Título de la tesis:

"EFECTO DE LA COCCIÓN Y DIGESTIÓN INVITRIO, EN

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES		
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN	RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
	OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES EN CÁSCARA Y PULPA DE MASHUA NEGRA (TROPAEOLUM TUBEROSUM).

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- () 1 año
- () 2 años
- () 3 años
- () 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma:

Firma del autor y/o autores:

