

# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

## Facultad de Ciencias de la Salud

### Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica



## TESIS

**Título** : **EXTRACCION DE ANTOCIANINAS DE Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón “MASHUA” POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**

**Para Optar el** : **Título Profesional de Químico Farmacéutico**

**Autoras** : **Daniela Sthefany Carrera Huaman  
Rocio del Pilar Torres Castro**

**Asesor** : **Mg. Ivo Antony Fiorovich Arcos**

**Línea de Investigación Institucional** : **Salud y Gestión de la Salud**

**Fecha de Inicio y Término** : **Del 07 de diciembre de 2022 – 08 de diciembre de 2023**

**Huancayo – Perú - 2024**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Carlos Carrera por su amor, apoyo incondicional y lucha constante, a Valentina, mi hermana, por ser el motor que me impulsa cada día a mejorar como persona y profesional y a Rosana por su dedicación y fortaleza.

*Carrera Huaman, Daniela Sthefany*

## **DEDICATORIA**

A Dios por regalarme un día más de vida, salud y fuerzas para seguir luchando, a mis padres Luis y Miriam por regalarme los mejores años de sus vidas siendo ello mi motor. A mi hermana Milagros por ser mi motivo de mejora continua.

*Torres Castro Rocío Del Pilar*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por guiarnos por el camino correcto e iluminarnos en cada día.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes por haber impartido sus conocimientos y llevarnos hasta donde estamos hoy en día.

A nuestros padres quienes siempre nos han apoyado incondicionalmente para lograr todas nuestras metas personales y académicas.

A nuestro asesor Mg. Ivo Antony Fiorovich Arcos, por su dedicación y paciencia, sin sus amables palabras y precisas correcciones no hubiera llegado a esta tan esperada.

Un agradecimiento especial a la FAIIA-UNCP, por brindarnos sus establecimientos de investigación.

*Las autoras*

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 00318-FCS -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis** Titulada:

**EXTRACCION DE ANTOCIANINAS DE Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón "MASHUA" POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**

Con la siguiente información:

Con autor(es) : **BACH. CARRERA HUAMAN DANIELA STEHFANY  
BACH. TORRES CASTRO ROCIO DEL PILAR**

Facultad : **CIENCIAS DE LA SALUD**

Escuela profesional : **FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

Asesor (a) : **MG. IVO ANTONY FIOROVICH ARCOS**

Fue analizado con fecha **28/08/2024** con **81 pág.**; en el Software de Prevención de Plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

**Excluye Citas.**

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

Otro criterio (especificar)

X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de **21** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N° 15 del Reglamento de Uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 28 de agosto de 2024.



**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## INTRODUCCIÓN

El color que posee un alimento es fundamental a nivel organoléptico ya que esa característica es utilizada para elegir un alimento, ya sea porque es un indicador del estado de madurez de una fruta o una porción de carne fresca o no fresca. En caso de productos como los helados, bebidas, confites, jugos de las frutas, entre otros, es un indicador del sabor más cercano del sabor, así como el rojo está asociado con la frutilla, el amarillo con el plátano, el verde con la manzana y kiwi y el color naranja con el sabor de la naranja<sup>1</sup>.

Los colorantes naturales son altamente demandados en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica para sustituir los tintes sintéticos debido a su composición química, seguridad y funcionalidad. Estos colorantes naturales, a menudo antocianinas, se descomponen y se encuentran ampliamente distribuidos en la vegetación, presentes en raíces, tallos y hojas<sup>2</sup>.

Los colorantes pueden ser de origen natural o artificial, con una mayor prevalencia del uso de los artificiales. No obstante, la normativa oficial de la Unión Europea y de los Estados Unidos ha limitado el uso de colorantes artificiales debido a su potencial de coloración y sus efectos adversos para la salud. Actualmente, ha crecido el interés en el desarrollo, utilización y consumo de colorantes naturales. Hubo una tendencia entre los consumidores hacia productos así como una mayor preocupación por la toxicidad de los aditivos materiales sintéticos, significa no solo la tendencia del mercado, sino también una la legislación restringe el uso de tales aditivos especialmente tintes<sup>3</sup>.

Por todo lo mencionado el presente trabajo de investigación titulado “EXTRACCION DE ANTOCIANINAS DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA”, tiene como objetivo encontrar los parámetros de extracción de las antocianinas que están presentes en las vacuolas de los vegetales que son responsables de la coloración azul violeta y a su vez posee antioxidantes que son fuentes potenciales muy beneficiosas para salud.

El presente estudio tuvo como intención de investigación: ¿Cuál es la temperatura y pH óptimo de fermentación para la extracción de antocianinas a partir de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua”? El estudio fue de tipo aplicado y de nivel explicativo, utilizando un diseño comparativo para analizar el contenido de antocianinas.

Los resultados sobre el contenido de antocianinas, antioxidantes se presentó mediante tablas y gráficos que fueron recolectadas y registradas en la ficha de recolección de datos, las corridas fueron optimizados previamente por la metodología superficie respuesta haciendo uso del programa estadístico desing expert. En el capítulo I se hace de conocimiento la realidad problemática sobre la extracción de antocianinas.

En el capítulo II se hace de conocimiento todos los antecedentes estudiados en los últimos 5 años relacionadas con el tema de investigación, según los conocimientos teóricos examinar la variable para cuantificar y comparar qué parte de la mashua tiene un mayor contenido de antocianinas. Asimismo, en el capítulo III, Se planteó la hipótesis de la investigación, ya que representa lo que se busca probar. Las hipótesis se definen como explicaciones tentativas del fenómeno en estudio, formuladas en forma de proposiciones.

En el capítulo IV se describe la metodología de la investigación, que es el método investigador aplicada, nivel explicativo y con una descripción comparativa, La población para la presente investigación consistió en 15 muestras de mashua, provenientes del distrito de Acolla, en la provincia de Jauja, Junín. Estas muestras fueron previamente acondicionadas.

Finalmente en el capítulo V, se presenta los resultados obtenidos donde condiciones de temperatura y pH para la extracción por fermentación de antocianinas fueron 38.99 °C y 3.19 mol/L de pH, reportando 200.865 mg Cianidina-3- glucósido/100g de antocianinas, el efecto de la temperatura y pH en la extracción de extracción de antocianinas fueron desde 65.876 a 186.764 mg Cianidina-3 glucósido/100g en las trece corridas desarrollados por superficie respuesta, la optimización de parámetros de extracción por fermentación que maximizaron el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua” teniendo como valor optimó 200.865 mg Cianidina-3- glucósido/100g de antocianinas, fenoles totales fue 867.72 mg EAG /100 g de fenoles totales y una actividad antioxidante igual a 366.85  $\mu$ mol trolox /100 g.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>vi</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>viii</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>13</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>15</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	15
1.2. Delimitación del problema .....	17
1.3. Formulación del problema .....	17
1.3.1. Problema General.....	17
1.3.2. Problemas Específicos.....	17
1.4. Justificación.....	18
1.4.1. Social.....	18
1.4.2. Teórica.....	18
1.4.3. Metodológica.....	18
1.5. Objetivos .....	19
1.5.1. Objetivo General .....	19
1.5.2. Objetivos Específicos .....	19
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO .....	20
2.1.1 Internacionales .....	20
2.1.2 Nacionales .....	23
2.2. BASES TEÓRICAS .....	25
2.2.1 Mashua ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón).....	25
2.2.2 Características fisicoquímicas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pavón .....	29
2.2.3 Antocianinas .....	31
2.2.4 Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas .....	33
2.2.5 Métodos de extracción de antocianinas <sup>36</sup> .....	35



2.2.6 Polifenoles .....	35
2.2.7 Antioxidantes .....	36
2.3. Marco conceptual .....	37
2.3.1 Mashua ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón).....	37
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>38</b>
3.1. Hipótesis General .....	38
3.2. Hipótesis Específicas.....	38
3.3. Variables y Operacionalización de variable .....	38
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
4.1. Método de Investigación .....	40
4.2. Tipo de Investigación .....	40
4.3 Nivel de investigación.....	41
4.4. Diseño de la Investigación .....	41
4.5. Población y muestra .....	41
4.5.1 Población.....	41
4.5.2 Muestra.....	42
4.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	42
4.6.1 Técnicas.....	42
4.6.2 Instrumentos .....	42
4.6.3 Procedimientos de la Investigación .....	43
4.6.3.1 Procedimiento de extracción de antocianinas por fermentación. ....	43
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	45
4.7.1. Diseño estadístico.....	45
4.8. Aspectos éticos de la investigación .....	45
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
5.1. Análisis de resultados.....	47
5.1.1 Análisis descriptivo .....	47
5.2Contrastación de hipótesis.....	49
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE DATOS.....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>64</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	65
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables .....	66
Anexo 3: Identificación taxonómica de la especie vegetal.....	67
Anexo 4: Base de datos .....	68
Anexo 5: Validación de Instrumentos y juicio por expertos .....	70
Anexo 6: Esquema Experimental de la obtención de pulpa de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “Mashua”.....	73
Anexo 7: Compromiso de autoría .....	75
Anexo 8: Declaración de confidencialidad .....	77
Anexo 9: Constancia de uso de laboratorio FAIIA-UNCP .....	79
Anexo 8: Galería fotográfica .....	80

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Otros comunes de la mashua.....	26
Tabla 2. Taxonomía de la mashua.....	27
Tabla 3. Variedades de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón .....	29
Tabla 4. Químico proximal de tres variedades de la Mashua.....	30
Tabla 5. Compuestos bioactivos de tres variedades de Mashua.....	31
Tabla 6. Análisis químico proximal de la mashua negra fresca .....	47
Tabla 7. Contenido de antocianinas .....	48
Tabla 8. Fenoles totales de la Mashua.....	48
Tabla 9. Actividad antioxidante .....	49
Tabla 10. Análisis de varianza del contenido de antocianinas .....	50
Tabla 11. Prueba de muestras emparejadas de t de Student para los polifenoles de mashua fresca y fermentada.....	52
Tabla 12. Prueba de muestras emparejadas de t de Student para la capacidad antioxidante de mashua fresca y fermentada .....	53

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2. Mashua ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pavón), Cgiar. ....	28
Figura 3. Estructura y sustituyentes de las antocianinas, Garz.....	32
Figura 4. Estructura de un fenol, Segovia .....	36
Figura 5. Esquema Experimental de la obtención de pulpa de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “Mashua” .....	73
Figura 6. Esquema Experimental de la obtención de Antocianina a partir pulpa de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “Mashua .....	74
Figura 7. Optimización del contenido de antocianinas .....	51
Figura 8. Gráfica de contornos de interacción del contenido de antocianinas .....	51

## RESUMEN

Actualmente, vivimos en una sociedad afectada por diversas enfermedades diarias. Las antocianinas, con sus propiedades antioxidantes, tienen un efecto positivo en la salud. Además, en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, se están reemplazando los colorantes sintéticos por naturales debido a sus beneficios. Las antocianinas son especialmente importantes en el tratamiento de enfermedades crónicas. Este estudio tiene como objetivo determinar la temperatura y el pH óptimos de fermentación para la extracción de antocianinas a partir de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, conocido como "mashua", con el fin de maximizar el rendimiento de extracción de estas valiosas sustancias. Las muestras fueron secadas y molidas, acidificadas a pH 3, 4 y 6 mol/L, con agua a temperaturas de 20, 30 y 40°C, remojando durante 72 h, filtrando y concentrando en rotavapor a una temperatura de 70 °C a una presión de vacío de 20 mbar, congelado y liofilizado. Los resultados mostraron: 200.865 mg de cianidina-3-glucósido/g a valores óptimos de 40 °C y 3 mol/L de pH mediante la metodología superficie respuesta con el programa desing expert, 867.72 mg EAG /100 g de fenoles totales y una actividad antioxidante igual a 366.85 µmol trolox /100 g para la mashua fermentada.

**Palabras clave:** Antocianinas, extracción por fermentación, fenoles, antioxidantes

## ABSTRACT

Currently, we live in a society affected by various daily diseases. Anthocyanins, with their antioxidant properties, have a positive effect on health. Additionally, in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries, synthetic colorants are being replaced by natural ones due to their benefits. Anthocyanins are particularly important in the treatment of chronic diseases. This study aims to determine the optimal fermentation temperature and pH for the extraction of anthocyanins from *Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pavón, known as "mashua," to maximize the extraction yield of these valuable substances. The samples were dried and ground, acidified to pH 3, 4, and 6 mol/L, with water temperatures of 20, 30, and 40°C, soaked for 72 hours, filtered, and concentrated in a rotary evaporator at 70°C under a vacuum pressure of 20 mbar, then frozen and lyophilized. The results showed: 200.865 mg of cyanidin-3-glucoside/g at optimal values of 40°C and 3 mol/L pH using response surface methodology with Design Expert software, 867.72 mg GAE/100 g of total phenols, and an antioxidant activity of 366.85 µmol trolox/100 g for the fermented mashua.

**Keywords: Anthocyanins, fermentation extraction, phenols, antioxidants**

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Existe una creencia generalizada de que los colorantes naturales son más beneficiosos para la salud. Por ello, se fomenta su uso en lugar de los colorantes sintéticos, ya que algunos de estos últimos pueden causar intolerancias e irritabilidad en ciertos consumidores (EFSA, 2009a) y, en algunos casos, hiperactividad en los niños. Sin embargo, reemplazar compuestos sintéticos por naturales no es una tarea sencilla.<sup>4</sup>

Los colorantes alimentarios sintéticos, como la tartrazina, el amarillo de quinoleína y el amarillo puesta de sol, pueden provocar efectos secundarios graves, como hiperactividad, defectos en el ADN y reacciones alérgicas dermatológicas, entre otros menos comunes. Por esta razón, los consumidores actuales exigen más productos naturales, lo que ha llevado a un regreso a los colorantes extraídos de la naturaleza. Esta tendencia puede estar motivada por la demanda del mercado y los posibles problemas asociados con el consumo de colorantes sintéticos, como señalan Oplatowska-Stachowiak y Elliott (2015).<sup>5</sup>

La creciente preocupación por la toxicidad de los colorantes sintéticos utilizados en alimentos (como quesos, helados, sopas, bebidas, condimentos, dulces y mermeladas), cosméticos (como esmaltes de uñas y bases) y medicamentos (como jarabes, pastillas, dentífricos y enjuagues bucales) ha llevado a estudios que reportan la prohibición de los colorantes Rojo N° 2 y Rojo N° 40 en Austria, Japón, Noruega y Suecia. Sin embargo, el Rojo N° 40 aún está bajo revisión en los Estados Unidos (Garzón, 2008). Sin embargo,

estos hallazgos están asociados con cambios en la hiperactividad en niños en edad escolar, lo que puede considerarse como un trastorno agudo del sistema nervioso.<sup>6</sup>

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo originario de la región andina, utilizado desde tiempos antiguos como alimento y medicina por los pueblos indígenas. Sus propiedades biológicas se asocian con compuestos como fenólicos, glucosinolatos, isotiocianatos y antocianinas. Sin embargo, estos componentes no están siendo adecuadamente extraídos ni aplicados en la industria farmacéutica.<sup>7</sup>

La seguridad de los pigmentos sintéticos ha sido objeto de cuestionamientos durante años, lo que ha llevado a un creciente interés en el uso de colorantes naturales para la elaboración y producción de alimentos, como señala Jackma (1987).<sup>8</sup>

Uno de los problemas de las antocianinas es que, aunque muestran una mayor estabilidad en condiciones ácidas, en general son inestables y tienden a degradarse por diversos mecanismos, formando compuestos marrones incoloros que eventualmente se vuelven insolubles. Estos cambios pueden ocurrir bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. La incorporación de antocianinas en matrices nutricionales, productos farmacéuticos y cosméticos está limitada debido a su baja estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento.<sup>9</sup>



## **1.2. Delimitación del problema**

La investigación se llevó a cabo de acuerdo con el esquema experimental propuesto, con el objetivo de evaluar la influencia del proceso de fermentación en la extracción y rendimiento de antocianinas totales a partir de tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, conocidos como "mashua." Para ello, los tubérculos, una vez recolectados, fueron trasladados a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP. Allí se aplicaron tratamientos de fermentación bajo condiciones controladas de temperatura y pH para evaluar el rendimiento, la concentración de antocianinas, polifenoles y la capacidad antiradical.

