



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de
mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) en la extracción de
antocianinas y polifenoles

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTORA:

Bach. Briánne Fernanda Torres Nazario

ASESOR:

Dr. Ing. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-8013-8178>

Lambayeque – Perú

2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de
mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) en la extracción de
antocianinas y polifenoles

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe

PRESIDENTE

Dra. Liz Amelia Juanitaflor Morales Cabrera

SECRETARIO

M. Sc. Alberto Carrasco Tineo

VOCAL

Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz

ASESOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2026

Siendo las 10:00 am del lunes 20 de julio del 2026, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) en la extracción de antocianinas y polifenoles**; designados con Res. N°608-2025-D-FIQIA de fecha 05 de diciembre del 2025 y aprobada con Res. N°020-2026-D-FIQIA de fecha 20 de enero del 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- **Presidente:** Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
- **Secretario:** Dra. Liz Amelia Juanitaflor Morales Cabrera
- **Vocal:** M.Sc. Alberto Carrasco Tineo

La tesis fue asesorada por el Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz, nombrado con Res. N°555-2025-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 12 de noviembre del 2025. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°236-2026-D-FIQIA de fecha 10 de julio del 2026.

La Tesis fue presentada y sustentada por la Bachiller: **BRIÁNNE FERNANDA TORRES NAZARIO; de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias** y tuvo una duración de 40 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 1.8 (Dieciocho) en la escala vigesimal, mención Hoy bueno.

Por lo que queda APTA para obtener el Título Profesional de **INGENIERA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:00 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

.....
Presidente
Dr. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE

.....
Vocal
M.Sc. ALBERTO CARRASCO TINEO

.....
Secretaria
Dra. LIZ AMELIA JUANITAFLOR CABRERA SALAZAR

.....
Asesor
Dr. ABRAHAM GUILLERMO YGNACIO SANTA CRUZ

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz, usuario revisor de Tesis

Titulado:

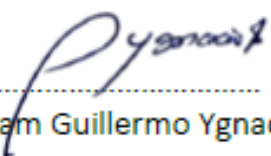
**Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra
(*Tropaeolum tuberosum*) en la extracción de antocianinas y polifenoles**

Cuya autora es: Briánne Fernanda Torres Nazario; con DNI N° 72636470 declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 14%, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 18 de abril del 2026


.....
Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
DNI 32908942

Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) en la extracción de antocianinas y polifenoles

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

6

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.upads.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

www.dspace.espol.edu.ec

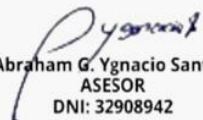
Fuente de Internet

<1%


Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942

9	revistabionatura.com Fuente de Internet	<1 %
10	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unaat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	archive.org Fuente de Internet	<1 %
20	mail.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	reunionescientificas.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
24	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.padellazona.es Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
29	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<1 %
30	LUZ MARINA ZAPATA. "OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE ANTOCIANINAS A PARTIR DE ARÁNDANOS PARA SER UTILIZADO COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA	<1 %


 Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
 ASESOR
 DNI: 32908942

INDUSTRIA ALIMENTARIA", Universitat Politecnica de Valencia, 2014

Publicación

31	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Institución Tecnológica Metropolitana de Medellín Trabajo del estudiante	<1 %
36	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1 %
37	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo


Dr. Abraham G. Ygnacio Santa Cruz
ASESOR
DNI: 32908942



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Briánne Fernanda Torres Nazario
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mas...
Nombre del archivo:	INFORME_FINAL_-_BRI_NNE_FERNANDA_TORRES_NAZARIO.docx
Tamaño del archivo:	5.79M
Total páginas:	72
Total de palabras:	9,846
Total de caracteres:	56,501
Fecha de entrega:	18-abr-2026 06:24p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2936103350



CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. DISEÑO TEÓRICO	15
2.2 Bases Teóricas.....	18
2.2.1 Mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	18
2.2.2 Cinética de degradación de compuestos bioactivos	24
2.2.3 Influencia de la temperatura en la estabilidad térmica	24
2.2.4 Actividad de agua (aw) y su relación con el secado.....	25
2.2.5 Métodos de extracción de compuestos fenólicos	25
2.2.6 Solventes utilizados en la extracción.....	26
2.2.7 Métodos de cuantificación de antocianinas	26
2.2.8 Mecanismo de degradación de antocianinas	26
2.2.9 Efecto del secado en la estructura celular vegetal	27
2.2.10 Interacción entre tiempo y temperatura	27
2.2.11 Aplicaciones industriales de los compuestos extraídos.....	27
2.2.12 Factores que afectan la eficiencia del secado	27
2.3 Bases conceptuales	28
2.3.1 Secado	28
2.3.2 Espectrofotometría	28
2.3.3 Mashua negra	28
2.3.4 Polifenoles	28
2.3.5 Antocianinas.....	28
2.4 Definición y operacionalización de variables	28
2.4.1 Variable independiente	28
2.4.2 Variable dependiente	28

III.	DISEÑO METODOLÓGICO	30
3.1	Diseño de contrastación de hipótesis.....	30
3.2	Diseño metodológico.....	24
3.3.	Población,.....	31
3.3.1	Población	31
3.3.2	Muestra	31
3.4.	Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	31
IV.	RESULTADOS	41
V.	CONCLUSIONES.....	56
VI.	RECOMENDACIONES	57
VII.	REFERENCIAS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de la mashua en 100 g. de alimento.....	14
Tabla 2. Modelos cinéticos de degradación.....	19
Tabla 3. Rando de actividad de agua y estabilidad.....	19
Tabla 4. Solventes comunes en extracción.....	21
Tabla 5. Tabla de operacionalización de variables.....	24
Tabla 6. Técnicas empleadas para los análisis fisicoquímicos.....	36
Tabla 7. Resultados de pH de la harina de cáscara de mashua negra.....	37
Tabla 8. Cuadro descriptivo de pH de la harina de cáscara de mashua negra.....	38
Tabla 9. Resultados de humedad de la harina de cáscara de mashua negra.....	38
Tabla 10. Cuadro descriptivo de humedad de la harina de cáscara de mashua negra.....	39
Tabla 11. Resultados de cenizas de la harina de cáscara de mashua negra.....	40
Tabla 12. Cuadro descriptivo de cenizas de la harina de cáscara de mashua negra.....	40
Tabla 13. Resultado de contenido de polifenoles totales de tratamientos de harina de cáscara de mashua negra.....	41
Tabla 14. Cuadro descriptivo polifenoles totales de tratamientos de harina de cáscara de mashua negra	41
Tabla 15. Análisis de Varianza.....	42
Tabla 16. Resultado de contenido de antocianinas de tratamientos de harina de cáscara de mashua negra.....	47
Tabla 17. Cuadro descriptivo de contenido de antocianinas de tratamientos de harina de cáscara de mashua negra.....	48
Tabla 18. Análisis de Varianza	48

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1.</u> Mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	13
<u>Figura 2.</u> Esquema experimental del proyecto de investigación.....	29
<u>Figura 3.</u> Diagrama de flujo para el acondicionamiento de la cáscara mashua negra ...	30
<u>Figura 4.</u> Diagrama de flujo para la extracción del analito de la cáscara de mashua negra.....	32
<u>Figura 5.</u> Curva de calibración de Ácido Gálico.....	42
<u>Figura 6.</u> Gráfica de los polifenoles.....	43
<u>Figura 7.</u> Diagrama de pareto para el efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra en la extracción de polifenoles totale	44
<u>Figura 8.</u> Carta control para la determinación de polifenoles totales en la harina de cásacara de mashua negra.....	44
<u>Figura 9.</u> Histograma para la determinación de polifenoles totales en harina de cáscara de mashua.....	45

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal “Determinar el efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra en la extracción de antocianinas y polifenoles”, para ello, se obtuvo las cáscaras de la mashua negra a las cuales se le realizó un secado a diferentes temperaturas y tratamientos (T1: 60°C/10h, T2: 70°C/8h y T3: 80°C/6h); luego de ello, se caracterizó fisicoquímicamente la harina obtenida, cuyos resultados fueron T1 (pH 5,98, humedad 10,50%, cenizas 4,45%); T2 (pH 5,94, humedad 8,80%, cenizas 4,58%) y T3 (pH 5,91, humedad 10,50%, cenizas 7,30%). Por otro lado, la cáscara de harina de mashua negra fue sometida a extracción de polifenoles y antocianinas; con respecto a polifenoles totales, presentaron diferencias significativas, puesto que el mayor valor obtenido correspondió al tratamiento T2 con 3498,38 mgEAG/100g, mientras que el menor valor obtenido se obtuvo del tratamiento T1 con 2731,30 mgEAG/100g; en el caso de las antocianinas, el mayor valor resultante fue el del tratamiento T1 con un total de 165,20 mg/100g y el menor valor resultante fue el del tratamiento T3 con un total de 83,00 mg/100g. De este modo, se identificaron las condiciones de proceso óptimas para maximizar la recuperación de polifenoles totales y antocianinas.

Palabras clave: Secado, Polifenoles, Antocianinas, *Mashua negra*

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of drying time and temperature on the extraction of anthocyanins and polyphenols from black mashua peel. To this end, black mashua peels were obtained and dried at different temperatures and under different treatments (T1: 60°C/10h, T2: 70°C/8h, and T3: 80°C/6h). The resulting flour was then characterized physicochemically, with the following results: T1 (pH 5.98, moisture 10.50%, ash 4.45%); T2 (pH 5.94, moisture 8.80%, ash 4.58%); and T3 (pH 5.91, moisture 10.50%, ash 7.30%). The black mashua peel flour was then subjected to polyphenol and anthocyanin extraction. Regarding total polyphenols, significant differences were observed, with the highest value obtained from treatment T2 at 3498.38 mg GAE/100g, while the lowest value was obtained from treatment T1 at 2731.30 mg GAE/100g. For anthocyanins, the highest value was also obtained from treatment T1 at 165.20 mg/100g, and the lowest value was obtained from treatment T3 at 83.00 mg/100g. Thus, the optimal processing conditions for maximizing the recovery of total polyphenols and anthocyanins were identified.

Keywords: Drying, Polyphenols, Anthocyanins, *Black mashua*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el interés por el consumo de alimentos funcionales ricos en compuestos bioactivos ha incrementado significativamente debido a su potencial en la prevención de diferentes enfermedades crónicas. No obstante, uno de los principales desafíos asociados al aprovechamiento de estos compuestos radica en su limitada estabilidad frente a condiciones ambientales y fisiológicas.

Las antocianinas son compuestos fenólicos vulnerables a factores externos como la cantidad de oxígeno, intensidad de la luz y temperatura, así como a ser mezclado con otros alimentos; asimismo, son propensos a descomponerse en condiciones adversas durante la digestión, ya que las enzimas y el nivel de pH altera su absorción (García et al., 2022).

Luego de diversos estudios, se ha sugerido que este compuesto fenólico presenta propiedades funcionales anticancerígenas, ya que permiten inhibir la transformación celular bloqueando proteínas quinasas activas por mitógenos, y la expresión de proteínas activadoras; además señalan que las antocianinas pueden reducir la inflamación al bloquear factores desencadenantes de la metástasis y estimular la apoptosis en células cancerosas (García et al., 2022).

Por otro lado, los polifenoles son compuestos orgánicos de forma secundaria presente en las plantas, los cuales cumplen la función de ser metabolitos fundamentales para su crecimiento y reproducción; asimismo, sirven para protegerlos de organismos microbiológicos que puedan dañarlos; actualmente, se dice que existen alrededor de ocho mil compuestos diversos, manifestando que los polifenoles se definen como una agrupación heterogénea de moléculas cuya similitud es que en su estructura presentan diversos grupos bencénicos formados por funciones hidroxílicas (Villanueva, 2003).

Por lo mencionado anteriormente, en esta investigación se planteó como problema de investigación lo siguiente: ¿Cómo afecta la temperatura y el tiempo del secado de la cáscara de mashua negra en el contenido de extracción de antocianinas y polifenoles?

La hipótesis planteada fue: La temperatura y tiempo del secado de la cáscara de mashua negra afecta el rendimiento de extracción de antocianinas y polifenoles.

El objetivo general fue: Determinar el efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra en la extracción de antocianinas y polifenoles.

Los objetivos específicos fueron: Caracterizar fisicoquímicamente, contenido de antocianina y polifenoles de la harina de cáscara de mashua negra a emplear en la investigación., determinar la temperatura y tiempo de secado de la cascara de mashua negra, para la maximización en la extracción de polifenoles y antocianinas y cuantificar los polifenoles y antocianina de la cascara de mashua negra deshidratada.

