UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TESIS

"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CHLORPROPHAM EN EL BROTAMIENTO, CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS DE MASHUA MORADA *(Tropaeolum Tuberosum Ruíz y Pavón)*"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Bach. Hugo, GONZALES TORRE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

HUANCAVELICA, PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por ley N. 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN O APROBACIÓN DE UNA DE LAS MODALIDADES DE TITULACIÓN

En la Ciudad Universitaria de "Común Era" de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 26 días del mes de noviembre del año 2019, a horas 04:30 p.m.; se reunieron los miembros de jurado calificador, que está conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : M.Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA

SECRETARIO : M.Sc. Nilton ROJAS GUERRA

VOCAL : Mtro. Franklin ORE ARECHE

ACCESITARIO : Mtro. Milthon MORALES MIRANDA

Designados con Resolución N° 292-2019-D-FCA-UNH; miembros de jurado calificador de la Tesis Titulado:

"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CHLORPROPHAM EN EL BROTAMIENTO, CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS DE MASHUA MORADA (*Tropaeolum Tuberosum Ruíz y Pavón*).".

Cuyo autor el graduado:

BACHILLER : HUGO GONZALES TORRE

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO [X] **POR** MAYORIA

DESAPROBADO [ ]

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

M.Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA
PRESIDENTE

M.Sc. Nilton ROJAS GUERRA
SECRETARIO

Mtro. Milthon MORALES MIRANDA
ACCESITARIO

Título

“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CHLORPROPHAM EN EL BROTAMIENTO, CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS DE MASHUA MORADA *(Tropaeolum Tuberosum Ruíz y Pavón)”*

Autor

Bach. Hugo, GONZALES TORRES

Asesor

Dr. Alfonso RUIZ RODRÍGUEZ

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0852-5878

DNI N°: 23641445

Agradecimiento

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos:

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad Ciencias Agrarias, por brindarme la oportunidad de aprovechar sus recursos materiales e intelectuales con fines de poder estudiar y desarrollarme como profesional.

A mi asesor y co-asesor, por encaminar está investigación que brinda resultados interesantes en favor del conocimiento científicos de los productos nativos de nuestra región de Huancavelica.

A los docentes; fueron quienes cada día nos impartieron sus conocimientos académicos y científicos en las aulas como en los laboratorios.

Y finalmente, a todos los que colaboraron con mi formación profesional y con la realización de la presente tesis.

Tabla de contenido

Título iii
Autor iv
Asesor v
Agradecimiento vi
Tabla de contenido vii
Tabla de contenidos de tablas ix
Tabla de contenidos de figuras x
Resumen xi
Abstract xii
Introducción xiii
CAPÍTULO I 14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14
1.1 Descripción del problema 14
1.2 Formulación del problema 14
1.3 Objetivos 14
1.3.1 Objetivos General 14
1.3.2 Objetivos Específicos 15
1.4 Justificación 15
1.5 Limitaciones 15
CAPITULO II 16
MARCO TEÓRICO 16
2.1 Antecedentes 16
2.2 Bases teóricas sobre el tema de investigación 18
2.2.1 Generalidades 18
2.3 Hipótesis 24
2.4 Variables 24
2.4.1 Variable Independiente 24
2.4.2 Variable Dependiente 24
2.5 Operacionalización de variable 24
CAPITULO III 25

MATERIALES Y MÉTODOS 25
3.1 Ámbito temporal y espacial 25
3.1.1 Ubicación política: 25
3.1.2 Ubicación geográfica: 25
3.1.3 Factores climáticos: 25
3.2 Tipo de investigación 25
3.3 Nivel de investigación 25
3.4 Población, muestra y muestreo 26
3.4.1 Población 26
3.4.2 Muestra 26
3.4.3 Muestreo 26
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 26
3.5.1 Método de investigación 26
3.5.2 Diseño de investigación 26
3.5.3 Procedimiento de obtención de datos 27
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos 30
CAPITULO IV 31
DISCUSION DE RESULTADOS 31
4.1 Análisis de información 31
4.1.1 Pérdida de peso 31
4.1.2 Longitud del brote versus Tiempo 33
4.1.3 Capacidad antioxidante versus Tiempo 35
4.1.4 Concentración de antocianinas versus Tiempo 39
4.2. Discusión de resultados 42
4.2.1 Pérdida de peso 42
4.2.2 Longitud del brote 42
4.2.3 Capacidad antioxidante 43
4.2.4 Concentración de antocianinas 44
Conclusiones 45
Recomendaciones 46
Referencias bibliográficas 47
Apéndice 51

Tabla de contenidos de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la mashua 18

Tabla 2 Composición Químico Proximal en 100 gramos de Mashua. 19

Tabla 3 Definición Operativa de variables e indicadores……...24

Tabla 4 Esquematización del diseño experimental de la investigación……..26

Tabla 5 Concentraciones para la curva de calibración. 30

Tabla 6 Pérdida de peso de la mashua durante el almacenamiento 31

Tabla 7 Análisis de varianza efecto del Chlorpropham en la pérdida de peso... 33

Tabla 8 Longitud de brotes durante el almacenamiento 33

Tabla 9 Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en el brotamiento .. 35