Los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón "mashua" fueron provenientes del distrito de Acolla, provincia de Jauja Departamento de Junín, que previamente fueron seleccionadas, lavadas, desinfectadas, cortadas y pulpeadas para luego ser sometidos al proceso de fermentación a distintas temperaturas y pH.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema General**

¿Cuáles son las condiciones de temperatura y pH para la extracción por fermentación de antocianinas a partir de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón "mashua" para ser utilizado como antioxidante y colorante natural en la industria farmacéutica?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el efecto de la temperatura y pH en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón?
- ¿Cuáles son los parámetros óptimos de extracción por fermentación que maximizan el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón?
- ¿Cuál es el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del extracto de antocianina obtenido mediante el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Social**

En la actualidad, el uso de alternativas saludables, como los extractos naturales con potencial antioxidante, se ha vuelto muy popular a nivel mundial. Estos extractos se utilizan como colorantes y pigmentos naturales, ya que su inclusión en productos naturales ayuda a prevenir enfermedades infecciosas y degenerativas. Consumir productos sintéticos, principalmente colorantes, está asociado con problemas de salud a nivel global. Por lo tanto, la meta de esta investigación es fomentar el empleo de productos naturales para mejorar la salud de los consumidores.

Además, la extracción de antocianinas de la Mashua favorece la industrialización de este tubérculo andino originario de Perú. Este proceso tiene un impacto positivo en la economía de las familias campesinas que cultivan "mashua," ya que el aumento en la demanda, acorde con la capacidad de producción del beneficiado, generaría un valor agregado significativo a este tubérculo.

### **1.4.2. Teórica**

Este trabajo de investigación ofrece una base sólida de conocimientos e información para la industria farmacéutica sobre el uso de colorantes naturales, como las antocianinas obtenidas de la Mashua. Esto se debe al creciente interés en utilizar fuentes naturales en una industria globalizada. Como alternativa a la materia prima del Perú y como posible fuente natural de antocianinas, lo que a su vez favorece el uso de estos extractos naturales junto con los pigmentos utilizados en la elaboración de tintes naturales. Por otra parte, es muy importante en la industria farmacéutica por sus propiedades antioxidantes que previenen enfermedades degenerativas no infecciosas, que puede utilizarse como colorante para satisfacer la necesidad de color, pero también para agregar valor nutricional a medicamentos y alimentos.

### **1.4.3. Metodológica**

La investigación se realizó utilizando un proceso de fermentación estandarizado para extraer las antocianinas de mashua, con el fin de evaluar su potencial uso en la

industria farmacéutica. Los tratamientos de fermentación incluyeron parámetros como temperatura y pH, y se cuantificaron el rendimiento total de antocianinas, fenoles totales y la actividad antioxidante mediante métodos AOAC y Normas Técnicas Peruanas (NTP).

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar las condiciones de temperatura y pH para la extracción por fermentación de antocianinas a partir *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” para ser utilizado como antioxidante y colorante natural en la industria farmacéutica.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la temperatura y pH en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.
- Determinar la optimización de parámetros de extracción por fermentación que maximicen el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”.
- Determinar los fenoles totales y capacidad antioxidante de la antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

##### 2.1.1 Internacionales

Heras, Alvis y Arrazola.<sup>10</sup>, en el estudio titulado "Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de la Berenjena (*Solanum melongena L.*)", se empleó la metodología de superficie de respuesta para identificar las condiciones óptimas de extracción. Los resultados mostraron que utilizar un 50% de solvente acidificado, un tiempo de procesamiento de 4 horas y una temperatura de 30 °C, permitía obtener la mayor concentración de antocianinas, alcanzando un valor de 62 mg por cada 100 g según el método ABTS. Además, el estudio destacó la importancia de estos parámetros para maximizar la eficiencia de extracción y la calidad antioxidante de los compuestos obtenidos, subrayando el potencial de las antocianinas de berenjena como colorantes naturales y antioxidantes en aplicaciones industriales y de salud.

Gonzalez E.<sup>11</sup>, en su trabajo titulado "Extracción de Antocianinas de Uvas Silvestres (*Cissus verticillata*) para usar como colorante orgánico en la elaboración de yogur" el objetivo principal fue desarrollar un color natural utilizando uvas naturales como materia prima, proporciona una alternativa al tinte natural utilizado industria láctea, para su extracción se utilizó la extracción por soxhlet con diferentes, concluyendo que el mejor solvente de extracción para estas uvas es el alcohol etílico, obteniendo matices morado y rojo, asimismo realizó una prueba cualitativa de cuantificación de flavonoides

y antocianinas, teniendo resultados positivos con valores de 179,68 a 413,6314 mg/L, cianidina-3-glucosido.

Figueroa et al.<sup>12</sup>, evaluaron la actividad antioxidante de las antocianinas presentes en la cáscara de pitahaya, con el objetivo de cuantificar su capacidad antioxidante. Para ello, se utilizaron los métodos de diferencia de pH mediante DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazol-6-sulfónico). Los resultados indicaron un valor de 323,9087 mg de cianidina-3-glucósido por 100 g de cáscara de pitahaya, concluyendo que esta cáscara es una fuente natural de antioxidantes, valiosa tanto para la industria alimentaria como para la farmacéutica.

Paes J. et al.<sup>13</sup>, realizaron estudios sobre la extracción de compuestos fenólicos y antocianinas a partir de residuos de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*) utilizando CO<sub>2</sub> supercrítico y fluidos presurizados. El objetivo del trabajo fue descubrir el potencial de los fluidos subcríticos y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) supercrítico en la reutilización de extractos que contienen compuestos fenólicos, antioxidantes y antocianinas de residuos de procesamiento de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*). Los extractos obtenidos con etanol puro y agua etanólica se analizaron para actividad antioxidante y concentraciones fenólicas más altas. Las mayores concentraciones de antocianinas se obtuvieron utilizando agua acidificada como disolvente. La extracción con fluido supercrítico (SFE) con CO<sub>2</sub> utilizó como modificadores agua, agua acidificada y etanol, y la mejor condición para todos los componentes funcionales evaluados fue SFE con 90° CO<sub>2</sub>, 5° agua y 5° etanol. Dieciséis antocianinas fueron identificadas y cuantificadas por cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC).

Zapata L.<sup>14</sup>, en el estudio titulado "Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para su uso como antioxidante y colorante en la industria alimentaria," se investigó cómo el pH y la temperatura afectan el contenido de antocianinas. Los resultados indicaron que ambos factores influyen significativamente en la cantidad de antocianinas presentes durante el proceso de fermentación. Al comparar los métodos de extracción sólido-líquido y de fermentación, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de antocianinas. Sin embargo, Zapata concluyó que la extracción sólido-líquido fue la más adecuada para obtener antocianinas del arándano, ya que fue más sencilla, permitió un mayor rendimiento y resultó en una mejor estabilidad durante el calentamiento y almacenamiento.

Setford P. et al.<sup>15</sup>, llevaron a cabo un estudio sobre la transferencia de masa de antocianinas durante la extracción prefermentativa de sólidos de uva en condiciones de fermentación simuladas, analizando el impacto de las condiciones de convección. El objetivo era investigar la influencia de las condiciones de convección (natural y forzada) en las propiedades de transferencia de masa de malvidina-3-glucósido (M3G) en sólidos de uva fermentados en diferentes condiciones de fase líquida que representan las etapas de fermentación. Se aplicó un modelo matemático a las curvas de extracción que descompone los parámetros de transferencia de masa entre las fases sólida y líquida, obteniendo un coeficiente de determinación superior a 0.97 en todos los casos. Los coeficientes de transferencia de masa calculados mostraron que, en condiciones de convección forzada, el proceso de extracción estaba controlado por la difusión interna, mientras que en la convección natural tanto la difusión interna como la transferencia de masa en fase líquida fueron importantes para determinar la tasa de extracción. Se realizaron simulaciones predictivas de la extracción de M3G durante la fermentación activa mediante la combinación de los presentes resultados con un modelo de fermentación desarrollado previamente que brinda información sobre los efectos de la fase líquida dinámica en la extracción de antocianinas.

Zhang L. et al.<sup>16</sup>, estudiaron el perfil de antocianinas, el color y la actividad antioxidante del jugo de arándano (*Vaccinium ashei*) afectado por el tratamiento térmico previo; El objetivo fue investigar el efecto del baño de agua caliente y los tratamientos previos con vapor sobre el color, el perfil de antocianinas y la capacidad antioxidante del jugo de arándano (*Vaccinium ashei*). Después de 10 días de almacenamiento a 40 °C, la tasa de retención de antocianinas en el jugo obtenido del proceso de tratamiento con vapor fue superior a la del baño de agua caliente y la muestra control (30,71 %, 23,77 % y 19,91 %, respectivamente). En el jugo obtenido del tratamiento previo con vapor, la capacidad de antioxidantes también fue significativamente mayor y el ángulo de sombra (H°) fue menor. El proceso de pretratamiento con vapor puede prevenir el deterioro del color, aumentar el contenido varietal y de antocianinas y mejorar la capacidad antioxidante del jugo de arándano.

Zhu Z. et al.<sup>17</sup>, desarrollaron estudios sobre la extracción ultrasónica verde de antocianinas y compuestos fenólicos del camote morado utilizando el método de respuesta superficial. Se empleó la metodología de superficie de respuesta para optimizar las condiciones experimentales de extracción ultrasónica de compuestos fenólicos

yantocianinas de la batata morada utilizando agua como solvente. Las condiciones óptimas para maximizar la extracción de antocianinas, la extracción de fenoles y minimizar el consumo de energía variaron. Se utilizó una función de deseabilidad general para determinar las condiciones ideales: una temperatura de extracción de 68 °C, un tiempo de sonicación de 52 minutos y una relación líquido/sólido de 20. El rendimiento óptimo de extracción de antocianinas, el rendimiento de extracción de fenoles y el consumo específico de energía fueron de 4,91 mg/100 g de peso fresco, 3,24 mg/g de peso fresco y 2,07 kWh/g, respectivamente, con un índice de confort de 0,99. Este estudio indica que la extracción ultrasónica puede impulsar un proceso ecológico para el aprovechamiento de la batata morada.

### 2.1.2 Nacionales

Diaz AG.<sup>18</sup>, en su estudio titulada “Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*)”, determinaron la actividad antioxidante utilizando el método DPPH mediante espectrofotometría. Se midieron las absorbancias de las muestras a distintas concentraciones (5, 25, 50, 75 y 150 µg/ml) para calcular el porcentaje de inhibición, expresado como IC50. Además, la concentración de compuestos fenólicos se evaluó mediante el método de Folin-Ciocalteu y se expresó en términos de ácido gálico (AG). Los resultados mostraron que la actividad antioxidante de la mashua variedad morada, fue de 146.46 µg/ml, mientras que la concentración de compuestos fenólicos fue de  $779.14 \pm 32.81$  µg AG/ml.

Davalos G.<sup>19</sup>, en su investigación, cuyo objetivo fue determinar los parámetros óptimos para la extracción de antocianinas de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), así como evaluar el contenido total de polifenoles y su capacidad antioxidante, se utilizó un método de superficie de respuesta compuesta centrada no aleatoria con tres factores: temperatura de extracción (20–60 °C), tiempo de extracción (180–300 minutos) y concentración del solvente etanol acidificado (pH 3-4). La optimización del modelo reveló que las condiciones óptimas para la extracción de antocianinas se lograron con un solvente acidificado a un pH de 3.317. El tiempo de procesamiento óptimo de 264,564 minutos y una temperatura de 37,769 °C produjeron el mayor contenido de antocianinas, alcanzando 170,36 mg de cianidina-3-glucósido por cada 100 g. El contenido total de fenoles se estimó en  $10,66 \pm 0,624$  mg de ácido gálico por gramo, según el método de

Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante fue de  $42,76 \pm 2,92$   $\mu\text{mol}$  equivalente a Trolox por gramo, determinada mediante el método DPPH.

Orellana y Valverde<sup>20</sup>, analizaron las propiedades físicas, las antocianinas y la capacidad antioxidante del atomizado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) encapsulado con maltodextrina. Tras la selección, lavado, desinfección y troceado del producto, este fue sometido a filtración y centrifugación, y finalmente se microencapsuló utilizando maltodextrina como encapsulante a concentraciones del 5%, 7.5% y 10%, y a temperaturas de 120°C, 130°C y 140°C. El mejor tratamiento resultó ser el que utilizó 5% de maltodextrina a 120°C, obteniendo 207.72 mg/100 g de polvo y 543.96  $\mu\text{mol}$  TE/g de polvo

Aguirre HL.<sup>21</sup>, evaluó la presión, temperatura y cosolvente en el rendimiento y la actividad antioxidante de las antocianinas extraídas de mashua negra mediante fluidos supercríticos. Los resultados mostraron valores que oscilaron entre 84,92 y 105,82 mg de cianidina por 100 g de mashua morada. La identificación de antocianinas, realizada mediante cromatografía líquida (HPLC), permitió cuantificar delphinidin-3-O-glucósido, cianidin-3-O-glucósido y cianidin-3-rutinosido, recomendándose su aplicación en las industrias alimentaria y farmacéutica.

Inostroza LA.<sup>22</sup>, en su trabajo de investigación titulado “actividad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón (mashua) y su aplicación como colorante para yogur”, teniendo como resultado valores de 151 mg /100g a 216 mg /100g equivalente a ácido ascórbico y valores de 14.2 mg Trolox/100g a 17.0mg Trolox/100g analizado por el método DPPH y ABTS.El contenido de polifenoles fue 3144.12 mgAG/100g mediante la metodología Folin-Ciocalteu, respecto a contenido de antocianinas reportó un valor igual 192.63 mg Cianidina-3-glucósido/100g por el método pH diferencial, finalmente midió el color por medio de los parámetros CIEL\*a\*b para el color morado y por ende su concentración de pigmentos para ser aplicados en el yogur (“3500”) en comparación con el yogur comercial de mora que tenía “6224” que fueron almacenadas en condiciones de refrigeración(4°C).