II. DISEÑO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Dávalos (2020), en su tesis planteó como objetivo establecer las condiciones óptimas para la extracción de antocianinas provenientes de mashua negra (*Tropaeloum tuberosum*), donde también cuantificó la composición fenólica, analizando su actividad antioxidante, para el proceso de extracción aplicó el método de respuesta superficial (RSM) no aleatorio, considerando tres variables independientes: para lo extractivo una temperatura oscilante entre 20-60 °C, con período alternativo de 180-300 min y variando el solvente etanólico (pH 3-4), los resultados indicaron que los parámetros óptimos correspondieron a un pH de 3,32; por 264,57 minutos a 37,77 °C, a través de estas condiciones se logró la maximización de antocianinas (170,36 mg de cianidina-3-glucósido/100g), así mismo, el contenido total de fenoles alcanzó un total de 10,66 de ácido gálico/g.

Elton et al. (2023), en su artículo científico se propusieron obtener como producto final un colorante de origen vegetal extraído mediante el ultrasonido de mashua negra, con el fin de aplicarlo en un alimento lácteo, para ello tomaron en cuenta como estudio a la temperatura, cantidad de solvente, contenido de antocianinas y polifenoles, para lo cual procedió a emplear el método de pH diferencia; obteniendo así que el mayor rendimiento se obtuvo a una temperatura de 48°C, empleando el 33% de solvente durante veinte minutos; asimismo, menciona que con estos parámetros se extrajeron antocianinas y polifenoles (347,34 a 419,92 mg eq. cianidina-3-glucósido/L y 63,68 a 105,09 mg/100 g, respectivamente); el extracto optimizado presentó una capacidad antioxidante de $0,275 \pm 0,003$ mM Trolox eq./mL, determinada por el método DPPH,

con lo cual elaboraros tres diferentes yogures para que posteriormente sean evaluados por panelistas.

Conde (2023), en su tesis tuvo como finalidad analizar el efecto de condiciones de extracción del secado por atomización aplicado al residuo industrial del arándano. Para el método de extracción se evaluó el tiempo de extracción con una oscilación entre 30-60 min y una variación de temperatura de 50 y 70°C. Los resultados demostraron que tanto la temperatura como el pH de la parte no extraída ejercen un marcado dominio en la cuantificación de antocianinas obtenidas a partir de los “residuos” en la industria de los arándanos. Cabe mencionar que el tiempo en extracción no mostró un impacto relevante, sin embargo, los parámetros óptimos se desencadenaron a pH 2 en un período de 30 min a 70°C generando así la mayor composición antociánica. De esta manera, los resultados evidenciaron que tanto la TEA como el % encapsulante influyeron significativamente en la cantidad fenólica total.

Condor et al. (2020) en su investigación mantuvo como objetivos, caracterizar, cuantificar y determinar la capacidad antioxidante de los extractos en mención. La metodología empleada para el cálculo de contenido de antocianinas se realizó a través del método del pH diferencial, mientras que para la cuantificación tanto de polifenoles totales como de actividad antioxidante se utilizaron el ensayo de Folin-Ciocalteu y la prueba de TEAC-DPPH, respectivamente. Los registros espectrales UV-VIS evidenciaron picos de absorbancia a 520nm, característicos de moléculas antociánicas ya consolidadas. De esta manera, los resultados cuantitativos indicaron un total de 171,9 mg de cianidina-3-glucósido/100 g en cuanto a las antocianinas se refieren, sin

embargo, la capacidad antioxidante se vio reflejada en 31,37 $\mu\text{mol Trolox/g}$. En conjunto, estas características abordan la marcada evolución de los antioxidantes de la especie estudiada, respaldando su aprovechamiento como fuente natural de compuestos bioactivos.

Anaya (2020), en su investigación tuvo como propósito examinar el índice de antocianinas, polifenoles, vitamina C y rendimiento del colorante en mashua negra. Los métodos tomados en cuenta para los análisis de pH, acidez, sólidos solubles, grasa y humedad fueron los protocolos establecidos por la AOAC (1997, 2000 y 2005), así mismo, la composición antociánica fue determinada por el reglamento del pH diferencial, mientras que para los polifenoles y la capacidad antioxidante se emplearon las normas estipuladas en el método del azul de Prusia y DPPF-ABTS, respectivamente. Los resultados de los compuestos bioactivos, fueron registrados en óptimas condiciones a 3463 ms.m.m para las antocianinas con un valor de 0,113 mg de cianidina-3-glucósido/g, para los polifenoles con un contenido de 365,54 μg de ácido ascórbico/g, mientras que la capacidad antioxidante obtuvo un registro de 391,12 mg equivalentes de Trolox/g.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)

El nombre común de la Mashua negra varía según su ubicación en el Perú, donde se le conoce como Mashwa, mientras que en Bolivia se le denomina Isaño o Añu, su nombre científico es *Tropaeolum tuberosum*, perteneciente a la familia Tropaeolaceae, además, la altura óptima para su cultivo oscila entre los 2000 y 4000 msnm, tolerando las heladas; el tubérculo cultivado en Perú presenta un color uniforme con líneas rojas o moradas, y los pigmentos de antocianinas se encuentran en la cáscara, la mashua atraviesa seis fases fenológicas y para lograr rendimientos superiores a las 15 toneladas por hectárea, es necesario suplementarla con abonos orgánicos (Tapia et al., 2007).

Figura 1

*Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*)*



Nota. Medrano (2024).

2.2.1.1 Morfología según el lugar

En Cajamarca, el tubérculo presenta una cáscara de color marrón (200DC) y una pulpa de tono naranja amarillenta (15D, 22ABC), con forma cónica fusiforme, en Cusco, la cáscara es de color púrpura grisáceo (178DC), la pulpa es naranja amarillenta (15D, 22ABC), y la forma es cilíndrica fusiforme, en Cerro de Pasco, la cáscara es negra (200^a) y la pulpa tiene un color púrpura (79^a), con una forma cónica; finalmente, en Puno, la cáscara es de un rojo grisáceo intenso (178ABC), la pulpa es blanca (79ABC), y la forma es cónica (Tapia et al., 2007).

2.2.1.2 Composición química

La mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo andino conocido por su alto valor nutricional y sus propiedades funcionales, es una fuente rica en antioxidantes, como antocianinas, que le otorgan su característico color oscuro, además, contiene compuestos bioactivos como isotiocianatos, con propiedades antimicrobianas y anticancerígenas, y polifenoles, reconocidos por sus beneficios para la salud cardiovascular; este tubérculo destaca por su contenido en proteínas, fibra, vitaminas (especialmente vitamina C) y minerales como hierro, potasio y fósforo, lo que lo convierte en un alimento ideal para complementar una dieta equilibrada y promover la salud integral (Collazos et al. ,1993).

Tabla 1

Valor nutricional de la mashua en 100 g. de alimento.

Componente	Valor (Base Húmeda)
Humedad (%)	87,4 - 86
Carbohidratos (g)	9,8 - 11
Proteínas (g)	1,13 - 2,65
Grasa (g)	0,7 - 0,6
Ceniza (g)	0,56 - 1,08
Fibra (g)	0,9 - 0,8
Azúcar (g)	5,37 – 9,33
Hierro (mg)	1,0 – 1,2
Vitamina A (mg)	1,5
Tiamina (mg)	0,10 - 0,06
Riboflavina (mg)	0,12 - 0,08
Niacina (mg)	0,67 - 0,06
Vitamina C (mg)	77,5 - 67

Nota. Adaptado de Collazos et al (1993)

2.2.1.3 Propiedades benéficas

a. Propiedad anticancerígena

El tubérculo en cuestión en cuanto al aislamiento y caracterización de las moléculas “2-bencil-3-tioxohexahidropirrol-1,2-c] imidazol-1-ona (1)” y “N-(4-acetil-5-metil-5-fenil-4,5-dihidro-1,3,4-tiadiazol-2-il) acetamida (2)”, identificadas en tubérculos negros de *Tropaeolum tuberosum*, se ha

observado que ejercen actividad anticancerígena frente a líneas celulares de pulmón, riñón, vejiga y próstata, la primera de estas moléculas reveló una actividad citotóxica leve contra todas las líneas tumorales estudiadas, mientras que la segunda evidenció un potencial anticancerígeno significativo, llegando a eliminar células malignas incluso a concentraciones micromolares; asimismo, se informa que ambas moléculas fueron caracterizadas mediante análisis de resonancia magnética nuclear y espectrometría de masas, y se evaluó su acción citotóxica y capacidad para inducir apoptosis, lo cual abre la posibilidad de desarrollar una nueva terapia contra el cáncer (Apaza et al., 2020).

b. Propiedades antidiabéticas

Diferentes investigaciones han reportado que las antocianinas o distintos flavonoides., por ello, se sugiere que la mashua, dado su contenido significativo de antocianinas, tendría un papel más relevante al momento de inhibir la acción de carbohidrolasas digestivas, contribuyendo a una posible regulación de la liberación de azúcares en la sangre, las antocianinas y otros flavonoides resultan ser inhibidores más eficaces de las enzimas digestivas de carbohidratos, en comparación con los ácidos fenólicos, lo cual respalda la idea de que los compuestos fenólicos no son iguales en su grado de actividad biológica; de este modo, el protagonismo de la mashua se ve reforzado al contar con compuestos fenólicos, principalmente antocianinas, que aparentemente ejercen un efecto más marcado en la regulación del metabolismo de los carbohidratos (Nyambe & Williamson, 2018).

2.2.2 Compuestos bioactivos

Los llamados compuestos bioactivos, también denominados fitonutrientes o fitoquímicos, se localizan en abundancia tanto en frutas como en verduras, asimismo, pueden hallarse en bacterias ácido lácticas que forman parte de los productos lácteos obtenidos mediante fermentación ácido-láctica, lo que proporciona beneficios a la salud que trascienden la nutrición básica, entre estos compuestos, los polifenoles y flavonoides han despertado gran interés en el sector alimentario y en la nutrición gracias a sus múltiples funciones, incluyendo su actividad antioxidante y su posible efecto anticancerígeno (Valencia et al., 2017).

La relevancia de la capacidad antioxidante radica en sostener una dieta saludable para el organismo, pues los antioxidantes tienen como propósito proteger las células frente a moléculas que podrían dañarlas (Ibarra, 2020).

2.2.3 Antocianinas

El término "Antocianina" fue introducido por Marquet en 1835, cuando lo usaba para referirse a los pigmentos responsables de los tonos azules en las flores, no obstante, con el paso del tiempo se descubrió que otros colores como el violeta, púrpura, magenta, rojo y rosado también son causados por pigmentos similares a las antocianinas descritas por Marquet; asimismo, las antocianinas son pigmentos pertenecientes a la familia de los flavonoides, presentes en una amplia variedad de frutas, vegetales y flores, siendo responsables de colores como el azul, rojo y morado (Vásquez, 2016).

2.2.4 Polifenoles

Los polifenoles son compuestos orgánicos de forma secundaria presente en las plantas, los cuales cumplen la función de ser metabolitos fundamentales para su

crecimiento y reproducción; asimismo, sirven para protegerlos de organismos microbiológicos que puedan dañarlos; actualmente, se dice que existen alrededor de ocho mil compuestos diversos, manifestando que los polifenoles se definen como una agrupación heterogénea de moléculas cuya similitud es que en su estructura presentan diversos grupos bencénicos formados por funciones hidroxílicas (Villanueva, 2003).

2.2.5 Espectrofotometría

La espectrofotometría UV-Visible es una técnica de análisis ampliamente empleada para identificar y medir la cantidad de compuestos específicos, como las antocianinas, en una muestra, este método se basa en la capacidad de las moléculas para absorber luz en diferentes longitudes de onda; asimismo, las antocianinas tienen una absorbancia máxima en el rango de 465 a 550 nm, lo que permite su identificación y cuantificación precisa utilizando un espectrofotómetro; se dice que cuando la luz pasa a través de una muestra, parte de la luz es absorbida por los compuestos presentes; además, cuanto mayor es la concentración de una sustancia, mayor será la cantidad de luz absorbida a las longitudes de onda características de esa sustancia; en el caso de las antocianinas, este proceso se utiliza para calcular su concentración en una muestra alimentaria (Hernández, 2017).

2.2.6 Secado

Se denomina secado a la eliminación de la sustancia líquida de un sólido a través de la evaporación, hasta el punto donde sea mínimo el crecimiento de microorganismos y se ralenticen las reacciones químicas; además de ello hay nutrientes deshidratados que se originan a través de otros procesos en donde se fusiona la masa y energía (Bautista, 2016).

2.2.2 Cinética de degradación de compuestos bioactivos

Desde una perspectiva dinámica, la cinética de degradación permite explicar cómo varía la concentración de compuestos bioactivos a lo largos del tiempo bajo determinadas condiciones de proceso. En este sentido, las antocianinas y los polifenoles suelen presentar comportamientos que se ajustan a modelos matemáticos como los de orden cero y primer orden, lo cual facilita la estimación de su estabilidad durante tratamientos térmicos como el secado. Además, se ha demostrado que el incremento de la temperatura acelera significativamente estas reacciones, reduciendo la vida útil de dichos compuestos (Zhang et al., 2023).