Tabla 10 Concentración de capacidad antioxidante durante el almacenamiento 36

Tabla 11 Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en la concentración de lacapacidad antioxidante..... 38

Tabla 12 Concentración de las antocianinas en mg/g durante el almacenamiento de la mashua 39

Tabla 13 Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en la concentración de antocianinas 41

Tabla de contenidos de figuras

Figura 1 Las antocianidinas que se encuentran más comúnmente en la naturaleza, sus conjugaciones de anillo B (R1 y R2) y absorbancia máxima. H, grupo hidrógeno; OH, grupo hidroxi; OMe, grupo metoxi. Wallace y Giusti, (2015). Anthocyanins……. …….23

Figura 2 Diagrama de flujo para el desarrollo de la primera etapa..... 27

Figura 3 Comportamiento de la pérdida de peso 32

Figura 4 Longitud de los brotes durante el almacenamiento de la mashua morada 34

Figura 5 Efecto del Chlorpropham en la capacidad antioxidante durante su almacenamiento de mashua..... 37

Figura 6 Efecto del Chlorpropham en la concentración de antocianinas durante su almacenamiento de mashua 40

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la concentración de chlorpropham en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón*), las cuales fueron analizadas en un estudio de nivel descriptiva y correlacional. Se utilizó una muestra de 12 kg la cual fue acondicionadas en cajas de cartón por triplicado de 10, 20 y 30 $mg.kg^{-1}$ de chlorpropham y fueron almacenados durante 90 días, evaluándose pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante durante 30, 60 y 90 días de almacenamiento. La evaluación de la pérdida de peso se realizó por diferencia de peso, longitud de brote se determinó por longitud de brote presentada durante la evaluación, concentración contenida de antocianinas se realizó por el método de pH diferencial y la determinación de capacidad antioxidante se evaluó por DPPH. La pérdida de peso fue menor de 30 $mg.kg^{-1}$ de chlorpropham, longitud de brote fue menor con la incorporación de 30 $mg.kg^{-1}$ de chlorpropham, concentración de antocianinas fue mayor con de 30 $mg.kg^{-1}$ de chlorpropham y capacidad antioxidante fue mayor con 0 y 10 $mg.kg^{-1}$ de chlorpropham después de 90 días de almacenamiento. Finalmente, la pérdida de peso está influido ($P < 0,05$) por la concentración de chlorpropham, longitud de brote está influida ($P < 0,05$) por la concentración de chlorpropham, la capacidad antioxidante está influida ($P < 0,05$) por la concentración de chlorpropham y la concentración de antocianinas está influida ($P < 0,05$) por la concentración de chlorpropham después de 90 días de almacenamiento en cajas de cartón.

Palabras clave: Germinación de tubérculos, bioactivos, pos cosecha, almacenamiento.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of chlorpropham concentration on weight loss, shoot length, anthocyanin content and antioxidant capacity in the mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruiz and Pavón) stored with the addition of chlorpropham, which were analyzed in a descriptive and correlational study level study. A 12 kg sample was used, which was packed in cardboard boxes in triplicate with the addition of 10, 20 and 30 $mg.kg^{-1}$ of chlorpropham and stored for 90 days, evaluating weight loss, length of shoots, content of anthocyanins and antioxidant capacity during 30, 60 and 90 days of storage. The evaluation of the weight loss was performed by weight difference, shoot length was determined by shoot length presented during the evaluation, anthocyanin content concentration was performed by the differential pH method and the determination of antioxidant capacity was evaluated by DPPH. Weight loss was less than 30 $mg.kg^{-1}$ of chlorpropham, sprout length was lower with the addition of 30 $mg.kg^{-1}$ of chlorpropham, concentration of anthocyanins was higher with 30 $mg.kg^{-1}$ of chlorpropham and Antioxidant capacity was higher with 0 and 10 $mg.kg^{-1}$ of chlorpropham after 90 days of storage. Finally, the weight loss eta influenced ($P < 0,05$) by the concentration of chlorpropham, shoot length is influenced ($P < 0,05$) by the concentration of chlorpropham, the antioxidant capacity is influenced ($P < 0,05$).by the concentration of chlorpropham and the concentration of anthocyanins is influenced ($P < 0,05$) by the concentration of chlorpropham after 90 days of storage in cardboard boxes.

Keywords: Germination of tubers, bioactive, post-harvest, storage

Introducción

Los productos andinos están conformados por oca, olluco, papa y mashua ricos en compuestos bioactivos como antioxidante, polifenoles y antocianinas, las que son los principales protectores frente a procesos degenerativos que tienen diferentes enfermedades como cardiovasculares, tipos de cáncer, Parkinson y Alzehimer; estos principales compuestos bioactivos pueden ser alterados en el proceso de la postcosecha en actividades como fases de acopio (mala selección, mal secado), transporte (mal acondicionamiento y empacado del producto), almacenamiento (apilamiento excesivo e inadecuado), procesamiento y comercialización.