Ramos L.<sup>6</sup>, determino el “contenido de antocianinas totales del camote morado (*Ipomoea batatas* L.), provenientes de Virú y Chiclayo”, para ello se pesaron 500g de las dos variedades de camote previamente acondicionadas, fueron colocados en un matraz



Erlenmeyer al cual se agregó un solvente de extracción constituido por ácido acético y agua destilada, toda la mezcla fue sometida a agitación durante una hora y finalmente filtrada preparado para su respectiva lectura en el espectrofotómetro a 535nm. El promedio a un 95% de probabilidad para el camote morado variedad Chiclayo fue 18.91854 mg/ 500g de muestra y 19.48526 mg/ 500g de camote morado variedad Virú a un 95% de probabilidad.

De La Cruz y Ninanya.<sup>23</sup>, determinaron el contenido de antocianinas en la beterraga (*Beta vulgaris*) utilizando el método de pH diferencial. Para ello, prepararon un extracto acidificado a pH = 2 a partir de una extracción sólido-líquido previa. La cuantificación se realizó mediante espectrofotometría en un rango de longitud de onda de 510 a 700 nm. Los resultados indicaron un valor promedio de 83,292 mg de cianidina-3-glucósido por gramo en los bulbos, 69,694 mg en los tallos, y una cantidad similar en las hojas de la beterraga.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)**

#### **a) Generalidades<sup>24</sup>**

Esta planta herbácea perenne, que puede crecer hasta 2 metros de altura, produce tubérculos de formas ovaladas o alargadas, con una piel que varía entre morado y blanco, y un sabor característico que puede ser ligeramente picante. En términos nutricionales, la mashua es una excelente fuente de carbohidratos, fibra, vitamina C y minerales como hierro, potasio y calcio, y también contiene compuestos fenólicos y antocianinas con propiedades antioxidantes. Se puede preparar cocida, frita, asada o en puré, y en la medicina tradicional andina se le atribuyen beneficios para la digestión y el sistema inmunológico.<sup>24</sup>

Es el cuarto tubérculo considerado más importante después de la papa, olluco, oca en el Perú, es un vegetal perenne considerada como trepadora su crecimiento se da en la región andina, en otros países lo conocen con otros nombres como “añu”, “isaño”, “cubio” tal como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Otros comunes de la mashua**

<b>Idiomas</b>	<b>Nombre común</b>
Español	Bolivia: saño, isaño, apilla Perú: mashua (majua, mafua, maxua), mashuar, añú, anyú.
Inglés	Colombia: cubios, navios, navo mashua, anu
Quechua	mashua, añu, apiñu, apiña-mama
Aymara	isau, issanu, kkayacha

Fuente: Jiménez et al. (2020)

**b) Origen y distribución<sup>24,25</sup>**

La mashua es una planta originaria de la región de los Andes. El cultivo se extendió desde Colombia hacia el norte Argentina Las regiones que poseen las mayores áreas de este tubérculo son Perú y Bolivia. Se cultiva en Perú desde antes de los Incas y se sigue cultivando en la actualidad representada en la cerámica de aquellos tiempos. Hay evidencia arqueológica de que sus tubérculos se consumen desde hace más de 7.500 años. Los primeros signos arqueológicos de mashua provienen de los sedimentos de la cueva de Huachumachay en el valle de Jauja de Perú, 650-135011 d.C.<sup>24</sup>

La mashua es una planta común en toda la región andina de América del Sur, desde Colombia hasta Argentina, a altitudes que varían entre 2000 y más de 4000 metros sobre el nivel del mar. Fue cultivada en Nueva Zelanda y Canadá, desde hace décadas siendo Perú y Bolivia los principales productores. *Tropaeolum tuberosum* es una planta perenne, que se caracteriza por sus rizomas y suele ser apenas perceptible en su entorno natural. Durante la estación lluviosa, desarrolla tallos aéreos y florece, mientras que durante el resto del año, desaparecen los tallos aéreos y solo permanecen los tubérculos subterráneos con nudos marcados.<sup>25</sup>

c) **Clasificación taxonómica:**

En la tabla 2 se observa la clasificación taxonómica de la mashua

**Tabla 2. Taxonomía de la mashua**

<b>Clasificación</b>	<b>Denominación</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Geraniales
Familia	Tropaeolaceae
Género	<i>Tropaeolum</i>
Especie	<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz. & Pavón

Fuente: Legia C. (2016)

d) **Características botánicas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón<sup>26</sup>**

- **Tallos:** “Mashua es una hierba erecta o semienvainada con tallos cilíndricos y porte rastrero”.
- **Hojas:** “Las hojas de esta planta son compactas, de color verde oscuro por encima y más visibles por debajo, forma redonda y un pliegue en el medio”.
- **Flores:** “Las flores de mashua varían en color de naranja a rojo oscuro. El número de estambres varía de 8 a 13 y su tiempo de apertura es de 9 a 15 días”.
- **Tubérculos:** Los tubérculos de mashua, que miden entre 5 y 15 cm de largo, tienen una forma alargada y cónica. Presentan brotes marcados y pueden exhibir una gama de colores, incluyendo amarillo, blanco, rojizo, morado, gris y negro, con una piel de tonalidad oscura salpicada. La textura del tubérculo es arenosa y contiene aproximadamente un 15% de proteínas, una alta cantidad de hidratos de carbono y un 80% de agua. Debido a los isotiocianatos que se encuentran en la mashua, al igual que en la mostaza y el rábano, esta presenta un sabor intenso y picante que se suaviza durante la cocción, transformándose en un sabor dulce.<sup>27</sup>



Fuente: Cgiar et al. (2014)

**Figura 1. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón).**

e) **Usos de la Mashua**

- **Alimentación:** Es ampliamente empleado en la alimentación debido a su valioso contenido nutricional. En el ámbito industrial, la harina de mashua puede servir como fundamento para la producción de diversos productos, por lo que es crucial estandarizar los procedimientos y caracterizar adecuadamente la harina. Los tubérculos se consumen cocidos y se incorporan como ingredientes en sopas, guisos, encurtidos, mermeladas y postres (Tuiran, 2017).<sup>28</sup>
- **Medicina:** Se usa para tratar enfermedades tracto genitourinario. Como agente antibacteriano contra *Candida albicans*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus*; otro. Sus propiedades medicinales son que actúa como diurético y antianémico(King y Gershoff, 1987).<sup>28</sup>
- **Antiafrodisíaco:** Reduce los niveles de testosterona y dihidrotestosterona en la sangre, lo que se dice que disminuye el instinto sexual. Los productores suelen consumir la mashua hervida o cocida, y también se utiliza medicinalmente para tratar infecciones renales y problemas de próstata (Aruquipa et al., 2017).<sup>24,27</sup>

## 2.2.2 Características fisicoquímicas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón

### a) Variedades:

En Ecuador y Perú se reconocen más de 100 variedades y recursos genéticos de mashua. Los tubérculos de *Tropaeolum* presentan una amplia gama de colores, variando tanto en la piel como en la parte pulposa. En primer lugar, la concha de la mashua van de color crema al morado oscuro y pasan por diferentes etapas tonos como amarillo, naranja y violeta.<sup>27,26</sup>

Aunque la pulpa de la mashua suele ser amarilla, su tonalidad puede variar, y en algunos casos la pulpa del tubérculo es completamente morada. Además de consumir los tubérculos, también se comen otras partes de la planta, incluyendo las hojas y las flores (Grau et al., 2003)<sup>27</sup>. Los variables nombres de tubérculo se deben a su color, siendo los colores más fuertes como negro, morado, amarillo.

**Tabla 3. Variedades de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón**

Nombre	Color de tubérculo
Occe año	Plomizo
Yana - año	Negro, blanco
Checche - año	Gris
Ckello - año	Amarillo
Kello - año	Violeta
Muru - año	Morado
Puca - año	Negro
Mashua - Quillu	amarillo
Mashua yana - saco	Negro

Fuente: Malpartida et al. (2022)

### Componentes químicas y nutricionales de la Mashua

Este tubérculo es abundante en proteínas y carbohidratos, y su valor nutricional es superior al de ciertos cereales y papas, lo que facilita su inclusión en la alimentación diaria. Proporciona una adecuada proporción de aminoácidos esenciales. En la Tabla 4 se presentan los valores del análisis nutricional para tres variedades de la Mashua.

**Tabla 4. Químico proximal de tres variedades de la Mashua**

Componentes	Contenido		
	Variedad		
	Negro	Morado	Amarillo
Humedad	85,730 ± 0,069	86,3	78.04 ± 2.91
Cenizas	0,607 ± 0,008	0,76	0,59 ± 0;0
Proteínas	1,599 ± 0,006	1,23 ± 0,04	1,526 ± 0,002
Carbohidratos	10,996 ± 0,085	11,41	2,606 ± 0,059
Azúcares reductores	18,48 ± 0,08	–	19,12 ± 0,06
Grasa	0,452 ± 0,005	0,70	0,31 ± 0,03
Calcio	–	0.025 ± 0.002	0.1 ± 0.01
Potasio	–	0.82 ± 0.31	0.99 ± 0.1
Fósforo	–	0.56 ± 0.01	0.42 ± 0.16
pH	6,29 ± 0,01	6,2	6,22
Acidez titulable	1,53 ± 0,04	77,2	1,59 ± 0,05
Sólidos solubles	6,120 ± 0,226	8,0	8,5

Fuente: Beltran y Mera (2013); Taipe L.(2019); Súa P.(2019)

#### **b) Componentes bioactivos**

El estudio de la Mashua ha demostrado que posee altas concentraciones componentes bioactivos importantes debido a su efecto terapéutico en comparación a otros bioactivos<sup>26</sup>. La Tabla 5 muestra los valores de los compuestos bioactivos presentes en tres variedades de mashua.

**Tabla 5. Compuestos bioactivos de tres variedades de Mashua**

Componentes	Contenido		
	Variedad		
	Negro	Morado	Amarillo
Fenoles totales (mg de ácido gálico/g)	17,43	39,87 ± 0,046	10,51
Capacidad antioxidante (µM trolox/100g)	94,80 ± 0,532	169,16 ± 0,158	13,7 ± 0,682
Antocianinas (mg/100g)	–	34,58 ± 0,127	–
Flavonoides totales (mg/100g)	–	1,39 ± 0,07	–

Fuente: Beltran y Mera (2013); Taípe L. (2017); Súa P. (2019)

### 2.2.3 Antocianinas

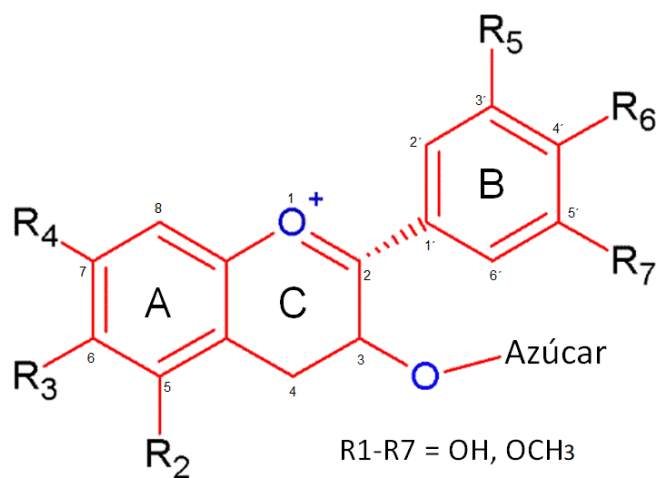
Son compuestos polares que generan coloración roja, morado y las frutas y algunas vegetales por el desplazamiento de la longitud de onda que genera su catión flavilio (Wrolstad, 1994), existen dos tipos de antocianinas tales como los polares que son determinadas por HPLC y los no polares. Generalmente existe más de 20 tipos de antocianinas que tienen como función determinar la taxonomía de las plantas y solamente seis son de interés para la industria alimentaria puesto que 2% del carbono utilizado por las plantas es direccionado a la síntesis de pigmentos con el objetivo de cuidar los tejidos de los rayos UV y de los radicales libres.<sup>29</sup>

Las antocianinas representan el grupo más significativo de pigmentos solubles en agua que pueden ser percibidos en el espectro visible del ojo humano (Strack y Wray, 1994). Estos pigmentos, responsables de los diversos colores que van del rojo al azul en frutas, verduras y cereales, se acumulan en las vacuolas celulares (Wagner, 1982). Las antocianinas desempeñan varias funciones en las plantas, tales como atraer polinizadores para fomentar la dispersión de semillas y proteger a la planta de la radiación ultravioleta, así como de infecciones virales y microbianas.<sup>9</sup>

Estos compuestos son significativos por su impacto en las características sensoriales de los alimentos, ya que pueden actuar como tintes naturales. Además, ofrecen posibles ventajas para la salud debido a su alta capacidad antioxidante.<sup>14</sup>

**a) Estructura<sup>9</sup>**

Las antocianinas son glucósidos que provienen de las antocianidinas y forman parte de la familia de los flavonoides. Su estructura está compuesta por dos anillos aromáticos, llamados A y B, unidos por una cadena de tres átomos de carbono. Las variaciones en el anillo B dan lugar a seis tipos distintos de antocianidinas.<sup>9</sup>



Fuente: Rafael S. (2017)

**Figura 2. Estructura y sustituyentes de las antocianinas.**

El color de las antocianinas está determinado por la cantidad y la ubicación de los grupos hidroxilo y metoxi en la molécula. Un aumento en el número de grupos hidroxilo tiende a producir tonos azules, mientras que un incremento en los grupos metoxi resulta en colores rojos.<sup>9</sup>

**b) Beneficios<sup>30</sup>**

Las antocianinas son metabolitos con muchos beneficios para la salud. Consiguen modular la oxigenación en el medio interno, favorecen la recuperación de los tejidos tras el estrés y reducen los posibles daños del ADN celular. Estos son factores importantes en la prevención de patologías crónicas y complejas. Por lo tanto, se recomienda que sean una parte regular del programa de tratamiento.<sup>31</sup>



### c) **Propiedades funcionales**<sup>32</sup>

Funcionan como poderosos antioxidantes, protegiendo las células del estrés oxidativo y favoreciendo la salud cardiovascular al optimizar la función del endotelio y disminuir la presión arterial. También tienen efectos antiinflamatorios, benefician la salud ocular al resguardar contra el daño de la luz azul, y contribuyen a la regulación del metabolismo de la glucosa. Además, poseen propiedades antimicrobianas, mejoran la función cognitiva y el rendimiento físico al disminuir la fatiga muscular y el daño asociado con la actividad física. (Shipp y Abdel-Aal, 2010).<sup>33</sup>

Las antocianinas son muy importantes por sus propiedades antidiabéticas como control lípidos, secreción de insulina y efecto vasoprotector. Las antocianinas ofrecen nuevas oportunidades para desarrollar productos coloreados con valor agregado para el consumo humano. Sus propiedades funcionales proporcionan una perspectiva innovadora para la creación de estos productos (Shipp y Abdel-Aal, 2010).<sup>33</sup>

#### **2.2.4 Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas**<sup>19</sup>

Las antocianinas aisladas son moléculas que presentan una alta inestabilidad y son propensas a la descomposición. La estabilidad de estas moléculas puede verse afectada por diversos factores, entre los cuales se encuentran el pH del entorno, la temperatura de almacenamiento y la estructura química de las antocianinas. Funcionan como poderosos antioxidantes, protegiendo las células del estrés oxidativo y favoreciendo la salud cardiovascular al optimizar la función del endotelio y disminuir la presión arterial. También tienen efectos antiinflamatorios, benefician la salud ocular al resguardar contra el daño de la luz azul, y contribuyen a la regulación del metabolismo de la glucosa. Además, poseen propiedades antimicrobianas, mejoran la función cognitiva y el rendimiento físico al disminuir la fatiga muscular y el daño asociado con la actividad física. (Kong et al., 2003).<sup>19</sup>

Los principales elementos que influyen en la estabilidad y el color son:

- a) **pH:** El color de las antocianinas varía notablemente con los cambios en el pH: en condiciones ácidas, adquieren un color rojo intenso; a pH neutro, presentan un color intermedio; y en ambientes básicos, su color cambia de amarillo a azul (Cuevas et al. 2008)<sup>34</sup>.