Tabla 2.
Modelos cinéticos de degradación

Modelo cinético	Expresión	Característica
Orden cero	$C = C_0 - kt$	La degradación es independiente de la concentración
Primer orden	$\ln C = \ln C_0 - kt$	La velocidad depende de la concentración
Segundo orden	$1/C = 1/C_0 + kt$	Menos común en alimentos

Nota. De la Rosa et al. (2022)

2.2.3 Influencia de la temperatura en la estabilidad térmica

En lo que respecta la estabilidad térmica, esta se relaciona con la capacidad de los compuestos bioactivos para mantener su estructura frente a la exposición del calor. Bajo condiciones de temperatura elevada, es frecuente que ocurran procesos como oxidación, hidrólisis y degradación estructura, los cuales afectan negativamente la concentración de

antocianinas y polifenoles. Por consiguiente, el control de la temperatura resulta esencial para preservar la calidad funcional del producto (Khetu et al., 2021).

Tabla 3.

Rangos de actividad de agua y estabilidad

Actividad de agua (a_w)	Efecto en el alimento
> 0.90	Alto crecimiento
$0.60 - 0.90$	Reacciones químicas moderadas
< 0.60	Alta estabilidad del producto

Nota. Córdor et al. (2020)

2.2.4 Actividad de agua (a_w) y su relación con el secado

Por otra parte, la actividad de agua (a_w) constituye un indicador clave de la disponibilidad de agua libre en un sistema. A medida que este parámetro disminuye durante el secado, se limita tanto el desarrollo microbiano como la velocidad de diversas reacciones químicas, contribuyendo así a una mayor estabilidad del alimento. En consecuencia, el control de la a_w es determinante para la conservación de compuestos bioactivos (Önal et al., 2021).

2.2.5 Métodos de extracción de compuestos fenólicos

En relación con la recuperación de compuestos fenólicos, la extracción sólido-líquido continúa siendo una de las técnicas más empleadas. Este procedimiento se basa en la migración de los compuestos desde la matriz hacia un solvente, proceso que depende de factores como la temperatura, el tiempo de contacto, el pH y la naturaleza del solvente. Asimismo, la optimización de estas variables permite mejorar significativamente el rendimiento de extracción (Santana et al., 2022).

2.2.6 Solventes utilizados en la extracción

La selección del solvente influye directamente en la eficiencia de la extracción. En este contexto, los solventes polares como etanol, metanol y agua son los más utilizados debido a su capacidad para solubilizar compuestos fenólicos. Adicionalmente, la acidificación del medio favorece la estabilidad de las antocianinas, incrementando su recuperación durante el proceso (Nawawi et al., 2023).

Tabla 4.

Solventes comunes en extracción

Solvente	Polaridad	Aplicación
Agua	Alta	Extracción general
Etanol	Media-alta	Uso alimentario
Metanol	Alta	Alta eficiencia
Agua acidificada	Alta	Antocianinas

Nota. *Fenger et al. (2021)*

2.2.7 Métodos de cuantificación de antocianinas

En cuanto a la determinación de antocianinas, el método diferencial de pH es uno de los más utilizados debido a su precisión y simplicidad. Este procedimiento se basa en la capacidad de estas moléculas para modificar su estructura en función del pH, lo que genera cambios medibles en la absorbancia y permite estimar su concentración (Obajemihi et al., 2023).

2.2.8 Mecanismo de degradación de antocianinas

Las antocianinas presentan una marcada susceptibilidad frente a factores ambientales como el oxígeno, la luz, el pH y la temperatura. En consecuencia, pueden sufrir transformaciones estructurales que conducen a la formación de compuestos menos estables o incluso incoloros, lo que reduce su funcionalidad y capacidad antioxidante (Önal et al., 2021).

2.2.9 Efecto del secado en la estructura celular vegetal

Durante el secado, los tejidos vegetales experimentan modificaciones físicas importantes, tales como la contracción, la ruptura de las paredes celulares y la pérdida de integridad estructural. Estos cambios pueden favorecer la liberación de compuestos bioactivos, sin embargo, también pueden incrementar su exposición a condiciones que promueven su degradación (Zhang et al., 2023).

2.2.10 Interacción entre tiempo y temperatura

Es importante considerar que el tiempo y la temperatura actúan de manera conjunta durante el secado. De hecho, una exposición prolongada a temperaturas elevadas puede intensificar la degradación de compuestos bioactivos, mientras que una adecuada combinación de ambos factores permite optimizar su conservación (Khetu et al., 2021).

2.2.11 Aplicaciones industriales de los compuestos extraídos

En el ámbito industrial, los compuestos bioactivos extraídos presentan múltiples aplicaciones. Por ejemplo, las antocianinas se emplean como colorantes naturales, mientras que los polifenoles son valorados por su actividad antioxidante, siendo utilizados en la formulación de alimentos funcionales, productos farmacéuticos y cosméticos (Nawawi et al., 2023).

2.2.12 Factores que afectan la eficiencia del secado

Finalmente, la eficiencia del proceso de secado depende de diversos factores operativos y del material. Entre los más relevantes se encuentran el tamaño de partícula, la temperatura de operación, la velocidad del flujo de aire y la humedad relativa del entorno, los cuales influyen directamente en la velocidad de eliminación de agua y en la calidad del producto (Obajemihi et al., 2023).

2.3 Bases conceptuales

2.3.1 Secado: Eliminación de la sustancia líquida de un sólido a través de la evaporación, hasta el punto donde sea mínimo el crecimiento de microorganismos y se ralenticen las reacciones químicas.

2.3.2 Espectrofotometría: Es una técnica de análisis ampliamente empleada para identificar y medir la cantidad de compuestos específicos.

2.3.3 Mashua negra: Es un tubérculo cultivado en Perú el cual presenta un color uniforme con líneas rojas o moradas, y los pigmentos de antocianinas se encuentran en la cáscara.

2.3.4 Polifenoles: Se definen como una agrupación heterogénea de moléculas cuya similitud es que en su estructura presentan diversos grupos bencénicos formados por funciones hidroxílicas.

2.3.5 Antocianinas: Son pigmentos pertenecientes a la familia de los flavonoides, presentes en una amplia variedad de frutas, vegetales y flores, siendo responsables de colores como el azul, rojo y morado.

2.4 Definición y operacionalización de variables

2.4.1 Variable independiente

- Temperatura y tiempo del secado

2.4.2 Variable dependiente

- Características fisicoquímicas de la mashua negra
- Antocianinas y fenoles totales

Tabla 5.
Tabla de operacionalización de variables

Tipo de variable	Dimensión	Indicador	Valores o índice	Unidad de medida	Instrumento de medición
Independiente	Secado	Temperatura/Tiempo	60/10	°C/hrs	Termómetro
			70/8		
			80/6		
Dependiente	Características fisicoquímicas de harina de cáscara	Humedad	7,0 - 11,0	%	Estufa
		pH	5,56 - 6,2	-	Ph-metro
		Cenizas	2,0 - 5,0	%	Mufla
	Antocianinas y polifenoles	Antocianinas	Bajo,	mg	Espectrofotómetro
			medio y alto	CGE/100g PS	UV-Visible
		Polifenoles	Bajo,	mg	Espectrofotómetro
			medio y alto	GAE/100g PS	UV-Visible

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de contrastación de hipótesis

La contrastación de las hipótesis de la investigación será el siguiente

Hipótesis H1:

Al menos uno de los parámetros de temperatura y tiempo durante el secado de la cáscara de mashua negra afecta el rendimiento de extracción de antocianinas y polifenoles.

Hipótesis Nula H₀

La temperatura y tiempo del secado de la cáscara de mashua negra no afecta el rendimiento de extracción de antocianinas y polifenoles.

Nivel de significancia:

Será el de $\alpha = 0,05$.

- ✓ Cuando se acepte H₀, los tratamientos de la media son iguales y se cumple lo siguiente: $F_{tab} > F_{cal}$
- ✓ Y cuando se acepte H₁, los tratamientos de la media son diferentes y se cumple lo siguiente: $F_{cal} > F_{tab}$

3.2. Diseño experimental de bloques completamente al azar (DCA)

El diseño experimental es el Diseño Completamente al Azar (DCA). El modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = es la variable dependiente de respuesta que se espera obtener (antocianinas, polifenoles y características fisicoquímicas)

μ = la media o promedio común a todos los datos del experimento.

α_j = el efecto del j nivel de la variable de tratamiento A (Temperatura de secado)

β_k = efecto del k valor de la variable de tratamiento B (Temperatura de secado)

$(\alpha\beta)_{jk}$ = efecto de la interacción entre el j valor de A y el k valor de B (Tiempo y temperatura del secado)

ϵ_{ijk} = error experimental o efecto aleatorio de muestreo del diseño estadístico en el ANOVA

3.3. Población, muestra

3.3.1 Población:

Mashua negra que se expende en el mercado Moshoqueque – Chiclayo.

3.3.2 Muestra:

5 kg de mashua negra

3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

i. Equipos y materiales

a. Materia prima

- Cáscara de mashua negra

b. Material de laboratorio

- Tubos de ensayo
- Fiolas
- Micropipetas
- Papel aluminio
- Gradillas
- Tubos de centrífuga
- Vidrio reloj
- Matraz
- Frascos Erlenmeyer
- Bureta

- Pipetas
- Embudo de vidrio
- Vasos de precipitación
- Matraz
- Papel filtro
- Probetas

c. Reactivos y solventes

- Etanol (96°)
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Acetona
- Trolox
- Ácido Gálico
- Reactivo de Folin – Ciocalteu

d. Equipos de laboratorio

- Espectrofotómetro UV visible
- Centrífuga
- Balanza electrónica OHAUS Modelo Ap2103 de sensibilidad 1/1000 g y de 300 g de capacidad
- Balanza analítica OHAUS
- Secador de bandejas
- pHmetro marca HANNA

Otros

- Laptop

3.3.2 Técnicas

3.3.2.1. Técnica experimental del proyecto de investigación

Figura 2.