- b) Temperatura:** Se ha registrado una relación logarítmica entre la estabilidad del color y la temperatura durante los procesos de esterilización o conservación (Fernández, 1995). De manera similar a las vitaminas y otros colorantes, los métodos que aplican altas temperaturas durante períodos breves son más eficaces para mantener la calidad de los alimentos (Badui, 1999).<sup>31</sup>
- c) Oxígeno y peróxido de hidrógeno:** Las antocianinas pueden oxidarse tanto por reacciones directas como indirectas con el oxígeno, especialmente cuando interactúan con compuestos que ya han sido preoxidado a tonos marrones o incoloros. También pueden reaccionar con radicales de oxígeno, que actúan como antioxidantes. El peróxido de hidrógeno descompone el anillo de antocianina mediante un ataque nucleofílico en el carbono C-2, produciendo ésteres coloreados y derivados de cumarina (Fennema 2000).<sup>31</sup>
- d) Luz:** Las antocianinas son también sensibles a la luz y pueden descomponerse cuando se exponen a ella, lo que resulta en una pérdida de color y una reducción de sus propiedades antioxidantes. Esta doble función hace que, por un lado, las antocianinas actúen como filtros naturales, protegiendo a las plantas del daño causado por los rayos UV.<sup>35</sup>
- e) Azúcares:** Los azúcares son fundamentales para la funcionalidad de las antocianinas, ya que afectan su estabilidad, solubilidad y color. La glicosilación, que consiste en la unión de azúcares a las antocianidinas, aumenta la solubilidad en agua y la estabilidad química de las antocianinas, protegiéndolas de la degradación causada por la luz, el pH y la temperatura.<sup>16</sup>
- f) Enzimas:** Se las enzimas pueden desempeñar un papel crucial en la modulación de las propiedades de las antocianinas, afectando su color, estabilidad y biodisponibilidad, tanto en plantas como en productos alimenticios.<sup>17</sup>
- g) Dióxido de carbono:** La interacción entre las antocianinas y el dióxido de azufre ha sido objeto de extensas investigaciones. Se postula que la decoloración se produce porque el SO<sub>2</sub> se une a la posición C-4 de las antocianinas, alterando de este modo su color (Fennema 2000).<sup>36</sup>

### 2.2.5 Métodos de extracción de antocianinas<sup>36</sup>

Las antocianinas normalmente se obtienen por extracción de las plantas. Los métodos de extracción actualmente empleados son el uso de metanol, etanol, acetona, agua o mezclas como disolventes.

a) No obstante, la estabilidad de estas antocianinas puede verse significativamente alterada por modificaciones estructurales, como la adición de grupos hidroxilo, metoxilo, glucosilo y, en particular, acilo, así como por factores ambientales como la temperatura y la luz (Francis, 1989; Wrolstad, 2000).

#### b) Método convencional:

Este proceso se realiza dejando que el sólido reaccione con el solvente hasta que se adhiera a su estructura, permitiendo que las partes solubles se mezclen a temperatura ambiente durante un tiempo específico. Los sólidos deben estar en remojo. Además, si el tiempo de remojo se prolonga, es necesario usar conservantes para prevenir la conversión microbiana.<sup>36</sup>

#### c) Agitación:

Esto se consigue al añadir el disolvente a la muestra en un frasco de precipitados y mezclar la solución con un agitador, permitiendo que el disolvente se integre con el material original. De este modo, se obtiene el extracto final.<sup>36</sup>

#### d) Cocción:

La extracción de antocianinas por cocción implica calentar la materia prima, como frutas o vegetales, en un disolvente, típicamente agua, para liberar estos pigmentos naturales. Durante la cocción, las antocianinas se disuelven en el líquido, que luego se filtra para separar el extracto del material sólido.<sup>36</sup>

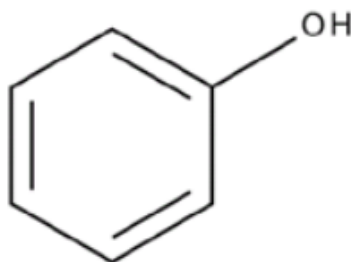
#### e) Lixiviación:

La lixiviación es un método eficiente para extraer antocianinas, aprovechando su solubilidad en diversos solventes para obtener estos pigmentos naturales, que se aplican en una amplia gama de industrias y en el ámbito de la salud.<sup>36</sup>

### 2.2.6 Polifenoles<sup>37</sup>

Los polifenoles son uno de los componentes principales metabolitos secundarios de las plantas teniendo distintas funciones fisiológicas. Que son los intervinientes en el desarrollo y reproducción de las plantas, ocasionalmente fueron considerados anti nutrientes por la presencia de taninos en la digestión de proteínas.

Los polifenoles ayudan a proteger contra el estrés oxidativo y la inflamación, y se han vinculado con una menor probabilidad de desarrollar enfermedades crónicas como problemas cardíacos, diabetes y cáncer. También pueden beneficiar la salud digestiva y apoyar la función cognitiva.<sup>37</sup>



Fuente: Ordoñez et al. (2019)

**Figura 3. Estructura de un fenol, Segovia<sup>37</sup>**

Los compuestos polifenólicos no solo afectan la salud, sino también la calidad de los alimentos que contienen el compuesto responsable de sus propiedades sensoriales. “Por ejemplo, las antocianinas son pigmentos responsables del color azul rojizo de muchas frutas como fresas, uvas, ciruelas, etc., los flavonoles dan un color amarillo característico a la parte exterior de cualquier fruta o verdura, las flavanonas son las responsables del amargor sabor. Otros polifenoles, como los ácidos hidroxicinámicos y sus derivados, pueden ser oxidados por enzimas en tejidos vegetales, produciendo productos de color marrón.<sup>22</sup>

### **2.2.7 Antioxidantes<sup>35</sup>**

Los antioxidantes son sustancias que ayudan a neutralizar los radicales libres en el organismo, disminuyendo el daño celular y el estrés oxidativo. Esto puede ayudar a prevenir el envejecimiento prematuro y reducir el riesgo de enfermedades crónicas, como problemas cardíacos, cáncer y diabetes. Asimismo, los antioxidantes pueden promover una mejor salud en general, fortalecer el sistema inmunológico y contribuir al bienestar global. Además, se sabe que la mayoría de los alimentos tienen actividad antioxidante, ya que pueden neutralizar y contrarrestar la acción oxidante de los radicales libres sin comprometer su propia estabilidad electroquímica.<sup>35</sup>

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1 Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)<sup>24</sup>**

Es un tubérculo andino del Perú, similar a la papa y la oca, que ofrece importantes beneficios farmacéuticos y curativos para el cuerpo humano. Según estudios, este alimento, rico en proteínas, carbohidratos y antocianinas, tiene propiedades anticancerígenas y puede ser eficaz en el tratamiento del cáncer de colon, piel y próstata.

### **2.3.2 Antocianinas<sup>31</sup>**

Las antocianinas son pigmentos flavonoides responsables de los colores rojos, morados y azules en frutas, verduras y flores. Estos compuestos poseen propiedades antioxidantes que ayudan a combatir los radicales libres y protegen las células del daño oxidativo. Además, se ha demostrado que las antocianinas ofrecen varios beneficios para la salud, incluyendo la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, la mejora de la función cerebral y el fomento de una mejor salud ocular.<sup>31</sup>

### **2.3.2 Antioxidantes<sup>38</sup>**

Átomos o moléculas con un electrón sin pareja, altamente reactivos, de vida breve, que tienden a captar un electrón de otros átomos para lograr estabilidad electroquímica.<sup>38</sup>

### **2.3.3 Polifenoles<sup>39</sup>**

Los polifenoles considerados como moléculas que poseen uno o más grupos hidroxilo entrelazados a un anillo aromático. Juntamente con las vitaminas, los polifenoles son considerados antioxidantes importantes para una dieta adecuada, presentes en frutas, hortalizas, raíces y cereales.<sup>39</sup>

### **2.3.4 Extracción<sup>31</sup>**

La extracción de pigmentos naturales es un proceso fundamental, por ello se lleva a cabo teniendo en cuenta los factores que pueden afectar la composición de los mismos.<sup>31</sup>

### **2.3.5 Fermentación<sup>36</sup>**

Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y cuyo producto final es un compuesto orgánico.<sup>36</sup>

## CAPÍTULO III

### HIPÓTESIS

#### 3.1. Hipótesis General

Las condiciones temperatura y pH para la extracción de antocianinas por fermentación influyen en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante, del extracto obtenido a partir de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” para su uso como antioxidante y colorante en la industria farmacéutica.

#### 3.2. Hipótesis Específicas

- La temperatura y pH tiene efecto significativo en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.
- La optimización de los parámetros de extracción por fermentación maximiza el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.
- El extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón tiene alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante

#### 3.3. Variables y Operacionalización de variable

##### a) Variables independientes

##### Temperatura y pH de fermentación

Es la temperatura que deberá alcanzar el biorreactor de fermentación, donde el mosto consiste en la transformación en alcohol de los azúcares que contiene por acción de levadura en medio de pH adecuado<sup>33</sup>.

Se consideraron tres dimensiones para la temperatura de fermentación: 20, 30 y 40°C y para el pH tres dimensiones: 3, 4, y 6.

**b) Variables dependientes**

**Rendimiento de antocianinas:** La cantidad de antocianinas obtenido por cada de extracción expresados en mg Cianidina-3-glucosido/100g.

**Contenido de fenoles:** El contenido de fenoles totales obtenido por cada extracción expresados mg EAG /100 g.

**Actividad antioxidante:** La actividad antiradicalaria expresado en  $\mu\text{mol}$  trolox /100 g.

## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de Investigación<sup>40</sup>**

**Método científico:** Es un enfoque ordenado para estudiar fenómenos y obtener información. Inicia con la observación de un problema, seguido por la formulación de una pregunta y la elaboración de una hipótesis. A continuación, se llevan a cabo experimentos para probar la hipótesis, se analizan los datos recogidos y se extraen conclusiones.<sup>40</sup>

En esta investigación se realizó un estudio científico que consistió en un conjunto organizado y metódico de actividades, diseñado para recopilar todos los datos pertinentes sobre el tema y resolver el problema planteado.<sup>40</sup>

### **4.2. Tipo de Investigación<sup>41</sup>**

**Tipo Aplicada:** Esta investigación se enfoca en identificar mecanismos o estrategias para alcanzar objetivos específicos, cómo tratar una enfermedad, elevar el nivel de bienestar social de una comunidad o introducir innovaciones en el campo tecnológico. No se limita a la indagación, sino que busca transformar las ideas en acción, generando bienes y servicios que sean útiles y que contribuyan a mejorar la calidad de vida. En este contexto, se incluye la Investigación-Acción.<sup>41</sup>

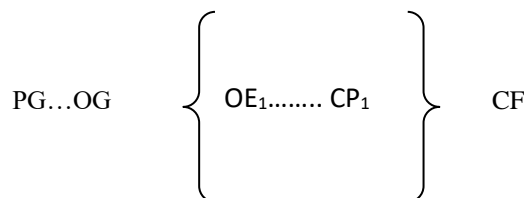


### 4.3 Nivel de investigación<sup>42</sup>

**Nivel explicativo:** El nivel explicativo se centra en la profundidad y precisión con la que se aborda y entiende un fenómeno, abarcando cómo se desarrolla, sus causas y consecuencias, y los mecanismos que lo subyacen. Su objetivo es proporcionar una explicación integral que no solo describa el fenómeno, sino que también aclare los procesos y conexiones que lo sustentan, vinculándolo con teorías y conocimientos existentes para una comprensión más completa.<sup>42</sup>

### 4.4. Diseño de la Investigación<sup>41</sup>

**Diseño experimental:** El diseño experimental es un método estadístico que implica la manipulación deliberada de las variables independientes en un modelo para evaluar y cuantificar su efecto sobre la variable dependiente. Este método se basa en propiedades cuantitativas, lo que implica el uso de matemáticas para medir los cambios observados en la variable dependiente. Es importante recordar que la variable dependiente en un estudio o modelo estadístico es aquella que se explica en función de las variables independientes.<sup>41</sup>



Donde:

PG = Problema general

OG = Objetivo general

OE = Objetivos específicos

CP = Conclusión parcial

CF = Conclusión final

### 4.5. Población y muestra

#### 4.5.1 Población

La población fue mashua proveniente del distrito de Acolla, provincia de Jauja Departamento de Junín. La población se refiere al conjunto de elementos que pertenecen a un ámbito general en el cual se lleva a cabo el trabajo de investigación.<sup>32</sup>

## **4.5.2 Muestra**

15 kg de mashua. Es un segmento representativo de una población, caracterizado por su objetividad, y actúa como un reflejo de la población total. Los resultados obtenidos de esta muestra se utilizan para generalizar las características de toda la población estudiada.<sup>32</sup>

### **4.5.2.1. Criterios de Inclusión**

- Mashua en buenas condiciones de conservación.
- Mashua que no muestran indicios de contaminación microbiológica.
- Mashua que muestran características físico-sensoriales adecuadas, tamaño y color.

### **4.5.2.2. Criterio de exclusión**

- Mashua en malas condiciones de conservación.
- Mashua que muestran indicios de alguna contaminación microbiana.
- Mashua que muestran malas características físico-sensoriales como tamaño y color.

## **4.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1 Técnicas**

En el estudio, se aplicó la técnica de observación sistemática, adaptada al proceso experimental, lo que facilitó la obtención de datos secuenciales siguiendo una cronología definida por los investigadores. Además, esta técnica tuvo en cuenta los factores externos que podrían afectar su implementación

### **4.6.2 Instrumentos**

Para la cuantificar la concentración de antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las muestras se utilizó el espectrofotómetro UV-Vis. Para determinar el químico proximal y características fisicoquímicas se utilizó los equipos necesarios tales como mufla, equipo Kjeldahl, estufa de secado, potenciómetro, refractómetro, equipo de titulación, entre otros.

### 4.6.3 Procedimientos de la Investigación

#### 4.6.3.1 Procedimiento de extracción de antocianinas por fermentación<sup>14</sup>.

##### a. Selección y Preparación de la Materia Prima

- **Selección de la Materia Prima:** Se utilizó la mashua en su estado fresco y maduro, ya que en estas condiciones la concentración de antocianinas es generalmente más alta.
- **Limpieza y Corte:** La mashua fue lavada para eliminar cualquier contaminante y cortada en dos partes para aumentar la superficie de exposición.

##### b. Pretratamiento

- **Triturado:** Fue triturado con tamiz #15(130mmm) para facilitar la liberación de antocianinas durante la fermentación.

##### c. Fermentación

- **Selección de Microorganismos:** se empleó microorganismos específicos como levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) (4g) que son eficaces en la liberación de antocianinas.
- **Medio de Cultivo:** Prepara un medio de cultivo adecuado (4g) se inoculó a la muestra que se encontraba en 500 mL de solución de ácido cítrico estéril

##### d. Condiciones de Fermentación:

- **Temperatura:** Se mantuvo a 30°C temperatura óptima para el crecimiento de los microorganismos seleccionados.
- **pH:** Se ajustó el pH del medio de cultivo, 4.5 para optimizar la estabilidad de las antocianinas.
- **Tiempo de Fermentación:** La duración de la fermentación fue 72 horas

##### e. Extracción de Antocianinas

- **Separación de Sólidos:** Después de la fermentación se filtró y centrifugó a 1776 rpm por 10 min el material fermentado para separar los sólidos del líquido.
- **Solvente de Extracción:** Se utilizó el solvente adecuado como etanol acidificado al 70 % para extraer las antocianinas del líquido fermentado.
- **Método de Extracción:** Se realizó mediante agitación constante.

##### f. Purificación

- **Filtración:** Se filtró el extracto para eliminar cualquier residuo sólido.
- **Concentración:** Se concentró el extracto mediante evaporación al vacío para obtener un producto más concentrado.

**g. Análisis y Cuantificación**

- **Método espectrofotométrico:** Fue realizado por espectrofotometría UV-Vis a 518 nm.

**h. Congelación y liofilización:** El extracto de antocianinas fue congelada y liofilizada para su uso en la industria farmacéutica.

**4.6.4 Técnicas de Análisis de la caracterización de los *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua”**

**a. Composición químico proximal**

Método recomendado por la AOAC (2012), para determinar humedad, proteínas, grasas, fibra, cenizas y carbohidratos totales <sup>43</sup>

**b. Cuantificación de Antocianinas totales:**

Método recomendado por Giusti, M; Wrolstad, R. 2001<sup>44</sup>.

**c. Actividad antioxidante**

Método recomendado por Kukoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., & Mancini, J. (2005)<sup>45</sup>.

**d. Cuantificación de fenoles**

Método Método Folin–Ciocalteu, (García, Fernández, & Fuentes, 2015)<sup>46</sup> (Villanueva, Condezo, & Asquieri, 2010)<sup>39</sup>.

**e. Determinación de sólidos solubles:**

Método recomendado por la Norma AOAC (2012), utilizando un refractómetro, expresando en °Brix<sup>47</sup>.

**f. pH:**

Método potenciómetro recomendado por la AOAC (2012), que es un sensor utilizado en el método electroquímico<sup>47</sup>.

**g. Acidez:**

Método titulación termométrica recomendado por la AOAC (2012), utilizando un equipo de titulación<sup>47</sup>.

#### 4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En la investigación se utilizó diferentes métodos de análisis del tubérculo *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” y de las respuestas de la influencia de la fermentación a diferentes temperatura y pH con el fin de evaluar el rendimiento de antocianinas totales, fenoles y actividad antioxidante.

##### 4.7.1. Diseño estadístico

Para el procesamiento de los datos se empleó el diseño compuesto central (DCC) es una técnica experimental utilizada para explorar la relación entre variables independientes y una respuesta en un proceso o sistema. Por otro lado, la metodología de superficie de respuesta es una herramienta estadística utilizada para modelar y optimizar procesos, generalmente en entornos de diseño experimental.

##### **Modelo aditivo lineal para extracción de antocianinas de Mashua**

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + r_k + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Cantidad de las antocianinas

$\mu$  = influencia del promedio general

$A_i$  = influencia del i-esimo nivel de la temperatura

$B_j$  = influencia del j- esimo nivel de pH.

$r_k$  = numero de repeticiones (k= 1,2,3)

$\varepsilon_{ijk}$  = error

El análisis estadístico se llevó a cabo en los softwares SPSS V.27 y Desing Expert 13. SPSS es conocido por su capacidad para realizar una amplia gama de análisis estadísticos, desde estadísticas descriptivas básicas hasta análisis avanzados como ANOVA, regresión, análisis factorial y análisis de supervivencia, entre otros. Por otro lado, Design Expert es un software especializado en diseño de experimentos y optimización.

#### 4.8. Aspectos éticos de la investigación

La investigación de tesis, de acuerdo con los objetivos establecidos, destaca la importancia de utilizar métodos que no contaminen el medio ambiente, protegiendo así a nuestra población y fomentando el uso de tubérculos andinos subutilizados en la región altoandina central. Además, se enfoca en recuperar y promover el consumo del tubérculo *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, conocido como "Mashua", como un recurso nativo clave para mantener una alimentación saludable. Este enfoque no solo proporcionará información científica valiosa sobre los beneficios del tubérculo, sino que también

contribuirá a identificar nuevas fuentes de alimentos naturales y otros beneficios para la población del valle del Mantaro.

El desarrollo de la investigación deberá tener en cuenta la génesis de los códigos éticos establecidos en los artículos 27° y 28° del Reglamento General de Investigación de la Universidad Peruana Los Andes.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. Análisis de resultados

##### 5.1.1 Análisis descriptivo

###### A. Análisis de químico proximal de la mashua negra fresca

En Los resultados del análisis químico proximal se presentan en la tabla 6, obtenidos mediante métodos normalizados en la Norma Técnica AOAC. Se emplearon tanto métodos gravimétricos, que miden la masa de un compuesto o el cambio en la masa de la muestra tras una reacción química específica (por ejemplo, la extracción de la grasa utilizando éter de petróleo y posterior determinación gravimétrica), como métodos volumétricos, que implican la medición del volumen de una solución de reactivo de concentración conocida que reacciona con el analito en la muestra (por ejemplo, el método de Kjeldahl para la determinación de proteínas). Cada análisis se replicó tres veces para garantizar la precisión de los datos obtenidos.

**Tabla 6. Análisis químico proximal de la mashua negra fresca**

<b>Parámetro</b>	<b>Determinación <math>\pm</math>SD</b>
Humedad	86.47 $\pm$ 0.14
Proteínas	1.38 $\pm$ 0.04
Grasa	0.30 $\pm$ 0.03
Fibra	1.09 $\pm$ 0.15
Cenizas	0.79 $\pm$ 0.06
Carbohidratos totales	9.97 $\pm$ 0.30

**Fuente: Elaboración propia**

## B. Contenido de antocianinas

**Tabla 7. Contenido de antocianinas**

Tratamientos	Temperatura(°C)	pH(mol/L)	Antocianinas (mg Cianidina-3 glucosido/100g)
1	30	4.5	172.359
2	30	4.5	174.845
3	44	4.5	179.373
4	16	4.5	120.347
5	30	6.6	74.235
6	30	4.5	178.345
7	40	3	186.764
8	20	6	80.234
9	40	6	65.876
10	30	4.5	179.347
11	30	2.4	175.342
12	30	4.5	177.945
13	20	3	120.351

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 7, se observa los resultados respecto al contenido de antocianinas de 74.235 a 186.764 en mg Cianidina-3 glucósido/100g, para las trece corridas según la metodología superficie respuesta.

## C. Contenido de polifenoles totales

**Tabla 8. Fenoles totales de la Mashua**

	Mashua fresca (mg EAG /100 g)	Mashua fermentada (mg EAG /100 g)
R1	611.45	867.72
R2	612.54	853.123
R3	609.68	856.34
Total	611.22 ± 1.44	867.72 ± 1.94

**Fuente: Elaboración propia**



La tabla 8, muestra los valores obtenidos para los fenoles totales presentes en la Mashua fresca y fermentada, donde el mayor valor se obtuvo mediante el proceso de fermentación reportando un valor de 867.72 mg EAG /100 g de Mashua.

#### D. Actividad antioxidante

**Tabla 9. Actividad antioxidante**

	Mashua fresca ( $\mu\text{mol trolox /100 g}$ )	Mashua fermentada ( $\mu\text{mol trolox /100 g}$ )
R1	227.65	367.245
R2	232.29	365.845
R3	231.45	367.452
Total	$230.46 \pm 2.47$	$366.85 \pm 0.87$

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 9, muestra los valores obtenidos para la actividad antioxidante presentes en la Mashua fresca y fermentada, donde el mayor valor se obtiene mediante el proceso de fermentación reportando un valor de 366.85  $\mu\text{mol trolox /100 g}$  de Mashua, se observa que es directamente proporcional al contenido de fenoles totales.

#### 5.2 Contrastación de hipótesis

La decisión se tomó mediante la comparación de los valores de F obtenidos en el análisis con un valor crítico correspondiente, que se determina en función del nivel de significancia ( $\alpha$ ) elegido. Se utilizó un valor de  $\alpha$  de 0.05. Si el valor de p asociado con un F es menor que  $\alpha$ , se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa. En otras palabras, si el valor de p es menor que 0.05, se considera que el factor o la interacción correspondiente tiene un efecto significativo en el contenido de antocianinas.

### A. Hipótesis específica 1

Ho: La temperatura y pH no tiene efecto significativo en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

Ha: La temperatura y pH tiene efecto significativo en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

**Tabla 10. Análisis de varianza del contenido de antocianinas**

Origen	Tipo III de suma de		Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	25507,389	8	3188,424	381,150	,000
Intersección	126756,046	1	126756,046	15152,641	,000
pH	15422,161	3	5140,720	614,531	,000
temperatura	3438,505	3	1146,168	137,015	,000
pH * temperatura	1630,989	1	1630,989	194,971	,000
Error	33,461	4	8,365		
Total	298971,130	13			
Total, corregido	25540,850	12			

Nota. Tomado del SPSS V 27.

Esta tabla 11 se representa un análisis de varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas, donde se evalúan varios factores y sus interacciones. En primer lugar, el modelo corregido es altamente significativo ( $F = 381.150$ ,  $p < .005$ ), lo que sugiere que al menos uno de los factores o sus interacciones tiene un efecto significativo en el contenido de antocianinas. Los factores individuales, como el pH ( $F = 614.531$ ,  $p < .005$ ) y la temperatura ( $F = 137.015$ ,  $p < .005$ ), así como la interacción entre pH y temperatura ( $F = 194.971$ ,  $p < .005$ ), también son altamente significativos. Estos resultados indican que tanto el pH como la temperatura tienen un impacto significativo en el contenido de antocianinas, y hay una interacción significativa entre ellos. La alta significancia de estos factores y su interacción sugiere que son importantes predictores del contenido de antocianinas en el modelo analizado. Por lo que se acepta la hipótesis alterna siendo la temperatura y pH tiene efecto significativo en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

## B. Hipótesis específica 2

Ho: La optimización de los parámetros de extracción por fermentación no maximiza el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

Ha: La optimización de los parámetros de extracción por fermentación maximiza el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

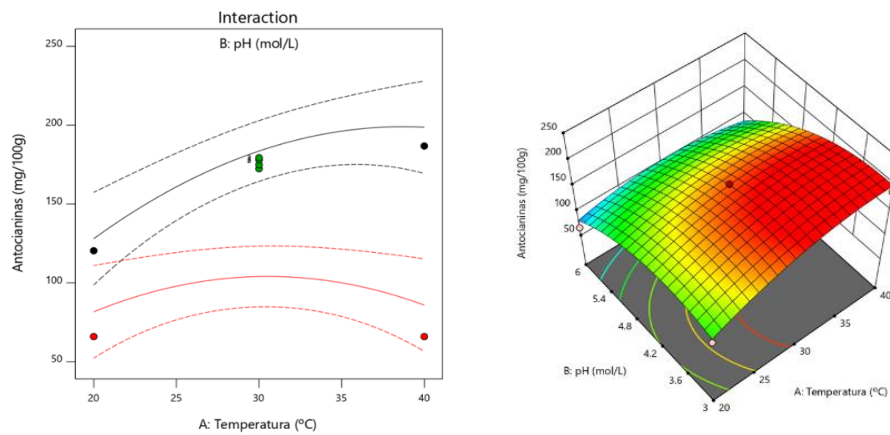


Figura 4. Optimización del contenido de antocianinas mediante el programa desing expert 13

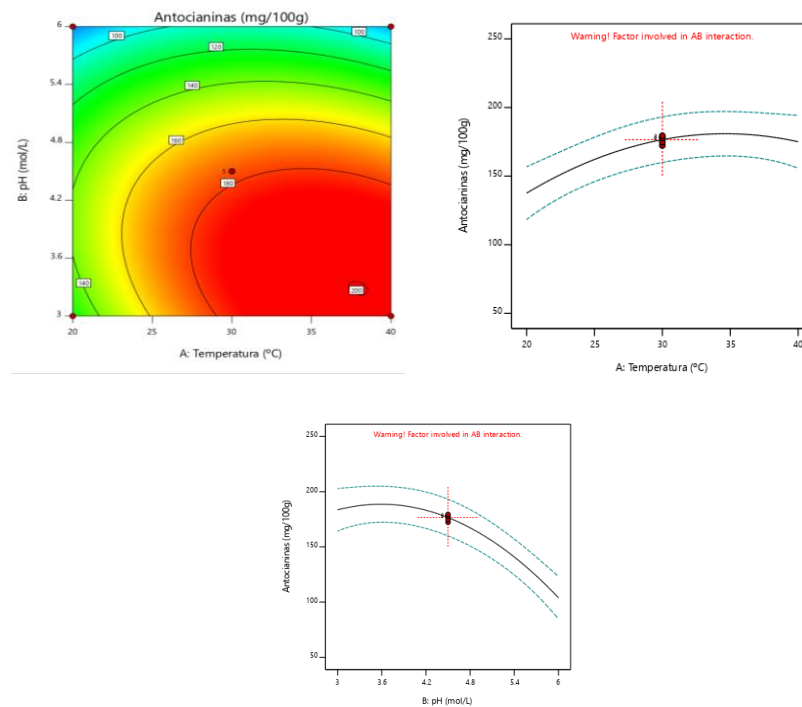


Figura 5. Gráfica de contornos de interacción del contenido de antocianinas

Según la figura 7 y 8 se observa que cuanto mayor sea la temperatura de extracción mayor es el contenido de antocianinas, de la misma manera cuanto menor sea el pH, mayor es el contenido de antocianinas. Entonces, en función a las gráficas se representan una combinación de temperatura y pH que se considera óptima para la extracción de antocianinas, con un valor específico de extracción de cianidina-3-glucósido y una medida de deseabilidad compuesta asociada. En este caso, se muestra una combinación específica de temperatura y pH (38.99°C y 3.19 mol/L, respectivamente) que resultó en una cantidad de 200.865 mg de cianidina-3-glucósido extraída de antocianina.

Dando como conclusión la hipótesis alterna, que indica la optimización de los parámetros de extracción por fermentación maximiza el rendimiento de obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón.

### C. Hipótesis específica 3

Ho: El extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón no tiene alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.