Esquema experimental del proyecto de investigación

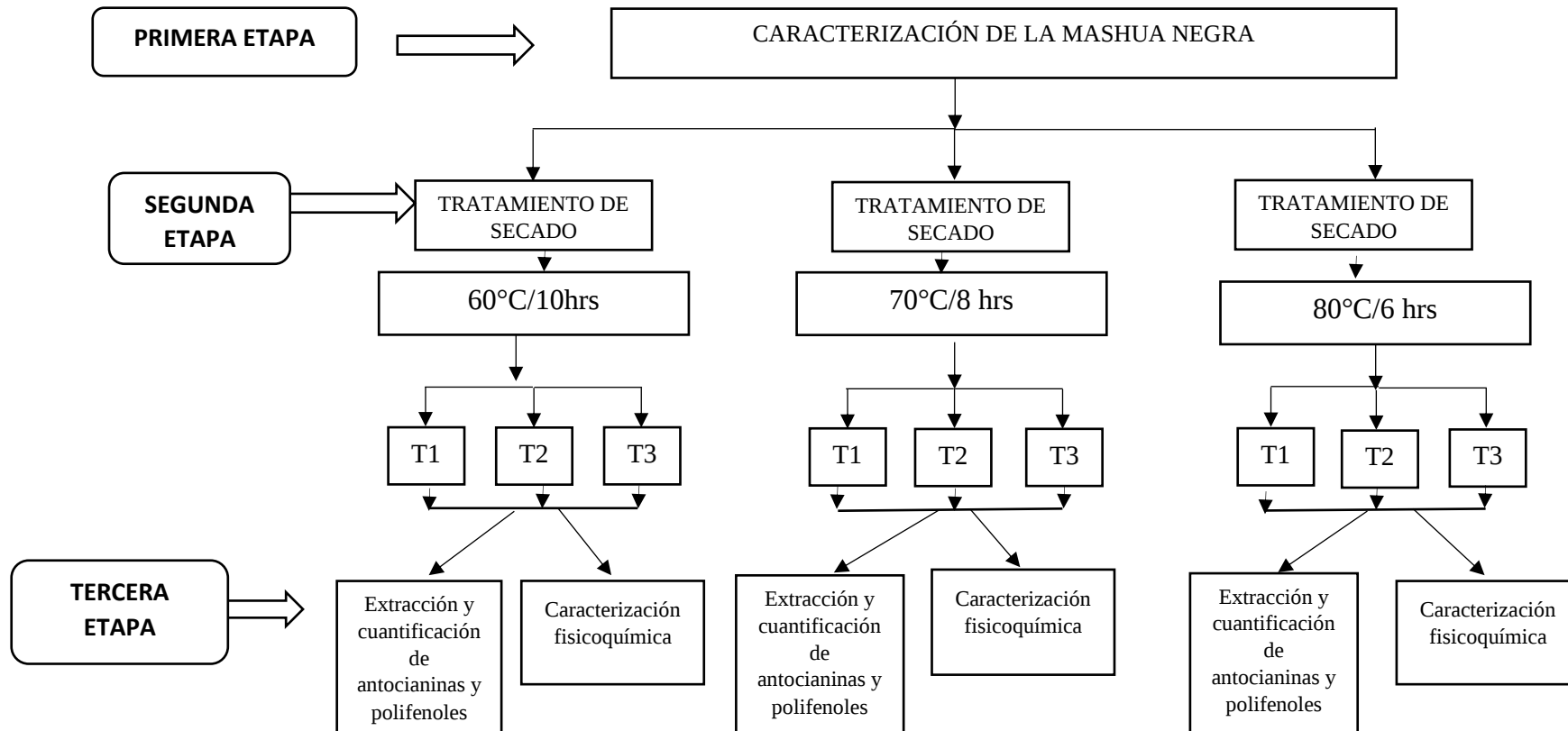
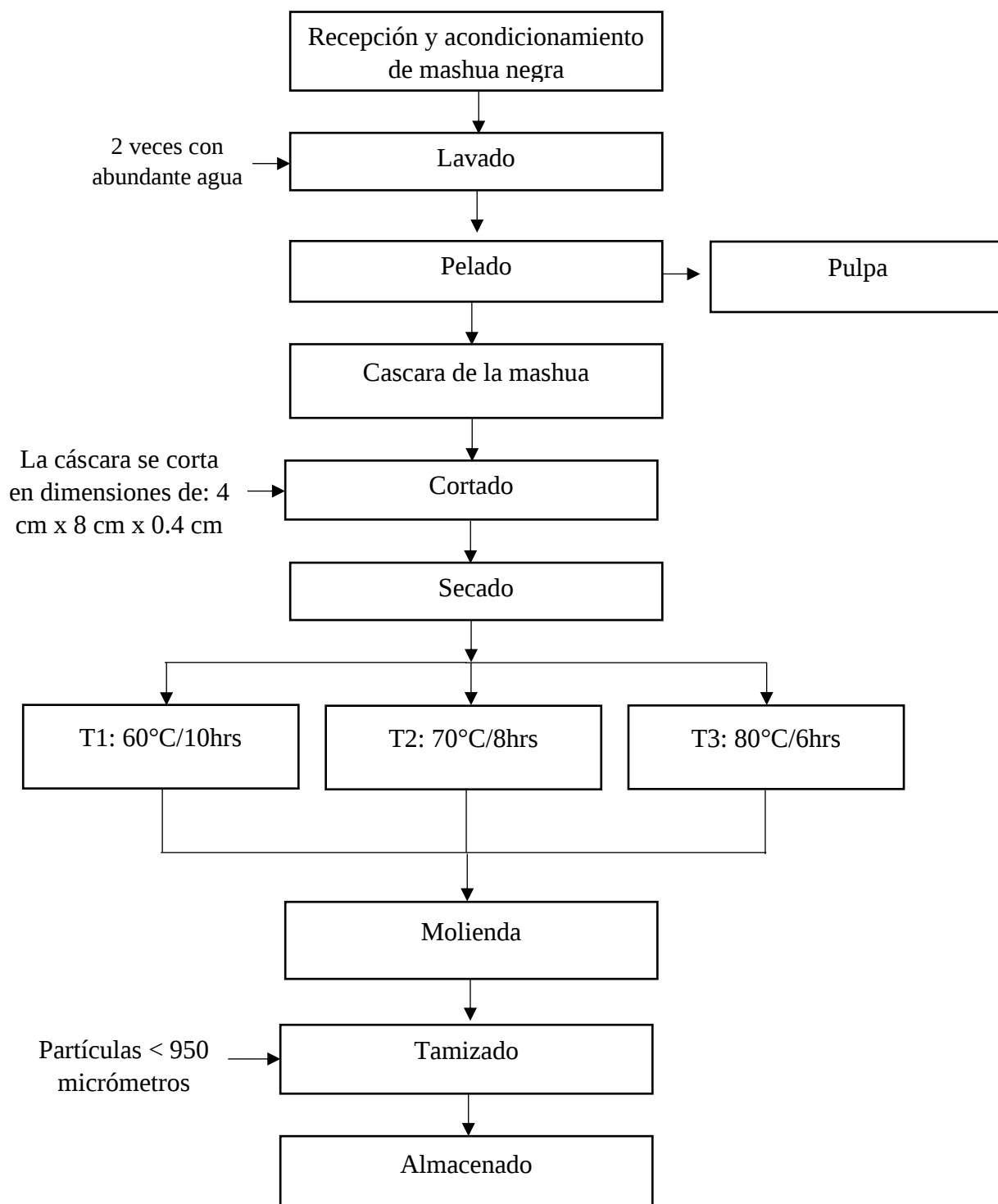


Figura 3.

Diagrama de flujo para el acondicionamiento de la cáscara mashua negra

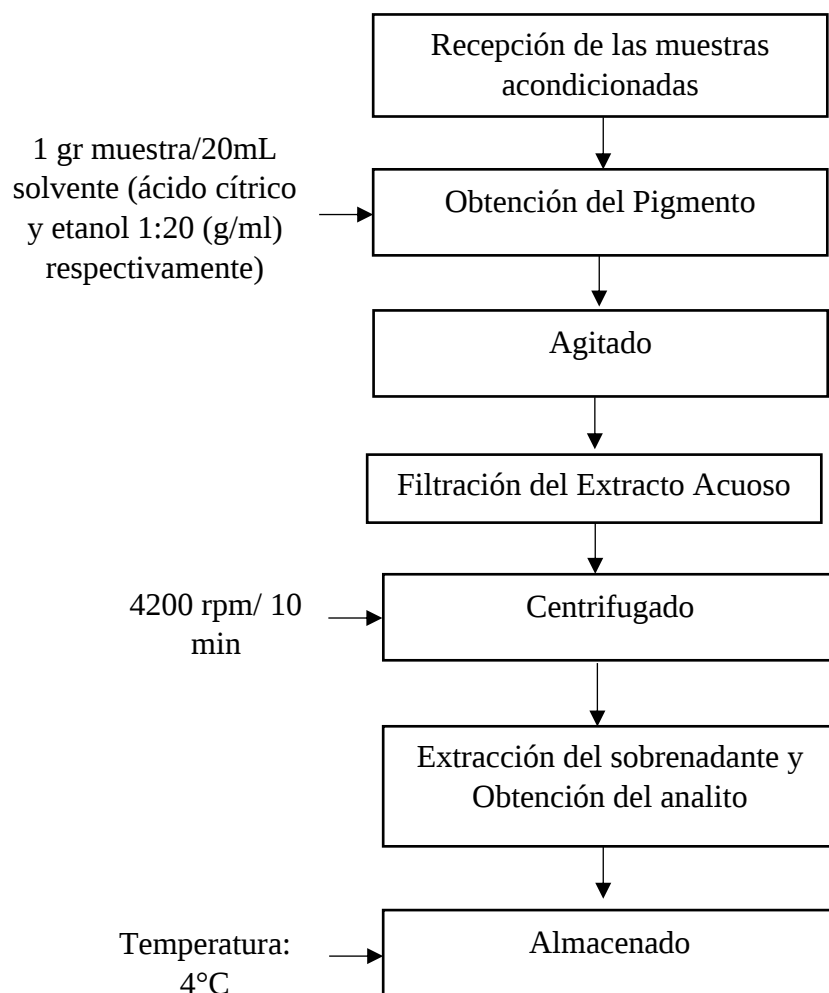


a. Descripción del proceso

- **Recepción y acondicionamiento de materia prima.** La mashua negra es lavada dos veces con abundante agua para de esta manera eliminar cualquier impureza adherida, luego de ello, se desprende la cáscara mediante un cuchillo, dicha corteza es laminada en fragmentos de 4 cm x 8 cm x 0.4 cm.
- **Secado.** Los fragmentos laminados de la cáscara de mashua son secados en un deshidratador de bandejas a temperaturas de 60 °C, 70 °C y 80 °C durante 10, 8 y 6 horas, respectivamente.
- **Molienda.** Las muestras son molidas a través de un molino manual, cuyo resultado son unas partículas aproximadamente menores a novecientos micrómetros.
- **Tamizado.** Se procede a pasar por un tamiz o colador para aminorar el tamaño de las partículas y obtener una textura con mayor uniformidad y homogeneidad.
- **Almacenado:** Estas muestras son almacenadas en bolsas herméticas.

Figura 4.

Diagrama de flujo para la extracción del analito de la cáscara de mashua negra



b. Descripción del proceso

- **Recepción de las muestras acondicionadas.** En este proceso se realiza con las muestras que fueron recolectadas previamente.
- **Obtención del pigmento.** Para extraer las antocianinas, es necesario que se dé en completa oscuridad, en un recipiente cubierto con papel aluminio, se agrega 1 gramo de la muestra con 20 ml de una solución ácido-alcohólica (ácido cítrico y etanol 1:20 (g/ml) respectivamente).
- **Agitado:** La mezcla se homogeneizó, se etiquetó y se sometió a baño maría posteriormente, las soluciones se refrigeraron de inmediato a 6 °C.
- **Filtración del extracto acuoso:** Tras completar el proceso de extracción del pigmento, se filtran al vacío los frascos con el extracto acuoso. Para ello, se utiliza doble papel número cuarenta, con el objetivo de separar los sólidos presentes en el extracto. Este proceso elimina la torta sólida, compuesta por materiales indeseados, dejando únicamente el extracto líquido.
- **Centrifugado del extracto acuoso:** A continuación, el extracto acuoso se somete a un proceso de centrifugado a 4200 rpm durante 10 minutos, este movimiento de rotación genera una fuerza centrífuga que separa los sólidos remanentes filtrados, logrando un extracto más puro mediante la diferenciación de densidades.
- **Extracción del sobrenadante y Obtención del analito:** El pigmento, debido a su menor densidad, se concentra en la parte superior del tubo como sobrenadante, mientras que los sedimentos,

de mayor densidad, se depositan en el fondo y se eliminan junto con otras impurezas.

- **Almacenado:** Se procedió a almacenar a 4 °C.

3.3.3.2. Técnicas de análisis

a. Determinación de antocianinas totales por espectrofotometría:

Se pesa 1 gramo de muestra en estado seco, al cual se le añaden 9 mL de metanol y 1 mL de ácido clorhídrico al 27%, logrando una mezcla homogénea. Los extractos obtenidos se distribuyen en dos matraces, añadiendo 1.0 mL en cada uno (Coklar & Akbulut, 2017). Al primer matraz se le diluye con una solución tampón de pH 1.0 (cloruro de potasio). Al segundo matraz se le diluye con una solución tampón de pH 4.5 (acetato de sodio).

- ✓ El pH de ambas soluciones se mide con un pH-metro, luego de 30 minutos, se realizan las lecturas de absorbancia utilizando un espectrofotómetro UV/Vis, a las longitudes de onda de 520 y 700 nm, tomando como referencia un blanco de agua destilada (Coklar & Akbulut, 2017).

b. Lectura en el espectrofotómetro

Se vierte una porción de cada solución preparada en cubetas de cuarzo, destinando una para la muestra y otra para el blanco (agua destilada). Las mediciones espectrales se realizan a las longitudes de onda 520 y 700 nm en el espectrofotómetro UV (Coklar & Akbulut, 2017).

c. Cálculo de la concentración de antocianinas

La concentración de antocianinas totales en los extractos y jugos, expresada en mg CGE/L, se calcula utilizando la fórmula propuesta por Zheng et al. (2023):

$$\bullet \text{ Contenido antocianina mg CGE/g PS} = \frac{A \times MW \times DF \times 100}{\epsilon \times L}$$

$$\bullet \text{ Contenido antocianina mg CGE/g PS} = \frac{A \times MW \times DF \times 100}{\epsilon \times L}$$

- Donde $A = \text{pH } 1.0$ (que oscila entre A_{520} a A_{700} nm) - $\text{pH } 4.5$ (que oscila entre A_{520} a A_{700} nm)
- MW = peso molecular de cianidin-3-glucósido el cual es 449.2 g/mol
- DF = Factor de dilución equivalente a diez
- ϵ = Coeficiente de extinción molar de cianidin-3-glucósido, valor: 26,900 L/mol $\times$ cm L = Grosor de la cubeta (1cm).
- Los resultados llevan como unidad a mg como equivalentes de cianidina-3-glucósido sobre 100 g de PS (Zheng et al., 2023).

Método de Folin – Ciocalteu con el fin de determinar compuesto fenólicos

Este método tiene el fin de hallar el contenido de polifenoles presentes en un alimento. Se van a seguir los siguientes pasos:

- En un tubo de ensayo se colocó 100 μ L (0,1 ml) del extracto, de cada una de las muestras obtenidas.
- Se agregó adicionalmente 7,9 ml de agua destilada, más 500 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu, finalmente el tubo de ensayo fue cubierto con papel aluminio y se dejó encubar por un tiempo de 8 min. a 20°C.

- Una vez cumplido el periodo establecido se añadió 1,5 ml de NaOH 5N a cada una de las muestras colocadas en el matraz.
- Se uniformizó cada solución albergada en los tubos de ensayo reposando en ambiente oscuro por un periodo de 120 minutos.
- Se procedió a evaluar la Absorbancia a 765 nm.

$$\frac{mgAc. galico}{100gmuestra} = C \left(\frac{mg}{ml} \right) \frac{10mlsolvente}{Xgmuestra} * 100$$

d. Análisis Fisicoquímico

Tabla 6.

Técnicas empleadas para los análisis fisicoquímicos

Análisis	Método	Técnica
Determinación de pH	AOAC 981.12	Potenciometría
Determinación de humedad	AOAC 930.15	Estufa
Determinación de cenizas	AOAC 942.05	Incineración

Nota. Adaptado de AOAC (2005).

IV. RESULTADOS

4.1. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de mashua negra

Tabla 7

Resultados de pH de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	Ph
T1 (60°C/10h)	5,98±0,03
T2 (70°C/8h)	5,94±0,02
T3 (80°C/6h)	5,91±0,03

Nota: T1 (60°C/10h) = Secado a temperatura a 60°C durante 10 horas; T2 (70°C/8h) = Secado a temperatura a 70°C durante 8 horas; T3 (80°C/6h) = Secado a temperatura a 80°C durante 6 horas.

Tabla 8.

Cuadro descriptivo de pH de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
60°C/10h	3	5,98	0,03	0,02	5,973	5,980	5,97	5,98
70°C/8h	3	5,94	0,02	0,01	5,949	5,950	5,94	5,94
80°C/6h	3	5,91	0,03	0,02	5,918	5,919	5,91	5,91
Total	9	5,94	0,23	0,08	5,947	5,949	5,97	5,98

En la Tabla 7 se muestran los valores de pH resultantes en la harina de cáscara de mashua negra expuesta a diferentes temperaturas de secado durante tres tiempos diferentes. Los resultados fueron: T1 (60°C/10h) = 5,98; T2 (70°C/8h) = 5,94 y T3 (80°C/6h) = 5,91. Esta leve reducción del pH registrado al aumentar la temperatura de secado podría

explicarse por la liberación de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos generados durante el tratamiento térmico del material vegetal. En este sentido, Tang et al. (2023) señalan que variables como la temperatura y el pH desempeñan un papel determinante en la estabilidad de las antocianinas y otros fenoles presentes en matrices vegetales. De igual manera, Rodríguez-Saona y Wrolstad (2022) reporta que las antocianinas muestran mayor estabilidad en condiciones ácidas, mientras que cuando el pH se aproxima a valores neutros pueden experimentar cambios estructurales o procesos de degradación.

Tabla 9.

Resultados de humedad de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	Humedad
T1 (60°C/10h)	10,50±0,30
T2 (70°C/8h)	8,80±0,30
T3 (80°C/6h)	7,30±0,30

Nota: T1 (60°C/10) = Secado a temperatura a 60°C durante 10 horas; T2 (70°C/8h) = Secado a temperatura a 70°C durante 8 horas; T3 (80°C/6h) = Secado a temperatura a 80°C durante 6 horas.

En la Tabla 9 se muestran los valores de pH resultantes en la harina de cáscara de mashua negra expuesta a diferentes temperaturas de secado durante tres tiempos diferentes. Los resultados fueron: T1 (60°C/10h) = 10,50; T2 (70°C/8h) = 8,80 y T3 (80°C/6h) = 7,30.

Tabla 10.

Cuadro descriptivo de humedad de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
60°C/10h	3,00	10,50	0,30	0,17	9,75	11,25	10,20	10,80
70°C/8h	3,00	8,80	0,30	0,17	8,05	9,55	8,50	9,10
80°C/6h	3,00	7,30	0,30	0,17	6,55	8,05	7,00	7,60
Total	9,00	8,87	1,41	0,47	7,78	9,95	7,00	10,80

Como se evidencian los resultados de humedad obtenidos en la harina de cáscara de mashua negra mostraron una disminución progresiva conforme aumenta la temperatura de secado; este comportamiento se atribuye a que el incremento térmico ocasiona alteraciones y ruptura de las estructuras celulares, permitiendo que el agua retenida en la matriz vegetal se libere con mayor facilidad, esto se contrasta con lo mencionado por M. Radojcin et al. (2021), sobre la deshidratación de matrices vegetales, donde señalan que niveles de humedad menores al 10% contribuyen a mejorar la estabilidad y conservación del producto al reducir el crecimiento microbiano. En este contexto, el tratamiento T3 (80 °C/6 h) registró el valor de humedad más bajo, lo que indica una mayor eficiencia en el proceso de secado.

Tabla 11.

Resultados de cenizas de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	Cenizas
T1 (60°C/10h)	4,45 ±0,02
T2 (70°C/8h)	4,58 ±0,01
T3 (80°C/6h)	4,66 ±0,01

Nota: T1 (60°C/10h) = Secado a temperatura a 60°C durante 10 horas; T2 (70°C/8h) = Secado a temperatura a 70°C durante 8 horas; T3 (80°C/6h) = Secado a temperatura a 80°C durante 6 horas.

En la Tabla 11 se muestran los valores de cenizas resultantes en la harina de cáscara de mashua negra expuesta a diferentes temperaturas de secado durante tres tiempos diferentes. Los resultados fueron: T1 (60°C/10h) = 4,45; T2 (70°C/8h) = 4,58 y T3 (80°C/6h) = 4,66.

Tabla 12.

Cuadro descriptivo de ceniza de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

Formulación	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Maximo
60°C/10h	3,00	4,45	0,02	0,01	4,40	4,50	4,43	4,47
70°C/8h	3,00	4,58	0,01	0,01	4,55	4,61	4,57	4,59
80°C/6h	3,00	4,66	0,01	0,01	4,64	4,68	4,65	4,67
Total	9,00	4,56	0,09	0,03	4,49	4,63	4,43	4,67

4.2. Determinación de contenidos de polifenoles totales

Tabla 13.

Promedio de valores del contenido de polifenoles totales resultantes de los diversos tratamientos realizados

Tratamiento	Peso (g)	ABS	Conc (ppm)	Promedio	mgEAG/100g
60°C/ 10h	0,5379	1,404	1469,165	1469,165	2731,30
		1,402	1466,928		
		1,402	1466,733		
70°C/8h	0,5032	1,688	1760,384	1760,384	3125,68
		1,688	1760,322		
		1,69	1762,036		
80°C/6h	0,5784	1,739	1812,291	1812,291	3133,28
		1,738	1812,044		
		1,739	1812,383		

En la Tabla 13 se consignan los valores promedio correspondientes al contenido de polifenoles totales determinados en la cáscara de mashua negra. Previamente, la materia prima fue sometida a un proceso a tres tiempos y temperaturas (60°C/10h, 70°C/8h, 80°C/6h) respectivamente, con la finalidad de obtener harina de cáscara de mashua negra.

Como resultado de estos procedimientos, se registraron valores de absorbancia y concentración (Cuantificados en ppm), los cuales fueron transformados a miligramos de equivalentes de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra seca (mg EAG/100 g), empleando una curva de calibración estándar como referencia cuantitativa.

Tabla 14.

Cuadro descriptivo del contenido de polifenoles totales resultantes de los diversos tratamientos realizados

Formulación	N	Media*	Desv. Desviación	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Maximo
60°C/10h	3,00	2731,30	2,51	1,45	2731,30	2734,65	2726,78	2731,30
70°C/8h	3,00	3125,68	1,93	1,12	3124,63	3504,23	3098,26	3101,66
80°C/6h	3,00	3133,28	0,30	0,17	3132,44	3133,95	3132,86	3133,02
Total	9,00	3220,34	334,01	111,34	2863,60	3377,08	2726,78	3501,66

Nota:

** mg EAG/100 g*

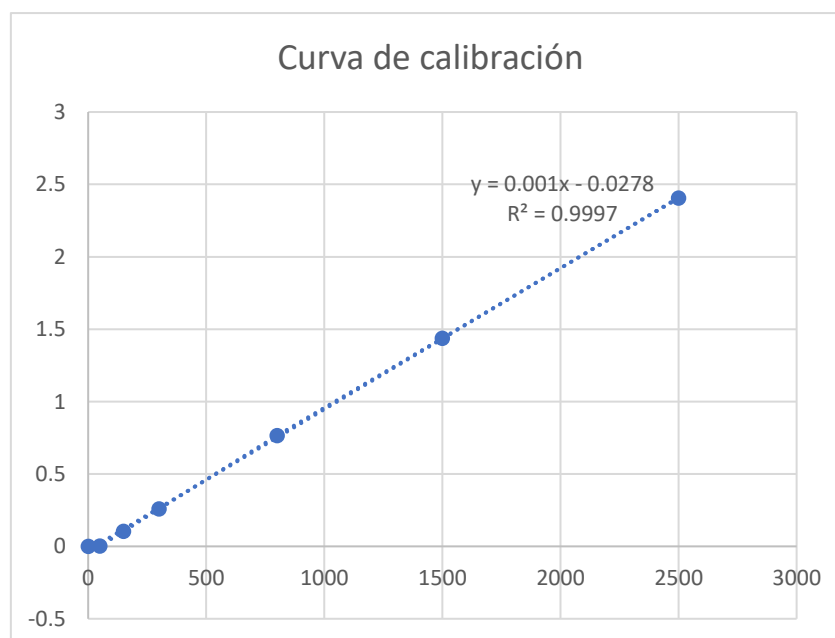
En la Tabla 14 se presenta el análisis estadístico correspondiente a las distintas formulaciones evaluadas. Se observa que la formulación 80°C/6h alcanzó el valor promedio más elevado, con 3133,28 mgEAG/100g, mientras que la formulación 60°C/10h registró el promedio más bajo, con 2731,30 mgEAG/100g.

Este procedimiento permitió determinar cuantitativamente el contenido de compuestos fenólicos presentes en la harina de cáscara de mashua negra, la cual es relevante por su reconocida actividad antioxidante y su gran potencial.

Tabla 15.*Análisis de varianza*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	892467,068	2	446233,534	132059,537	,0000000
Dentro de grupos	20,274	6	3,379		
Total	892487,342	8			

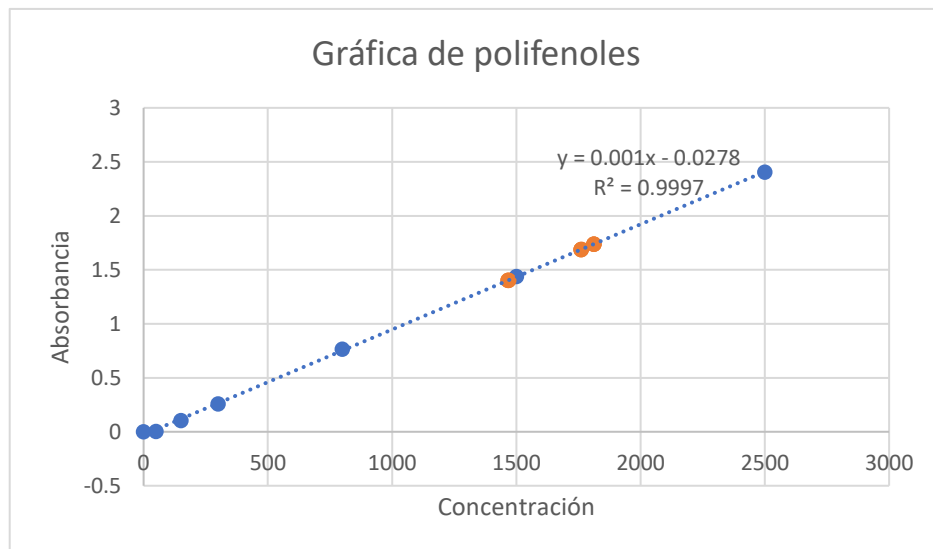
En la Tabla 15 se exponen los resultados correspondientes al análisis de varianza (ANOVA). El valor de significancia ($p < 0,05$) evidencia la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el contenido de polifenoles frente a los diferentes tratamientos, con un nivel de confianza del 95%

Figura 5.*Curva de calibración de Ácido Gálico*

En la Figura 5 se observa la gráfica de la curva de calibración de ácido gálico para polifenoles, dónde se encuentra en un rango de concentración de 0 – 2500 ppm, obteniendo una ecuación de $Y = 0,001x - 0,0278$ y un coeficiente de correlación de 0,9997.