Ha: El extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón tiene alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante

**Tabla 11. Prueba de muestras emparejadas de t de Student para los polifenoles de mashua fresca y fermentada**

Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
-247,99100	7,87969	4,54934	-267,56523	-228,41677	-54,511	2	,000

Nota. Tomado del SPSS V 27.

Los resultados indican que hay una diferencia significativa en los niveles de polifenoles entre las dos condiciones ( $t = -54.511$ ,  $p < 0.001$ ). Estos resultados sugieren que la fermentación de la mashua ha conducido a un aumento significativo en los niveles de fenoles totales en comparación con la mashua fresca. El alto contenido de polifenoles en la mashua fermentada puede tener implicaciones importantes para su valor nutricional y beneficios para la salud, ya

que los polifenoles se han asociado con diversas propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, como la prevención de enfermedades crónicas y la protección contra el estrés oxidativo.

**Tabla 12. Prueba de muestras emparejadas de t de Student para la capacidad antioxidante de mashua fresca y fermentada**

Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
-136,38467	3,03912	1,75464	-143,93427	-128,83507	-77,728	2	,000

*Nota.* Tomado del SPSS V 27.

La tabla 12 proporciona los resultados de una prueba de muestras emparejadas de la t de Student para comparar la capacidad antioxidante entre la mashua fresca y la fermentada. Los resultados revelan una diferencia altamente significativa en la capacidad antioxidante entre las dos condiciones ( $t = -77.728$ ,  $p < 0.001$ ). La capacidad antioxidante, representada por la media de -136.38467 para la mashua fresca y -143.93427 para la mashua fermentada, indica que ambas condiciones exhiben una capacidad antioxidante, siendo más alta en la mashua fermentada. Este hallazgo es significativo ya que una alta capacidad antioxidante se asocia comúnmente con beneficios para la salud.

En función a los hallazgos se acepta la hipótesis alterna en el que el extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón tiene alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE DATOS

Se determinó el efecto de la temperatura y el pH en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, lo que reveló un efecto significativo. En el estudio llevado a cabo por Heras, Alvis y Arrazola<sup>10</sup>, titulado "Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (*Solanum melongena* L.)", se determinaron las condiciones óptimas para la extracción. Estas condiciones incluyeron el uso de un solvente acidificado al 50%, un tiempo de procesamiento de 4 horas y una temperatura de 30 °C. Bajo estas condiciones, se obtuvieron los mayores contenidos de antocianinas, alcanzando un valor de 62 mg de Cianidina-3-glucósido por cada 100 g de muestra. Sin embargo, al comparar estos resultados con los obtenidos para la mashua, se encontró un contenido significativamente mayor, llegando a los 186.764 mg de Cianidina-3 glucósido por cada 100 g. Además, en el estudio realizado por Figueroa et al.<sup>12</sup>, sobre la actividad antioxidante de las antocianinas en la cáscara de pitahaya, se obtuvo un valor aún más elevado, alcanzando los 323,9087 mg de cianidin-3-glucósido por cada 100 g de contenido de antocianinas en dicha cáscara. Esto sugiere que la cáscara de pitahaya podría ser una fuente especialmente rica en antioxidantes, con aplicaciones potenciales tanto en alimentos como en la industria farmacéutica. Es importante destacar que este valor supera el obtenido en nuestro estudio, lo que posiblemente se deba a diferencias en las materias primas utilizadas. Por otro lado, el estudio realizado por González<sup>8</sup> sobre la extracción de antocianinas de uvas silvestres (*Cissus verticillata*), reveló resultados prometedores con valores de 179,68 a 413,6314 mg/L de cianidina-3-glucosido, aproximadamente en la misma escala que los obtenidos para la mashua negra. Esto sugiere que las uvas silvestres podrían ser una fuente valiosa de antocianinas, aunque es importante tener en cuenta que la comparación se realizó en términos de concentración en lugar de contenido por unidad de peso.

Se determinaron los parámetros óptimos de extracción por fermentación para maximizar el rendimiento en la obtención de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, conocido como "Mashua". El estudio llevado a cabo por Davalos tuvo como objetivo identificar estas condiciones óptimas para la extracción de antocianinas de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y evaluar su contenido total de polifenoles y capacidad

antioxidante. Los resultados de la optimización del modelo indicaron que las condiciones ideales incluyeron el uso de un solvente acidificado con un pH de 3.317, un tiempo de procesamiento de 264.564 minutos y una temperatura de 37.769 °C. Estas condiciones permitieron alcanzar un contenido máximo de antocianinas de 170.36 mg de cianidina-3-glucósido por cada 100 g de muestra. Además, se estimó que el contenido total de polifenoles fue de  $10.66 \pm 0.624$  mg de ácido biliar/g, utilizando el método Folin-Ciocalteu, y la actividad antioxidante fue de  $42.76 \pm 2.92$   $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox/g, según el método DPPH. Sin embargo, es importante señalar que estos valores fueron inferiores a los obtenidos en nuestra propia investigación sobre la mashua.

Se evaluaron los fenoles totales y la capacidad antioxidante de la antocianina obtenida a través del método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, conocido como "Mashua", y los resultados han sido prometedores. En el estudio titulado "Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*)", Diaz<sup>18</sup> investigó la actividad antioxidante utilizando el método DPPH mediante espectrofotometría. Se evaluaron las absorbancias de las muestras a diferentes concentraciones (5, 25, 50, 75, 150) para determinar el porcentaje de inhibición antioxidante, expresado como IC50 (concentración de extracto necesaria para una inhibición del 50%), y la concentración de compuestos fenólicos mediante el método de Folin-Ciocalteu, expresado en ácido gálico (AG). Los resultados mostraron que la actividad antioxidante para la variedad morada de "mashua" fue de 146.46  $\mu\text{g/ml}$ , y la concentración de compuestos fenólicos fue de  $779.14 \pm 32.81$   $\mu\text{g}$  AG/ml. Estos valores fueron menores a los encontrados en nuestra investigación, lo que sugiere que factores como el tipo de suelo, la variedad y la procedencia pueden influir significativamente en los resultados antioxidantes del extracto de Mashua encapsulado con maltodextrina. En nuestro estudio, una vez que el tubérculo fue seleccionado, lavado, desinfectado y troceado, se sometió a filtración y centrifugación antes de ser microencapsulado con maltodextrina a concentraciones de 5%, 7.5% y 10% y a temperaturas de 120 °C, 130 °C y 140 °C. El mejor tratamiento resultó ser a 120 °C y 5% de maltodextrina, con 207.72 mg/100 g de polvo y 543.96  $\mu\text{mol}$  TE/g de polvo. Estos valores superaron a los encontrados para la mashua negra en nuestra investigación. Aguirre evaluó la "presión, temperatura y cosolvente en el rendimiento y actividad antioxidante de antocianinas extraídas de mashua negra por fluidos supercríticos", obteniendo valores de 84.92 a 105.82 mg de cianidina/100 g de mashua morada. La

identificación de antocianinas mediante cromatografía líquida (HPLC) reveló la presencia de delphinidin-3-O-glucósido, cianidin-3-O-glucósido y cianidin-3-rutinoside, recomendados para aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.

Asimismo De La Cruz y Ninanya<sup>23</sup>, determinaron el “contenido de antocianinas de la beterraga (*Beta vulgaris*) por método pH diferencial”, para ello se preparó un extracto acidificado a un pH=2 previamente extraído sólido a líquido, mediante espectrofotometría a longitud de onda de 510 a 700 nm, lo cual se tuvo como resultado un valor promedio para las antocianinas presentes en los bulbos 83,292 mg de cianidina-3-glucósido/g, 69,694 mg en los tallos, de cianidina -3 glucosido/g en la hojas de la beterraga. Estos valores encontrados en la beterraga son menores a los que nosotras hemos obtenido para la mashua.



## CONCLUSIONES

1. Se determinó que, las condiciones de temperatura y pH para la extracción de antocianinas por fermentación a partir de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” son una temperatura de 40°C y un pH de 3. Estas condiciones fueron observadas en el tratamiento 7, el cual presentó la mayor concentración de antocianinas, alcanzando 186.764 mg de cianidina-3-glucósido por cada 100g de muestra. Esto indicó que, un entorno altamente ácido y una temperatura elevada son cruciales para maximizar la extracción de antocianinas, que pueden ser utilizadas como antioxidantes y colorantes naturales en la industria farmacéutica
2. En base al análisis de varianza (ANOVA) realizado, se determinó que, tanto la temperatura como el pH tienen un efecto significativo en la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón. El modelo corregido mostró una alta significancia ( $F = 381.150$ ,  $p < .005$ ), indicando que al menos uno de los factores o sus interacciones afecta significativamente el contenido de antocianinas. Individualmente, el pH ( $F = 614.531$ ,  $p < .005$ ) y la temperatura ( $F = 137.015$ ,  $p < .005$ ) son factores altamente significativos, al igual que su interacción ( $F = 194.971$ ,  $p < .005$ ).
3. Se concluye que la optimización de los parámetros de extracción por fermentación que maximiza el rendimiento de antocianinas en *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón "Mashua" se alcanza con una temperatura de 38.99°C y un pH de 3.19. Estas condiciones resultaron en la extracción de 200.865 mg de cianidina-3-glucósido.
4. Se determinó los fenoles totales y capacidad antioxidante de la antocianina obtenida por el método de fermentación de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”, teniendo como 867.72 mg EAG /100 g de fenoles totales y una actividad antioxidante igual a 366.85  $\mu\text{mol}$  trolox /100 g

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los futuros investigadores realizar análisis fisicoquímicos del extracto de antocianinas de la Mashua para una adecuada aplicación del extracto en la industria alimentaria y farmacéutica.
- Se recomienda a futuros tesisistas, investigadores, laboratorios de investigación y desarrollo evaluar la vida útil y métodos de conservación (estabilidad) del extracto de antocianinas de la Mashua para optimizar el uso de sus propiedades.
- Se recomienda a los laboratorios de investigación y desarrollo, laboratorios de industrias alimentarias analizar y considerar las propiedades del extracto de Mashua para su aplicación en la industria farmacéutica o alimentaria, como colorante o antioxidante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Juan RS. La química de los colorantes en los alimentos. Química Viva [Internet]. 2013;12:234-246.[Consultado 22 Nov 2023].  
Disponible en : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>.
2. Da Silva FL, Escribano-Bailón MT, Pérez Alonso JJ, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. Anthocyanin pigments in strawberry. LWT. 2007;40(2):374-382. [Consultado 22 Nov 2023].  
Disponible en:[https://www.researchgate.net/publication/248558624\\_Anthocyanin\\_pigments\\_in\\_strawberry\\_LWT- Food Sci Technol](https://www.researchgate.net/publication/248558624_Anthocyanin_pigments_in_strawberry_LWT- Food Sci Technol)
3. Rios NCB, Varón FA, Garzón LP. Extracción de pigmentos colorantes tipo flavonoides, flor del pomo (Syzygium jambos). Zona verde del IEAR. Florencia, Caquetá. Amaz Investig [Internet]. 2015;3(2):34-43. [Consultado 12 Mar 2023]  
Disponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/amazonia-investiga/article/view/55>
4. Kraser RB, Hernández SA. Colorantes alimentarios y su relación con la salud: ¿Cómo abordar esta problemática desde el estudio de las disoluciones? Rev Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. 2019;17(1):1-15. [Consultado 11 Mar 2023]  
Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/920/92060626006/92060626006.pdf>
5. Pellicer MA, Dominguez MJ. Revisión bibliográfica sobre los efectos adversos de los colorantes sintéticos de 2008 a 2021. Univ Católica Val [Internet]. 2021;28. [Consultado 22 Nov 2023]  
Disponible en: [https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1903/Revisión\\_bibliográfica\\_sobre\\_los\\_efectos\\_adversos\\_de\\_los\\_colorantes\\_sintéticos\\_de\\_2008\\_a\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1903/Revisión_bibliográfica_sobre_los_efectos_adversos_de_los_colorantes_sintéticos_de_2008_a_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
6. Vasques Ramos CE, Castañeda Rojas, LK.. Determinación del contenido de antocianinas totales del camote morado (Ipomoea batatas L.), provenientes de Virú y Chiclayo. 2019. [Consultado 22 Nov 2023]  
Disponible: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/909>
7. Gonzales-Daga J, Alvis-Dávila R, Pino-Gaviño JLR, Iziga-Goicochea R. Effect of the aqueous solution of "mashua" on the reproductive capacity of male Mus musculus and its implication in preimplantation embryonic development. Preclinical test. Rev la Fac Med Humana. 2020;20(4):662-669. [Consultado 22 Nov 2023]  
Disponible en: [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE\\_86054397203d8947c02f6732b1fc4f17](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_86054397203d8947c02f6732b1fc4f17)
8. Nicoli Gonzáles V. Optimización de los parámetros de pH, temperatura y tiempo de

- reacción en el proceso de laqueado para la producción de colorante natural carmín, a partir de *Dactylopius coccus* Costa ‘Cochinilla’ [tesis pregrado]. Universidad Católica Santa María; 2015.
9. Garz GA. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biol Colomb.* 2008;13(3):27-36.
  10. Heras I, Alvis A, Arrazola G. Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (*Solanum melongena L.*). *Inf Tecnol.* 2013;24(5):93-102.
  11. Gonzalez Escobar MA. Extracción de antocianinas a partir de la uva silvestre (*Cissus verticillata*) para su aplicación como colorante natural en derivados lácteos (yogurt). 2021.
  12. Figueroa R, Tamayo J, González S, Moreno G, Vargas L. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Iberoam Tecnol Postcosecha.* 2011;12:44-50.
  13. Paes J, Dotta R, Martínez J. Extraction of phenolic compounds from blueberry (*Vaccinium myrtillus L.*) residues using supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized water. III *Iberoam Conf Supercrit Fluids.* 2013;1-10.
  14. Zapata LM. Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. Univ Politécnica Val [Internet]. 2014;1-248. [Consultado 07 Oct 2023] Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versión\\_3\\_Tesis\\_Luz\\_Marina\\_Zapata.pdf%281%29.PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versión_3_Tesis_Luz_Marina_Zapata.pdf%281%29.PDF?sequence=21)
  15. Setford PC, Jeffery DW, Grbin PR, Muhlack RA. Mass transfer of anthocyanins during extraction from pre-fermentative grape solids under simulated fermentation conditions: Effect of convective conditions. *Molecules.* 2019;24(1).
  16. Zhang L, Wu G, Wang W, Yue J, Yue P, Gao X. Anthocyanin profile, color and antioxidant activity of blueberry (*Vaccinium ashei*) juice as affected by thermal pretreatment. *Int J Food Prop* [Internet]. 2019;22(1):1036-1046. [Consultado 12 Nov 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1625366>
  17. Zhu Z, Guan Q, Guo Y, He J, Liu G, Li S, et al. Green ultrasound-assisted extraction of anthocyanin and phenolic compounds from purple sweet potato using response surface methodology. *Int Agrophysics.* 2016;30(1):113-122.
  18. Diaz AG. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*). *Journal of Chemical Information and Modeling.* 2019;53:1-34.
  19. Davalos D. Determinación de parámetros óptimos de extracción de antocianinas en Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y evaluación de la actividad antioxidante y polifenoles totales. Univ Nac Micaela Bastidas Apurimac [Internet]. 2019 [citado el 13