Figura 6.

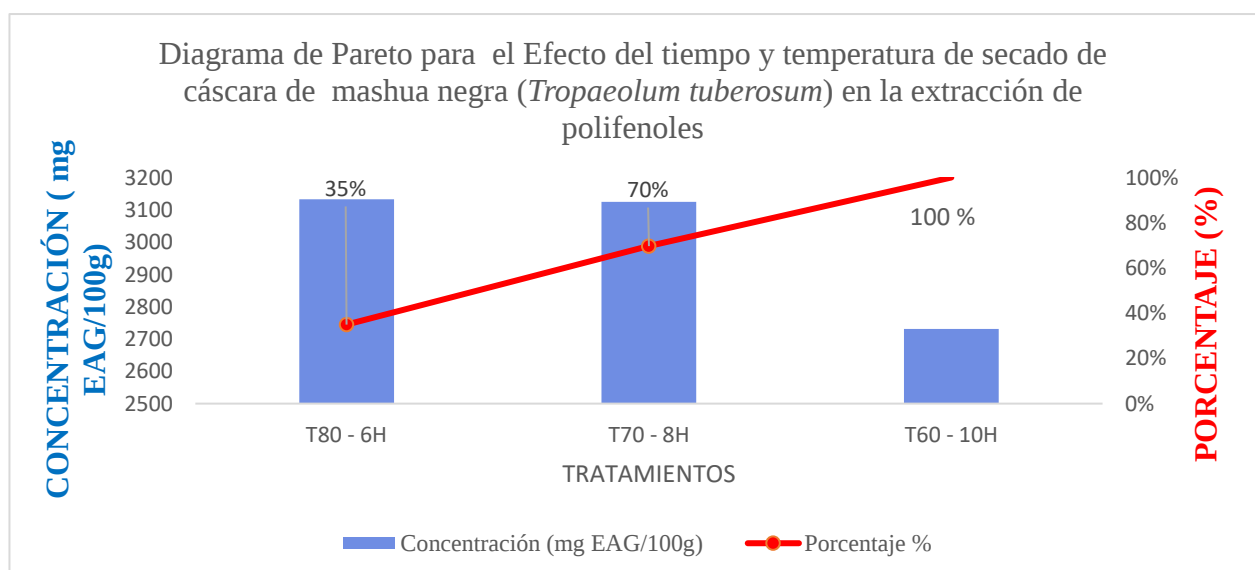
Gráfica de concentración y absorbancia de los polifenoles.



En la Figura 6, se observa el comportamiento de la curva de calibración y la cuantificación de polifenoles totales a una absorbancia a 765 nm.

Figura 7.

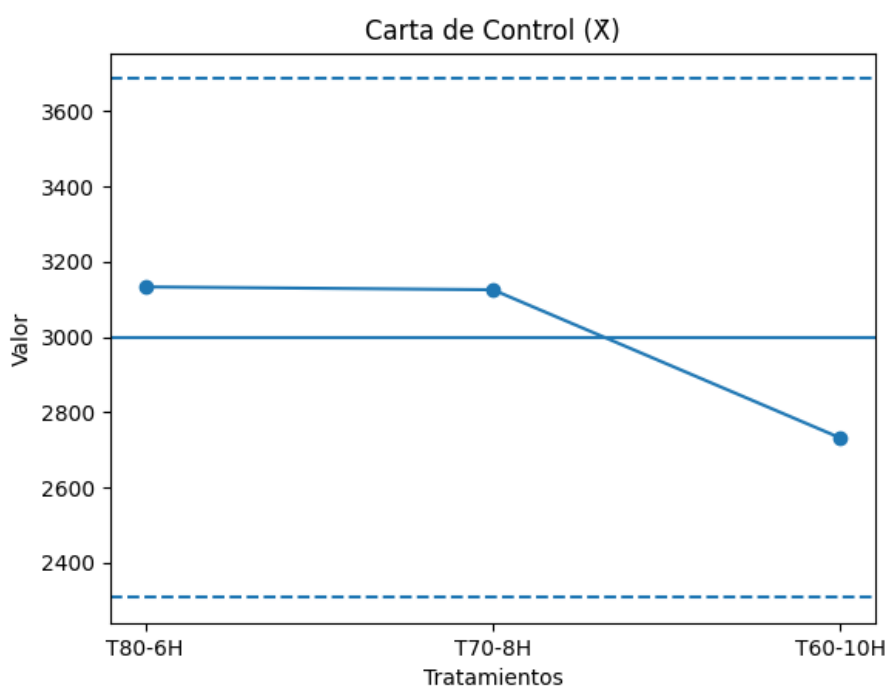
Diagrama de pareto para el efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra en la extracción de polifenoles totales.



El diagrama de Pareto evidencia que, T80-6H y T70-8H concentran la mayor proporción del contenido total de compuestos fenólicos. Por consecuente y siguiendo el principio de Pareto (80/20) al observar dichas condiciones afirmamos que la optimización del proceso debe centrarse en temperaturas elevadas con tiempos moderados. Por ende, el tratamiento T60-10H podría considerarse menos eficiente o no óptimo.

Figura 8.

Carta control para la determinación de polifenoles totales en la harina de cáscara de mashua negra

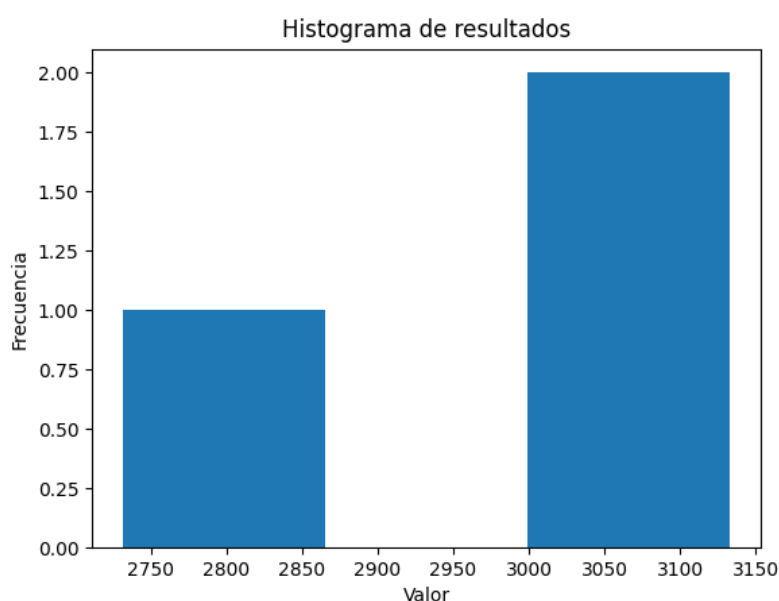


La carta de control muestra que los valores de los tratamientos T80-6H (3133,28 mg EAG/100g) se encuentran muy próximos entre sí y cercanos a la media del proceso, lo que indica estabilidad en condiciones de las temperaturas mayores y menor tiempo de secado. Por otro lado, el tratamiento T60-10H (2731,3 mg EAG/100g) presenta una disminución notable respecto a la media, aunque no necesariamente fuera de los límites de control (considerando el tamaño reducido de muestra).

De esta manera, el proceso no presenta variaciones extremas, pero existe una tendencia clara ya que a menor temperatura y mayor tiempo nos brinda una menor extracción de compuestos bioactivos, lo cual sugiere que dicha temperatura es un factor crítico en la eficiencia del secado.

Figura 9.

Histograma para la determinación de polifenoles totales en harina de cáscara de mashua negra



El histograma muestra una distribución de los datos con dos valores agrupados en la zona alta (alrededor de 3100 mg EAG/100g). La distribución no es homogénea, evidenciando una asimetría hacia valores altos, confirmando así que la mayoría de las condiciones evaluadas favorecen una alta extracción, por otro lado, existe una condición (T60-10H) que se comporta como un valor inferior, posiblemente asociado a degradación o menor liberación de compuestos fenólicos por efecto de baja temperatura.

Los resultados obtenidos nos muestran un incremento de fenoles totales a raíz del aumento de temperatura, de esta manera nace un indicador, el cual nos muestra que un

mayor proceso térmico de secado puede favorecer la liberación o concentración de compuestos fenólicos previamente ligados a la estructura del tejido vegetal, facilitando su extracción posterior. Un comportamiento similar fue obtenido por Veliz et al. (2025), quien empleó secado por aire caliente de diferentes morfotipos de *Tropaeolum tuberosum*, donde la temperatura de secado influyó significativamente en el contenido de fenoles totales, registrándose incrementos de estos a medida que la temperatura aumentó entre 50 °C y 80 °C, con valores que alcanzaron hasta 3929 mgEAG/100g en algunos genotipos.

Así mismo los resultados obtenidos son respaldados por Jacobo et al. (2022), quienes nos mencionan que los polvos deshidratados de mashua han llegado a reportar una abundante presencia de ácidos fenólicos y antocianinas, donde se destaca que el procesamiento térmico puede modificar su biodisponibilidad y concentración dependiendo de las condiciones de tratamiento. En este contexto, los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango reportado para productos derivados de mashua deshidratada, lo que confirma que este tubérculo constituye una importante fuente de compuestos fenólicos, lo cual sugiere que esta condición de secado podría favorecer la liberación y recuperación de estos compuestos bioactivos durante la extracción.

Si bien es cierto, otra de las especies vegetales con gran cantidad de composición fenólica es la cáscara de Tuna, sin embargo, al comparar estos resultados con lo reportado por Pérez y Chavez (2025), se observan diferencias marcadas en la concentración de compuestos fenólicos. En dicho estudio, se reportaron 278,53 mg EAG/100g, 326.11 mg EAG/100g y 452.36 mg EAG/100g para las temperaturas de 55 °C, 65 °C y 75 °C, respectivamente, por un tiempo constante de 12 horas, los cuales son considerablemente menores a los obtenidos en la presente investigación. Esta diferencia se atribuye principalmente al tipo de materia prima utilizada, ya que la mashua negra, al albergar

cáscara oscura, esta actúa como el principal sitio de acumulación de metabolitos secundarios, entre ellos los polifenoles, ya que estas moléculas cumplen funciones fisiológicas relacionadas con la defensa vegetal. Por esta razón, cuando se analizan subproductos como la cáscara de mashua, los valores tienden a ser más altos que los hallados en la misma pulpa (Luera et al., 2025).

4.3. Determinación de contenido de antocianinas

Tabla 16.

Resultados de contenido de antocianinas de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	Antocianinas (mg/100g)
T1 (60°C/10h)	165,20±0,002
T2 (70°C/8h)	133,40±0,002
T3 (80°C/6h)	83,00±0,002

Nota: T1 (60°C/10) = Secado a temperatura a 60°C durante 10 horas; T2 (70°C/8h) = Secado a temperatura a 70°C durante 8 horas; T3 (80°C/6h) = Secado a temperatura a 80°C durante 6 horas.

En la Tabla 16 se muestran los valores de antocianinas resultantes en la harina de cáscara de mashua negra expuesta a diferentes temperaturas de secado durante tres tiempos diferentes. Los resultados fueron: T1 (60°C/10h) = 165,20 mg/100g; T2 (70°C/8h) = 133,40 mg/100g y T3 (80°C/6h) = 83,00 mg/100g.

Tabla 17.

Cuadro descriptivo de contenido de antocianinas de la harina de cáscara de mashua negra en los tres tratamientos

	N	Media*	Desv. Desviación	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
60°C/10h	3,00	165,20	0,002	,001	165,20	165,20	165,20	165,20

70°C/8h	3,00	133,40	0,002	,001	133,40	133,40	133,40	133,40
80°C/6h	3,00	83,00	0,002	,001	83,00	83,00	83,00	83,00
Total	9,00	127,20	35,90	11,97	99,61	154,79	83,00	165,20

En la Tabla 17 se presenta el análisis estadístico correspondiente a las distintas formulaciones evaluadas. Se observa que la formulación 60°C/10h alcanzó el valor promedio más elevado, con 165,20 mg/100g, mientras que la formulación 80°C/6h registró el promedio más bajo, con 83,00 mg/100g.

Este procedimiento permitió determinar cuantitativamente el contenido de antocianinas presentes en la harina de cáscara de mashua negra, la cual es relevante por su reconocido gran potencial.

Tabla 18.

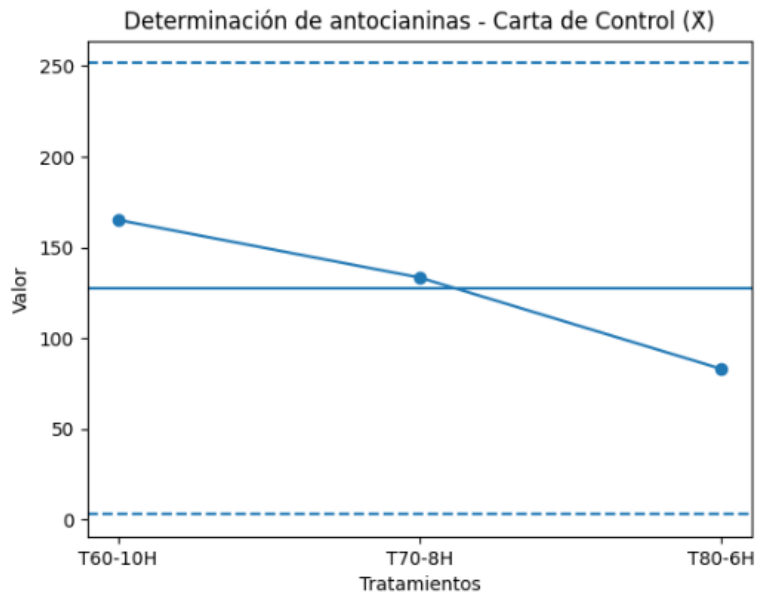
Análisis de varianza

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10308,240	2	5154,120	1288530000,008	,000
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	10308,240	8			

En la Tabla 18 se exponen los resultados correspondientes al análisis de varianza (ANOVA). El valor de significancia ($p < 0,05$) evidencia la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el contenido de antocianinas frente a los diferentes tratamientos, con un nivel de confianza del 95%.

Figura 9.

Carta control para la determinación de antocianinas en la harina de cáscara de mashua negra

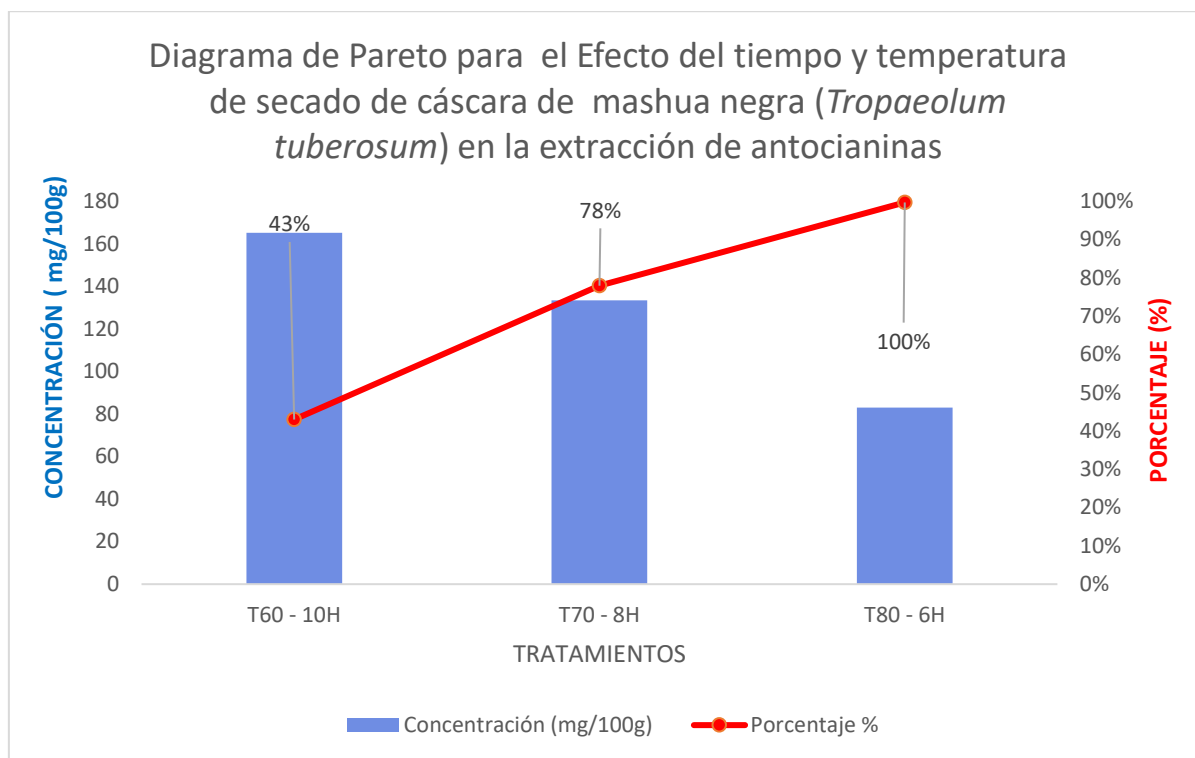


La carta control muestra una tendencia descendente clara desde el tratamiento T60-10H (165,2 mg/100mg) hasta T80-6H (83mg/100mg). A diferencia de los polifenoles, aquí se observa que los valores no se agrupan alrededor de la media, sino que presentan una variación sistemática.

La variabilidad no es aleatoria, sino influenciada directamente por las condiciones de secado. A mayor temperatura y menor tiempo, se reduce el contenido de antocianinas, esto sugiere una posible degradación térmica de las antocianinas, compuestos conocidos por su sensibilidad al calor.

Figura 9.

Diagrama de Pareto para la determinación de antocianinas en la harina de cáscara de mashua negra



El diagrama muestra que T60-10H concentra la mayor proporción del contenido de antocianinas, tras ello encontramos T70-8H, mientras que T80-6H tiene menor contribución.

Se cumple el principio de Pareto: una condición (menor temperatura, mayor tiempo) domina el resultado. Con ello se contribuye a la maximización de antocianinas, enfocándose en temperaturas más bajas y tiempos más prolongados.

De acuerdo con los resultados, esta tendencia sugiere que las altas temperaturas de secado favorecen la degradación de las antocianinas a pesar de la reducción del tiempo de proceso.

La disminución observada puede atribuirse a la sensibilidad térmica de las antocianinas, las cuales son compuestos fenólicos inestables frente a factores como temperatura,

oxígeno, luz y pH. Durante el secado a temperaturas elevadas, estas moléculas pueden sufrir reacciones de degradación, hidrólisis o transformación estructural, lo que conlleva a una reducción de su concentración en el material deshidratado. Estudios recientes han señalado que el incremento de la temperatura acelera la degradación de estos pigmentos, afectando su estabilidad y capacidad antioxidante (Enaru et al., 2023).

Asimismo, se ha reportado que las antocianinas presentan mayor estabilidad en condiciones de procesamiento suaves, donde se minimizan las pérdidas térmicas. Según Fenger et al. (2021), la estabilidad de las antocianinas depende en gran medida de factores como el pH y la temperatura, siendo más susceptibles a degradación cuando se exponen a tratamientos internos intensos. De manera similar, Rodríguez-Saona (2022) indica que el aumento de la temperatura favorece la conversión de las antocianinas en formas incoloras o en compuestos fenólicos más simples, lo que explica la disminución observada en el presente estudio.

Estos resultados concuerdan con investigaciones realizadas en tubérculos andinos y otras matrices vegetales ricas en antocianina, donde se ha evidenciado que el secado a temperaturas moderadas (alrededor de 50-60°C) permite una mejor conservación de estos pigmentos en comparación con temperaturas más elevadas. En el caso específico de la mashua diversos estudios han reportado contenidos significativos de antocianinas en sus morfotipos de color oscuro, destacando su potencial como fuente natural de antioxidantes y colorantes (Velásquez et al., 2022).

En conjunto, los resultados obtenidos indican que la temperatura de secado es un factor crítico en la conservación de las antocianinas, observándose que el tratamiento T1 (60°C/10h) fue el más adecuado para preservar estos compuestos bioactivos. Aunque temperaturas más altas pueden mejorar la eficiencia del secado, también incrementan la

degradación térmica de las antocianinas, lo que debe considerarse al optimizar las condiciones de procesamiento de la cáscara de mashua negra.

V. CONCLUSIONES

- Se caracterizó fisicoquímicamente la harina de cáscara de mashua negra en las tres diferentes temperaturas, obteniendo como resultados: pH (60°C/10h = 5,98; 70°C/8h = 5,94 y 80°C/6h = 5,91.); humedad (60°C/10h = 10,50%; 70°C/8h = 8,80% y 80°C/6h = 7,30%. cenizas (60°C/10h = 4,45%; 70°C/8h = 4,58% y 80°C/6h = 4,66; evidenciando que tanto el pH como la humedad fueron disminuyendo conforme la temperatura aumentaba y el tiempo disminuía, sin embargo, para las cenizas el aumento fue progresivo.
- Se cuantificaron los polifenoles y antocianinas de la harina de cáscara de mashua negra, obteniendo como resultado con respecto a polifenoles (60°C/10h = 2731,30 mgEAG/100g; 70°C/8h = 3125,68 mgEAG/100g; 80°C/6h = 3133,28 mgEAG/100g). Asimismo, en los resultados con respecto a antocianinas se obtuvo lo siguiente: 60°C/10h = 165,20 mg/100g; 70°C/8h = 133,40 mg/100g y 80°C/6h = 83,00 mg/100g.
- Se determinó la temperatura y tiempo de secado de la cascara de mashua negra, obteniendo como mayor valor de polifenoles, 3133,28 mgEAG/100g a una temperatura de secado de 80°C durante 8 horas. Asimismo, la mejor condición para maximizar la extracción de antocianinas de la cáscara de mashua negra es a una temperatura de 60°C durante 10h, obteniendo como valor 165,20 mg/100g.
- Se determinó el efecto del tiempo y temperatura de secado de cáscara de mashua negra en la extracción de antocianinas y polifenoles, acorde a la cantidad de polifenoles obtenidos fue el aumento progresivo de estos; sin

embargo, en la obtención de antocianinas fue su reducción, de acuerdo con el incremento de temperatura y disminución de tiempo, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar condiciones intermedias de temperatura y tiempo, con el fin de lograr un equilibrio entre la retención de antocianinas y la extracción de polifenoles.
- Se sugiere trabajar con un mayor número de tratamientos y réplicas, aplicando diseños estadísticos.
- Prever y tener en cuenta la época de cosecha del fruto para ejecutar investigaciones, así como el tiempo de vida útil para poder analizarlas en óptimas condiciones

VII. REFERENCIAS

- Anaya, R. (2020). *Contenido de antocianinas, polifenoles totales, vitamina c y rendimiento de colorante en mashua negra (Tropaeolum tuberosum) cultivado en tres altitudes de la región Huánuco*. Universidad nacional Hermilio Valdizán - Huánuco.
- Apaza, L., Armanz Sebastián, J., Serban, A.M., Rumbero, Á. (2020). *Alkaloids isolated from Tropaeolum tuberosum with cytotoxic activity and apoptotic capacity in tumour cell lines*. *Phytochemistry*, 177, 112435.
- Arteaga, D., Chacón, L., Samamé, V., Valverde, D., & Paucar, L. (2022). *Mashua (Tropaeolum tuberosum): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud*. *Agroind. Sci.*, 12(1), 95-101.
- Avelina, M., & Martin, O. (2024). *Cromatografía Líquida (HPLC)*.
- Bautista, A. (2016). *Desempeño de deshidratación tipo túnel con dependencia de la temperatura y humedad para productos agrícolas*.
<http://eprints.uanl.mx/14170/1/1080237891.pdf>
- Collazos, J. y Rodriguez, J. (1993). *Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. 6ta. Edición; Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima. Perú.
- Condor, M., Aro, J., Cáceres, A. & Mendoza, J. (2020). *Determinacion de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (Muehlenbeckia*

- volcanica*). Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal Of High Andean Research, 22(2), 161-169. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.604>
- Davalos, D. (2019). “*Determinación de parámetros óptimos de extracción de antocianinas en mashua negra (Tropaeolum tuberosum) y evaluación de la actividad antioxidante y polifenoles totales*”. Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac.
- De la Rosa, X., Leon, I. G., Mendoza, J. H., Baquera, J. M., & Di Carlo, J. (2022). *Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas*. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426374726001/html/>
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2023). *Recent advances in stability improvement of anthocyanins and their applications in food systems*. Food Bioscience, 52, 102403. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/12/1967>
- Fenger, J. A., Robbins, R. J., Collins, T. M., & Giusti, M. M. (2021). *Sources and relative stabilities of acylated and nonacylated anthocyanins in beverage systems*. Molecules, 26(23), 7298. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/23/7298>
- Hernández, J., Rosales, A., Molina, A., Miranda, A., Willcox, M., Hernández, J. M., & Palacios, N. (2017). *Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopía de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados*. <https://www.redalyc.org/journal/610/61051413013/>
- Jacobo-Velázquez, D. A., et al. (2022). *Phytochemical characterization and antioxidant properties of Andean tubers*. Horticulturae, 8(6), 471. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/471>