- de marzo de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/829>
20. Orellano E, Valverde J. Propiedades físicas, antocianinas y capacidad antioxidante del atomizado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) encapsulado con maltodextrina [tesis de grado]. Tarma, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2017.
  21. Aguirre HLL. Evaluación de presión, temperatura y cosolvente en el rendimiento y actividad antioxidante de antocianinas extraídas de mashua negra por fluidos supercríticos [tesis de pregrado]. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2019. [Consultado 22 Nov 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5565>
  22. Inostroza LA, Castro AJ, Hernández EM, Carhuapoma M, Yuli RA, Collado A, et al. Actividad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón (Mashua) y su aplicación como colorante para yogur. Cienc Invest. 2015;18(2):83-89.
  23. De La Cruz Inga D, Ninanya Gonzales K. Determinación de antocianinas en *Beta vulgaris* "betarraga" por el método de pH diferencial Huancayo-2019 [tesis de pregrado]. Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes; 2021. [Consultado 10 Jul 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2743/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  24. Cgiar C, Manrique I, Arbizu C, Vivanco F, Gonzales R, Ramírez C, et al. *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. [Internet]. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP); 2014 [citado el 13 de marzo de 2024]. 122 p. [Consultado 05 Nov 2023]. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2015/01/006159-mashua.pdf>
  25. Dilas-Jiménez JO, Ascurra-Toro D. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz Pavón): un cultivo subutilizado con alto potencial para zonas altoandinas en el Perú. Alpha Centauri. 2020;1(1):15-24.
  26. Malpartida Yapias RJ, Adama Astete JM, Cajachagua Uscuchagua YY, Rosales Sánchez MC. Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): Una revisión. Rev Tecnológica - ESPOL. 2022;34(2):40-50.
  27. Grau A, et al. Estudios preliminares sobre la respiración en la mashua. Reporte técnico publicado. Biblioteca de Caracas; 2018. Venezuela.
  28. Legia Caceres DA. Autoestima y autocuidado en pacientes con tuberculosis en el Centro de Salud San Genaro, Chorrillos [tesis de pregrado]. Lima: Universidad Alas Peru; 2016. [Consultado 16 Abr 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/4301/Tesis\\_nivel.autoestima\\_autocuidado\\_pacientes\\_tuberculosis\\_centro\\_salud\\_San\\_Genaro\\_Chorrillos.pdf?seq](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/4301/Tesis_nivel.autoestima_autocuidado_pacientes_tuberculosis_centro_salud_San_Genaro_Chorrillos.pdf?seq)

uence=1&isAllowed=y

29. Sordo Sobrino JP. Papel antioxidante de antocianinas presentes en la col morada (*Brassica oleracea*), en sistemas oxidantes de FeCl<sub>3</sub>/Ac. Ascórbico en la peroxidación del ácido linoleico. 2004;(3).
30. Del Acondicionamiento El Contenido De Antocianinas EE, Rosa Luz Cuti Tancayllo Gissela Miranda Bellido S, Harold Renzo Chirinos Urday M. Total de antocianinas para la elaboración de una bebida con propiedad funcional a base de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*) [tesis de pregrado]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2021.
31. Cerro Ruiz S, Espillico Cormilluni L. Antocianinas en corontas y extractos de maíz morado (*Zea Mays L*) "INIA 615" conservados en anaquel. Rev la Soc Química del Perú. 2021;87(3).
32. Aguilera Ortíz MRVM. Propiedades de las antocianinas. Rev Ciencias Biológicas y la Salud. 2011;13:16-22.
33. Aguilera-Otíz M, Reza-Vargas M del C, Chew-Madinaveita RG, Meza-Velázquez JA. Propiedades funcionales de las antocianinas. Biotecnia. 2011;13(2):16.
34. Castro Montenegro VM. Informe de tesis [tesis de pregrado]. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca; 2018. [Consultado 22 Nov 2023] Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/672%0Ahttp://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/3378/INFORME%20DE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
35. Barragán Condor M, Aro Aro JM, Muñoz Cáceres AE, Rodríguez Mendoza J. Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de Muehlenbeckia volcanica. Rev Investig Altoandinas - J High Andean Res. 2020;22(2):161-169.
36. Jurado-Dávila IVF, Cifuentes D, HHN. Evaluación de métodos de extracción de las antocianinas del fruto de Eugenia. Scielo [Internet]. 2020;32(1). [Consultado 3 May 2023]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v32n1/2224-5421-ind-32-01-45.pdf>
37. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolic compounds with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 1965;16:144-158. [Consultado 3 May 2023]. Disponible: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1745552>
38. Fonseca-García L, Calderón-Jaimes LS, Rivera ME. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). Vitae. 2014;21(3):228-236.
39. Peñarrieta JM, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. Rev Boliv Química. 2014;31(2):68-81.
40. Cortes M, Iglesias M. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación. Gen sobre Metodología de la Investigación. 2004;105.

41. Sampieri RH, Collado CF, Lucio MPB. Metodología de la investigación. 6a ed. Ciudad de México: McGraw-Hill; 2014.
42. Hernandez CF. Metodología de la investigación. Journal of Chemical Information and Modeling. 2014;53:1689-1699.
43. Baldera Ocampo JF, Granda Santos MS, Chavez Quintana SG. Capacidad antioxidante y polifenoles totales de infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) y macambo (*Theobroma bicolor*). Rev Investig Agroproducción Sustentable. 2021;5(3):13.
44. Avendaño Prieto G, Acevedo Buitrago B. Proceso de microencapsulación de colorantes naturales presentes en la fresa (*Fragaria vesca*). Rev Ontare. 2015;
45. Ordoñez E, Villanueva J, Reátegui D. Actividad antioxidante y polifenoles totales de infusiones herbarias frescas, secas y comerciales. Investig y Amaz . 2018;8(5):26-39.
46. Quiñones M, Aleixandre MMA. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. [The polyphenols, Nat Occur Compd with Benef Eff Cardiovasc Dis. 2012;27(1):76-89.
47. Zapata LM, Heredia AM, Quinteros CF, Malleret AD, Clemente G, Cárcel JA. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. Ciencia, Docencia y Tecnol. 2014;25(49):166-192.
48. Zhang J, Wen C, Duan Y, Zhang H, Ma H. Avances en polisacáridos de *Cordyceps militaris* (Linn) Link: Aislamiento, estructura y bioactividades: Una revisión. Int J Biol Macromol [Internet]. 2019;132:906-914. [Consultado 08 Ago 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.020>
49. Valero Mallma IG. Evaluación del efecto de la amplitud, tiempo y solvente en la extracción de antocianinas de *Ipomea batatas* L. asistido por ultrasonido. Univ Nac del Cent del Perú. 2021.

# **ANEXOS**



**Anexo 1**  
**Matriz de consistencia**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	Variables		Metodología
			Variables	Dimensión	
P. GENERAL	O. GENERAL	H. GENERAL	<b>V. INDEPENDIENTE</b>		<p><b>Método de investigación.</b> - Método científico.</p> <p><b>Tipo de investigación.</b> - Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación.</b> – Explicativo.</p> <p><b>Diseño de la investigación.</b> – Investigación por Objetivos</p> <p><b>Población y muestra.</b> - “Mashua”</p> <p><b>Técnicas e instrumento de recolección de datos</b></p> <p><b>Técnicas.</b> - Observación sistemática</p> <p><b>Instrumento-</b> Ficha de recolección de datos.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos.</b> Se aplicará las normas internacionales de la metodología AOCS (2008), bajo la norma técnica de muestreo por atributos NTP-2859 que establecen la manipulación y procesamiento de datos. Se utilizó la metodología superficie respuesta con el programa desing expert.</p> <p><b>Aspectos éticos de la investigación.</b> - Basadas en los artículos 27° y 28° del Reglamento general de investigación de la Universidad Peruana Los Andes.</p>
¿Cuáles son las condiciones de temperatura y pH para la extracción por fermentación de antocianinas a partir de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “mashua” para ser utilizado como antioxidante y colorante natural en la industria farmacéutica?	Determinar las condiciones de temperatura y pH para la extracción por fermentación de antocianinas a partir de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “mashua” para ser utilizado como antioxidante y colorante natural en la industria farmacéutica.	Las condiciones temperatura y pH para la extracción de antocianina por fermentación influye en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante, del extracto obtenido a partir de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “mashua” para su uso como antioxidante y colorante en la industria farmacéutica.	Temperatura de fermentación	20 °C 30 °C 40 °C	
P. ESPECÍFICOS	O. ESPECÍFICOS	H. ESPECÍFICOS	<b>V. DEPENDIENTE</b>		
1. ¿Cuál es el efecto de la temperatura y pH en la extracción de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón?	1. Determinar el efecto de la temperatura y pH en la extracción de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón.	1.La temperatura y pH tiene efecto significativo en la extracción de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón.	Antocianinas	Contenido de antocianinas	
			Fenoles totales	Contenido de fenoles totales	
2. ¿Cuáles son los parámetros óptimos de extracción por fermentación que maximizan el rendimiento de obtención de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón?	2. Determinar la optimización de parámetros de extracción por fermentación que maximicen el rendimiento de obtención de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón “Mashua”.	3.La optimización de los parámetros de extracción por fermentación maximiza el rendimiento de obtención de antocianinas de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón.	Actividad antioxidante	µmol trolox	
3. ¿Cuál es el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del extracto de antocianina obtenido mediante el método de fermentación de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón?	4. Determinar los fenoles totales y la capacidad antioxidante del extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón.	5.El extracto de antocianina obtenida por el método de fermentación de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón tiene alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante			

## Anexo 2

### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
V.I  Temperatura de fermentación:  pH del Mosto de fermentación:	Parámetros de fermentación por fermentación para extracción de antocianinas a partir de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón "mashua"	El tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz y Pavón "mashua" es recolectada, pulpéada y luego sometida a fermentación y posterior es filtrado y evaporado en Rotavapor	20 °C 30°C 40°C  2 mol/L 3 mol/L 4 mol/L	Obtención de antociana, fenoles y antioxidantes
V.D.  Rendimiento de Antocianinas totales Contenido de fenoles Actividad antioxidante.	Los antioxidantes son sustancias químicas que inhiben los radicales libres, ya que estos ceden un electrón al radical libre, oxidándose.	La reducción y estabilización del DPPH*, produciendo una disminución de la absorbancia a 517 nm y se expresa como porcentaje de inhibición	mg Cianidina-3 glucósido/100g.  mg EAG /100 g de Mashua.  $\mu\text{mol trolox /100 g}$	Decoloración de las reacciones

## Anexo 3

### Identificación taxonómica de la especie vegetal



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

#### CONSTANCIA N° 176-USM-MHN-2023

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (tubérculo) recibida de **Rocío del Pilar Torres Castro y Daniela Sthefany Carrera Huaman**, egresadas de la Universidad Peruana Los Andes ha sido estudiada y clasificada como: *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Brassicales

FAMILIA : TROPAEOLACEAE

GÉNERO : *Tropaeolum*

ESPECIE : *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.

Nombre vulgar: "Mashua negra"

Procedencia: Acolla, Jauja, Junín

Determinado por: MSc. Hamilton Beltrán Santiago.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 8 de agosto de 2023

Dra. Joaquina Aiban Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

**Anexo 4**  
**Base de datos**

a) Información recopilada para las características Fisicoquímicas del aceite de la Mashua fresca

Componentes g/100g	R1	R2	R3	Media	DesvStand ±
Humedad	86.34	86.62	86.45	86.47	0.14
Proteínas	1.34	1.38	1.41	1.38	0.04
Grasa	0.34	0.28	0.29	0.30	0.03
Fibra	0.93	1.12	1.23	1.09	0.15
Cenizas	0.73	0.78	0.85	0.79	0.06
Carbohidratos totales	10.32	9.82	9.77	9.97	0.30

b) Datos de optimización de antocianinas de la Mashua fermentada

Ensayos de fermentaciones	Temperatura(°C)	pH(mol/L)	Antocianinas(mg Cianidina-3-glucosido/100g)
1	30	4.5	172.359
2	30	4.5	174.845
3	44	4.5	179.373
4	16	4.5	120.347
5	30	6.6	74.235
6	30	4.5	178.345
7	40	3	186.764
8	20	6	80.234
9	40	6	65.876
10	30	4.5	179.347
11	30	2.4	175.342
12	30	4.5	177.945
13	20	3	120.351

c) Fenoles de la Mashua fresca y fermentada

Muestra	Concentración en mg EAG /100 g				
	R1	R2	R3	Media	Dstand
Muestra fresca	611.45	612.54	609.68	611.22	1.44

Muestra	Concentración en mg EAG /100 g				
	R1	R2	R3	Media	Dstand
Muestra fresca	852.84	853.123	856.34	867.72	1.94

d) Antioxidantes de la Mashua fresca y fermentada

	<b>Concentración en <math>\mu\text{mol trolox /100 g}</math></b>				
Muestra	R1	R2	R3	Media	Dstand
Muestra fresca	227.65	232.29	231.45	230.46	2.47
	<b>Concentración en <math>\mu\text{mol trolox /100 g}</math></b>				
Muestra	R1	R2	R3	Media	Dstand
Muestra fresca	367.245	365.845	367.452	366.85	0.87

Resultados de análisis de concentración de antioxidantes expresados en  $\mu\text{mol}$  de trolox por cada 100 gramos de muestra.

Para la muestra fresca, se realizaron tres repeticiones de análisis (R1, R2, R3). La media de la concentración de antioxidantes en la muestra fresca fue de aproximadamente  $230.46 \mu\text{mol trolox/100 g}$ , con una desviación estándar de 2.47.

En otro conjunto de datos para la misma muestra fresca, se obtuvieron tres repeticiones de análisis nuevamente. En este caso, la media de la concentración de antioxidantes fue de alrededor de  $366.85 \mu\text{mol trolox/100 g}$ , con una desviación estándar de 0.87.

Estos resultados sugieren que la segunda serie de análisis arrojó una concentración de antioxidantes significativamente mayor en comparación con la primera serie, dado que la media es mayor. La desviación estándar también es menor en la segunda serie, lo que puede indicar una mayor consistencia en los resultados.

## Anexo 5

### Validación de Instrumentos y juicio por expertos



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



#### FICHA DE VALIDACIÓN INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO POR EXPERTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Título de la investigación: “EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA”
- 1.2 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación
- 1.3 Autoras: Bachiller Daniela Sthefany Carrera Huamán y Bachiller Rocío Del Pilar Torres Castro

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
		1	2	3	4
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				4
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables			3	
3. Actualidad	Adecuado al avance de ciencias de la salud			3	
4. Organización	Existe una organización lógica				4
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				4
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación				4
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			3	
8. Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores			3	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				4
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				4
PUNTAJES				12	24

#### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 36

Deficiente (10)      Aceptable (11 – 20)      Bueno (21 – 30)      **Excelente (31 – 40)**

#### IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- 4.1 El instrumento “Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación” es válido y puede ser aplicado para el desarrollo de la investigación.