- Kheto, S., Dhua, S., Nema, P. K., & Sharanagat, V. S. (2021). *Drying kinetics and modeling of food materials: A review*. Journal of Food Process Engineering, 44(10). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.13880>
- Luera-Quiñones, S., Correa, M. J., Moreno-Rojo, C., Salvador-Reyes, R., & Paucar-Menacho, L. M. (2025). *Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón): Nutritional composition, bioactive compounds, and functional potential as an Andean natural ingredient*. Foods, 14(24), 4198. <https://doi.org/10.3390/foods14244198>
- Nawawi, N. S. M., Chong, G. H., & Law, C. L. (2023). *Effect of drying methods on anthocyanins and antioxidant activity of plant materials*. Foods, 12(12), 2351. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/12/2351>
- Nyambe, H., & Williamson, G. (2018). *Chlorogenic and phenolic acids are only very weak inhibitors of human salivary α -amylase and rat intestinal maltase activities*. Food Research International, 113, 452-455.
- Obajemihi, O. I., Esua, O. J., Cheng, J. H., & Sun, D. W. (2023). *Effects of pretreatments on drying characteristics and bioactive compounds of food materials*. Food Chemistry, 406, 134995. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622029570>
- Önal, B., Adiletta, G., Di Matteo, M., Russo, P., Ramos, I. N., & Silva, C. L. M. (2021). *Influence of microwave and ultrasound pretreatments on drying kinetics and quality attributes of foods*. Foods, 10(4), 853. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/4/853>
- Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Kešelj, K., & Gere, A. (2021). *Effect of selected drying methods and*

- emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. Processes*, 9(1), 132. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>
- Rodriguez- Saona, L. E., & Wrolstad, R. E. (2022). *Anthocyanins: Stability, extraction and applications in food systems. Foods*, 11(2), 215. <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/2/215>
- Santana, M. G., Freitas-Silva, O., Mariutti, L. R. B., & Teodoro, A. J. (2022). *Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in tropical fruits: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(28), 7657-7673. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36062814/>
- Tang, Y., & Fan, K. (2023). *Recent advances in stability improvement of anthocyanins by efficient methods and its application in food intelligent packaging: A review. Food Bioscience*, 103164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103164>
- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P., & Quispe, F. (2017). *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (Chenopodium quinoa W.). Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), 16-29.
- Veliz, R., Chamorro, N., Chávez, Y., Cornelio, H., & Gutiérrez, K. (2025). *Effect of hot air drying on remaining water content and total phenolic content of three morphotypes of mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pav.). Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 12(1), 115–129. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2025v12n1.009>
- Villanueva, T. 2003. *Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en la cáscara de Camu (Myrciaria dubia McVaugh H.B.K.)*.

Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Total de páginas.

Zhang Y., Tang, L., Gonzalez, V. (2003). *Selected isothiocyanates rapidly induce growth inhibition of cancer cells*. Mol. Cancer Ther., 2, 1045–1052.

Zhang, Y., Li, Y., Ren, X., Zhang, X., Wu, Z., & Liu, L. (2023). *Kinetics of anthocyanin degradation in food systems*. Food Chemistry, 402, 134231.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622021938>

ANEXOS

ANEXO A: Proceso para la obtención de harina de cáscara de mashua negra

Recepción de la fruta



Lavado



Pelado





Cáscara de mashua en bandejas



Secado

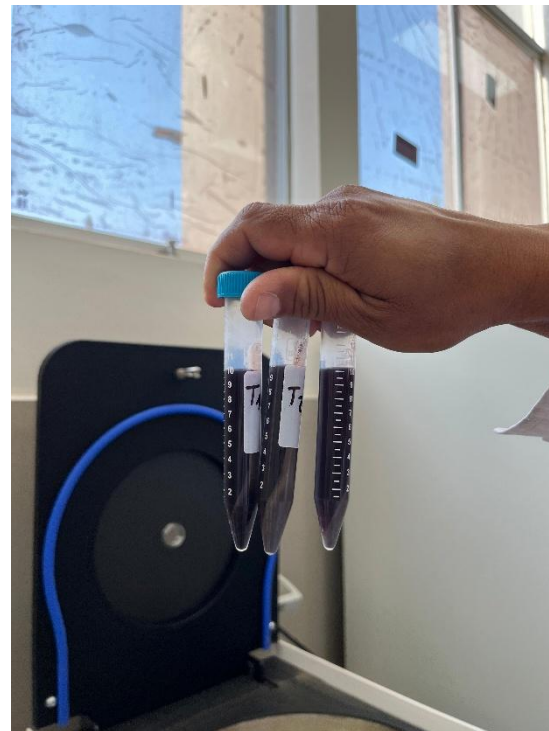
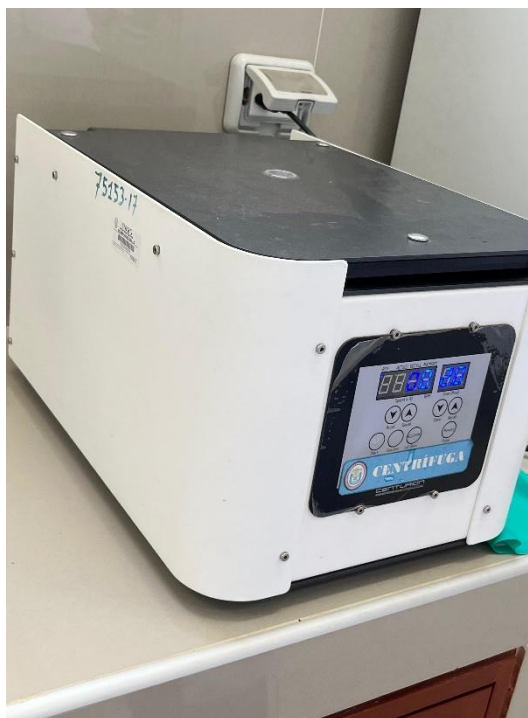


Secado



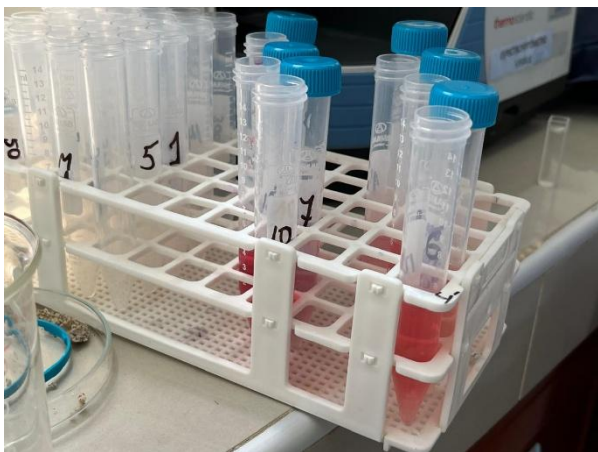
Molienda

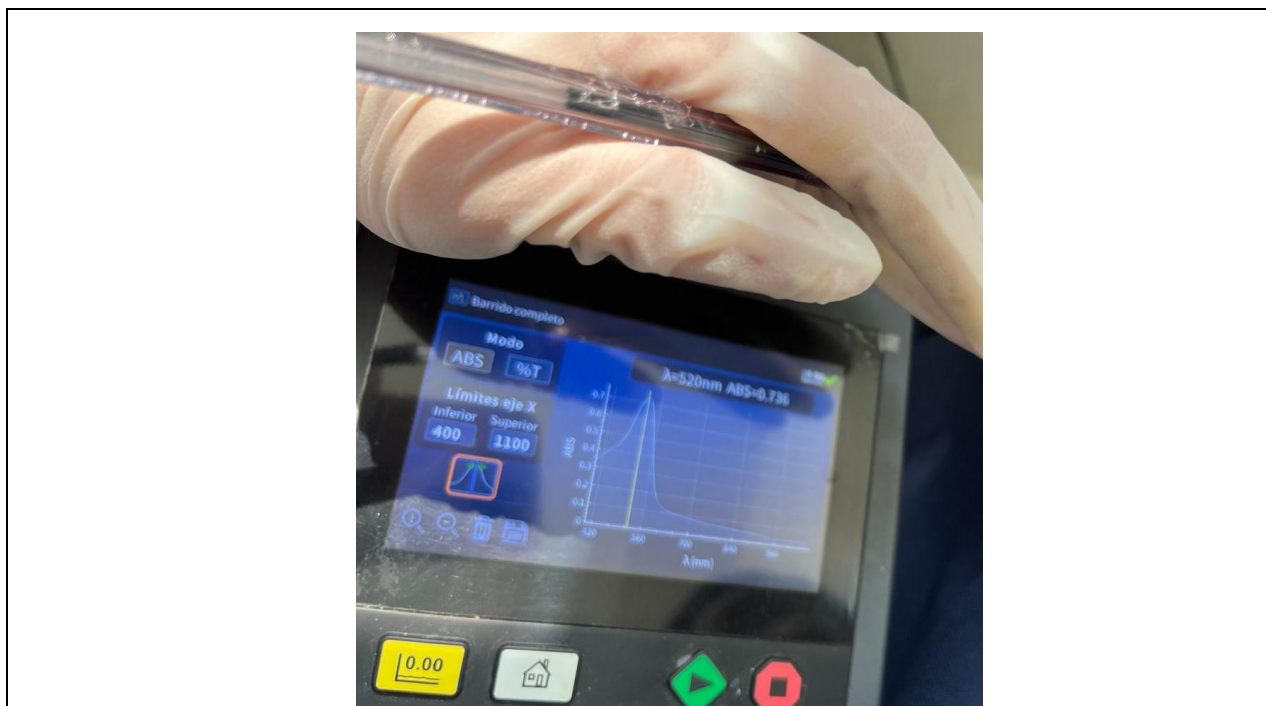
ANEXO B: Acondicionamiento de las muestras utilizando el reactivo de Folin Ciocalteu



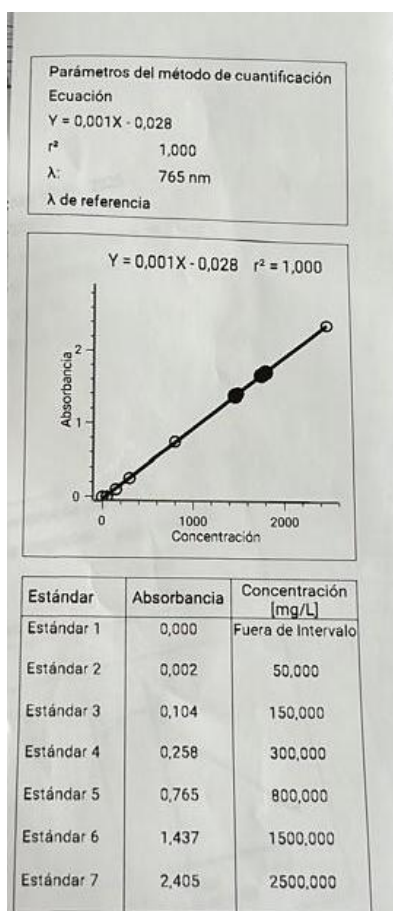
ANEXO C: Acondicionamiento y preparación de la curva de calibración

ANEXO D: Acondicionado de muestras de harina de cáscara de mashua para la determinación de antocianinas





ANEXO E: Resultados de polifenoles



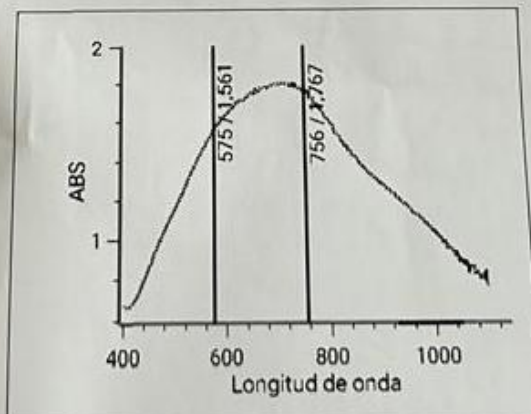
Ejemplo	Absorbancia	Concentración [mg/L]
T1 1	1,404	1469,165
T1 2	1,402	1466,928
T1 3	1,402	1466,733
T2 1	1,688	1760,384
T2 2	1,688	1760,322
T2 3	1,690	1762,036
T3 1	1,739	1812,291
T3 2	1,738	1812,044
T3 3	1,739	1812,383

Barrido: parámetros de método

Intervalo de longitudes de onda 400 - 1100 nm

Intervalo 2,0 nm

Velocidad Rápida



Ejemplo	ABS(575)	ABS(756)
Ejemplo 1	1,561	1,767