#### V. DATOS DEL VALIDADOR

DATOS DEL VALIDADOR: Mtro. Q.F. IVO ANTONY FIOROVICH ARCOS  
POSGRADO ACADEMICO: MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SALUD, MENCIÓN: SALUD PÚBLICA  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2150-3614>  
DNI: 20023445

Huancayo, 24 de marzo del 2023

Mtro. Q.F. IVO A. FIOROVICH ARCOS  
C.Q.F.P. 12654



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**FICHA DE VALIDACIÓN**  
**INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO POR EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Título de la investigación: “EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA”
- 1.2 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación
- 1.3 Autoras: Bachiller Daniela Sthefany Carrera Huamán y Bachiller Rocio Del Pilar Torres Castro

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
		1	2	3	4
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				4
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables			3	
3. Actualidad	Adecuado al avance de ciencias de la salud			3	
4. Organización	Existe una organización lógica				4
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				4
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación				4
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			3	
8. Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores			3	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				4
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				4
<b>PUNTAJES</b>				<b>12</b>	<b>24</b>

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 36**

Deficiente (10)      Aceptable (11 – 20)      Bueno (21 – 30)      **Excelente (31 – 40)**

**IV. OPINION DE APLICABILIDAD**

- 4.1 El instrumento “Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación” es válido y puede ser utilizado en la aplicación para el desarrollo de la presente investigación.

**V. DATOS DEL VALIDADOR**

DATOS DEL VALIDADOR: Mtra. ARACELI CORDOVA TAPIA  
POSGRADO ACADEMICO: MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SALUD, MENCIÓN: SALUD PÚBLICA  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
DNI: 43715643  
CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7773-1790>  
FECHA: Huancayo, 23 de marzo del 2023

Mg. Q.F. ARACELI CORDOVA TAPIA  
C.Q.F.P. 20666



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**FICHA DE VALIDACIÓN**  
**INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO POR EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Título de la investigación: “EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” POR FERMENTACIÓN COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA”
- 1.2 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación.
- 1.3 Autoras: Bachiller Daniela Sthefany Carrera Huamán y Bachiller Rocio Del Pilar Torres Castro

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
		1	2	3	4
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				4
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables			3	
3. Actualidad	Adecuado al avance de ciencias de la salud			3	
4. Organización	Existe una organización lógica				4
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				4
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación				4
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			3	
8. Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores			3	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico			3	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				4
<b>PUNTAJES</b>				<b>15</b>	<b>20</b>

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 35**

Deficiente (10)      Aceptable (11 – 20)      Bueno (21 – 30)      **Excelente (31 – 40)**

**IV. OPINION DE APLICABILIDAD**

- 4.1 El instrumento “Ficha de recolección de datos sobre la extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “MASHUA” por fermentación” es válido y puede ser aplicado para el desarrollo de la investigación.

**V. DATOS DEL VALIDADOR**

**DATOS DEL VALIDADOR: Mtro. Jaime Martín Wester Campos**  
**POSGRADO ACADEMICO: MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SALUD, MENCIÓN: SALUD PÚBLICA**  
**DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**DNI: 18069286**  
**Orcid: 0000-0003-2955-6523**

Huancayo, 22 de marzo del 2023

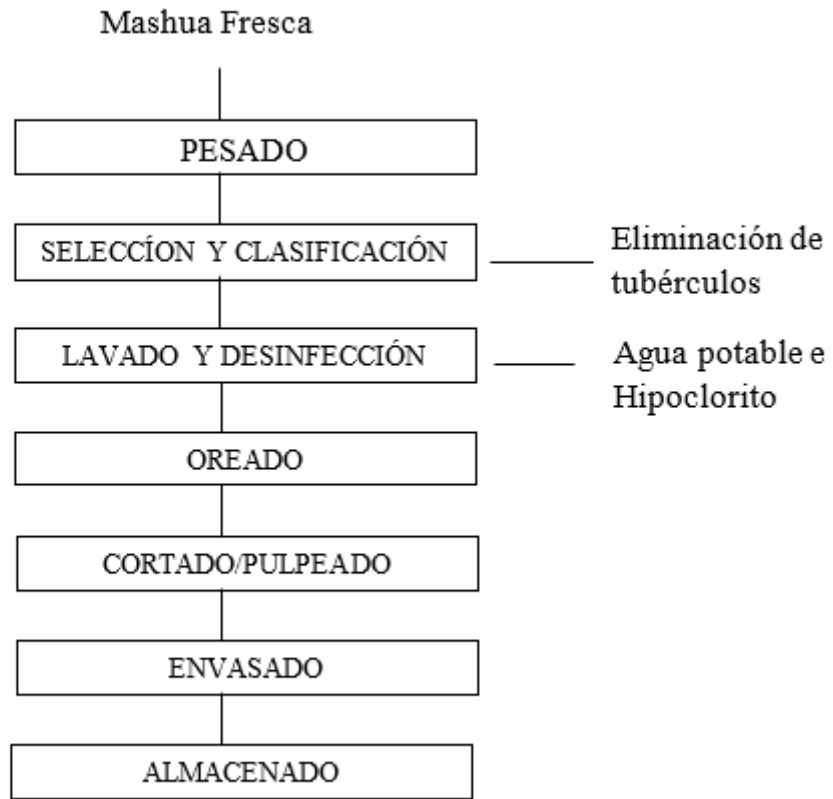


Mtro. Jaime Martín Wester Campos  
Biólogo-Microbiólogo  
CRP 3769



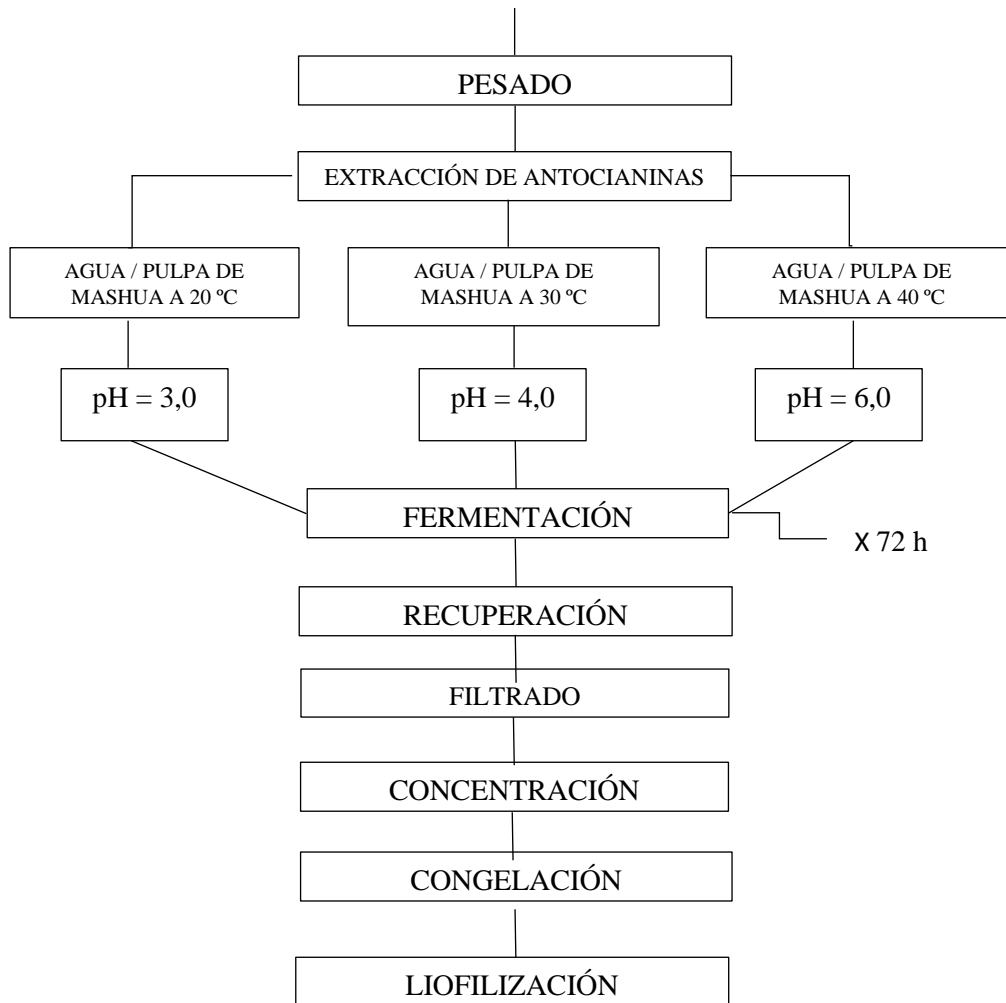
**Anexo 6**

**Esquema Experimental de la obtención de pulpa de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”**



**Figura 6. Esquema Experimental de la obtención de pulpa de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”**

*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”



**Figura 7. Esquema Experimental de la obtención de Antocianina a partir pulpa de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “Mashua”**

## Anexo 7

### COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **CARRERA HUAMAN, DANIELA STHEFANY**, identificada con DNI **70465243**, domiciliada en Jr. Libertad N°165 - Huancayo; egresada de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes, por la presente me:

COMPROMETO a asumir las consecuencias administrativas y/o penales que hubiera lugar si en la elaboración de mi investigación titulada ““Extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” por fermentación como antioxidante y colorante en la industria Farmacéutica” se consideren datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que este trabajo de investigación es de mi autoría, los datos presentados serán reales y se respetarán las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 2 de febrero de 2023



---

**Bach. CARRERA HUAMAN, DANIELA STHEFANY**

**DNI 70465243**

## COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **TORRES CASTRO, ROCIO DEL PILAR**, identificada con DNI **73653517**, domiciliada en Urb. Las Margaritas Mz.A Lt.15 – El Tambo; egresada de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes, por la presente me:

COMPROMETO a asumir las consecuencias administrativas y/o penales que hubiera lugar si en la elaboración de mi investigación titulada “Extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” por fermentación como antioxidante y colorante en la industria Farmacéutica”, se consideren datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que este trabajo de investigación es de mi autoría, los datos presentados serán reales y se respetarán las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 2 de febrero de 2023



---

**Bach. TORRES CASTRO, ROCIO DEL PILAR**  
DNI 73653517

**Anexo 8**  
**Declaración de confidencialidad**

**Declaración de confidencialidad**

Yo **TORRES CASTRO, ROCIO DEL PILAR** , identificado (a) con DNI N° 73653517 egresada de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, (vengo/habiendo) implementando/implementado el proyecto de investigación titulado “Extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” por fermentación como antioxidante y colorante en la industria Farmacéutica”, en ese contexto declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y serán usados únicamente con fines de investigación de acuerdo a lo especificado en los artículos 27 y 28 del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4 y 5 del Código de Ética para la investigación Científica de la Universidad Peruana Los Andes , salvo con autorización expresa y documentada de alguno de ellos.

Huancayo, 2 de febrero de 2023.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rocio del Pilar Torres Castro".

---

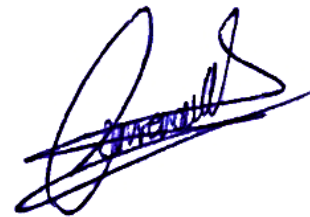
Apellidos y nombres: Torres Castro, Rocio del Pilar

**Responsable de investigación**

## **DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo **CARRERA HUAMAN, DANIELA STHEFANY**, identificado (a) con DNI N° **70465243** egresada de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, (vengo/habiendo) implementando/implementado el proyecto de investigación titulado “Extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua” por fermentación como antioxidante y colorante en la industria Farmacéutica”, en ese contexto declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y serán usados únicamente con fines de investigación de acuerdo a lo especificado en los artículos 27 y 28 del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4 y 5 del Código de Ética para la investigación Científica de la Universidad Peruana Los Andes , salvo con autorización expresa y documentada de alguno de ellos.

Huancayo, 2 de febrero de 2023.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniela Sthefany", is written over a horizontal line.

Apellidos y nombres: Carrera Huaman, Daniela Sthefany

**Responsable de investigación**

## Anexo 9

### Certificación de Uso del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNCP



EL DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y EL JEFE DE CONTROL DE CALIDAD DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ OTORGAN LA PRESENTE:

### CONSTANCIA:

A la Señorita *Carrera Huamán, Daniela Sthefany*, quien realizó sus análisis de muestras de *Tropaeolum tuberosos Ruiz y Pavón "MASHUA"*; contenido de antocianinas en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, según los requerimientos: secado, análisis fisicoquímico y fitoquímico y validación de resultados analíticos.

La presente se le expide a solicitud de la interesada para los fines que crea por conveniente.

Huancayo, 29 de febrero del 2021.

Dr. Fervanes Amalco Rosales Pampa  
C.I. 10000000000

## Anexo 10

### Galería fotográfica de “Extracción de antocianinas de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón “mashua”

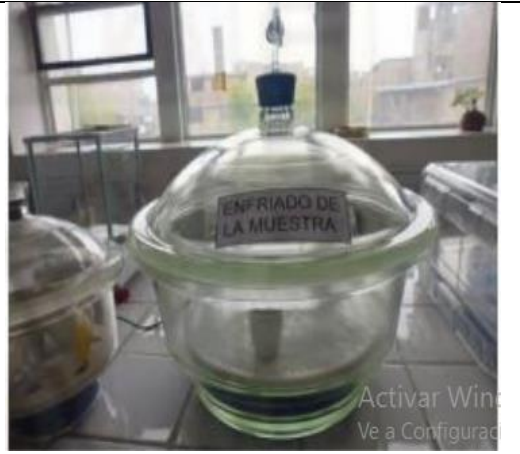
Mashua negra



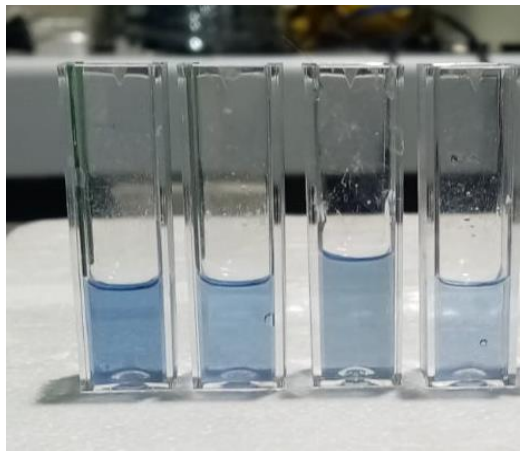
Caracterización fisicoquímica de la mashua



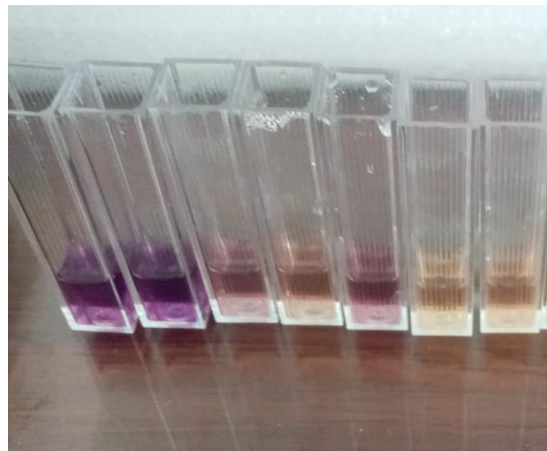




Análisis de fenoles



Análisis de antioxidantes



Fuente: elaboración propia, 2023