Los productos de la agricultura, muchos son almacenados en condiciones rusticas con ausencia de criterio técnicos y científicos imponiéndose el conocimiento de los agricultores o escaso asesoramiento del personal especializado siendo afectados por distintos factores como: humedad, calor, temperatura, infraestructura, etc. que favorecen al deterioro de los compuestos durante el periodo de almacenamiento que comúnmente puede ser mayor a 3 meses en los Andes del Perú debido a que son alimentos disponibles como tal y/o como disponibilidad económica para toda la familia

No obstante, es importante conocer las condiciones de almacenamiento de materia prima, con el fin de poder seleccionar el manejo de almacenamiento de los tubérculos, con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos bioactivos en tubérculos. En esta investigación se pretende conocer los cambios que se producen en la mashua morada (*Tropaeolum Tuberosum* Ruíz y Pavón).” durante el almacenamiento con adición de Chlorpropham.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En los últimos años, existe un interés creciente, en el uso de los antioxidantes, para tratar enfermedades y la importancia del rol de los antioxidantes para prevenir el desarrollo de algunas patologías. Estudios recientes indican también que la mashua es fuente importante de actividad antioxidante y es comparado con el arándano, un cultivar premier y que es considerado una de las frutas con alto contenido de capacidad antioxidante y que en términos de nutrición es excelente. La pérdida de capacidad antioxidante hidrofílica natural, durante el almacenamiento de los alimentos se ha vuelto un problema, debido a su baja resistencia contra el oxígeno, catálisis del ion de metal, temperaturas altas, luz, secado y grado higrométrico, conllevando a un problema que es la desvalorización nutricional de cultivos de la Mashua. En vista de lo mencionado anteriormente, se pretende incorporar conocimientos sobre la influencia de almacenamiento del manejo de post cosecha de la mashua, y de esta manera ampliar conocimientos, utilizándolo como métodos de almacenamiento en refrigeración, a un ambiente de 15 °C a una Humedad de 85 % de HR, donde la pérdida de peso se evaluará durante su almacenamiento en cajas con adición de chlorpropham en concentraciones de 10,20 y 30 mg/kg.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón*)?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

- Evaluar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).*

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).*
- Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la longitud de los brotes de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).*
- Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).*
- Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en el contenido de antocianinas de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).*

1.4 Justificación

Nuestro trabajo de investigación nos permitirá evaluar el efecto de la concentración de Chlorpropham en: la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón)*, con lo cual se trata de incorporar y ampliar conocimientos en la tecnología de almacenamiento para la conservación de los antioxidantes. La ejecución de la tesis va orientada a mejorar el almacenamiento, para que tengan mashua fresca en un periodo más largo; para su consumo o la venta a los mercados en épocas que no exista cosecha y en donde se observa precios más altos. Esta actividad brindaría estabilidad, bienestar individual y familiar; mayor participación social y comunitaria.

1.5 Limitaciones

Se estable las siguientes limitaciones para nuestra investigación:

a) Los resultados se limitan al ámbito de tiempo y espacial del estudio.
b) Se reporta resultados obtenidos de la variedad mashua morada.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Según Pacco, (2015) tuvo como objetivo determinar los parámetros del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua. Mediante la metodología (2,2 Azino bis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate) ABTS. se utilizó como materia prima la mashua fresca Tropaeolum tuberosum R. et P. de pulpa amarilla accesión (B002). Obteniendo la mayor retención de capacidad antioxidante de 4,692 µmol trolox eq/g. Evaluada por el método ABTS, y para el caso de compuestos fenólicos se utilizó el método espectrofotométrico y resulto el valor óptimo de temperatura 60 ºC y con un tiempo de 10 minutos siendo la máxima retención de componentes fenólicos de 50,032mg de ácido gálico/100g. Y también se Evaluó la estabilidad de los antioxidantes fenólicos del puré deshidratado de mashua (tropaeolum tuberosum) en el almacenamiento acelerado durante 15 días a una temperatura de 55 ºC para lo cual utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA) y su respectivo prueba de comparación de Duncan, la determinación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos se realizaron en 1, 5, 10 y 15 días, del puré deshidratado de mashua de los cuales el T9 al primer día se tenía 4,692 µmol trolox eq. /g. y a los 15 días se tiene 3,026 µmol trolox eq. /g que hubo pérdida de capacidad antioxidante. En el caso de compuestos fenólicos tenía en el primer día de evaluación tuvo 50,032 mg de ácido gálico/100g. de muestra dentro de los 15 días se evaluó la misma muestra y se tiene un valor de 43,769 965 mg de ácido gálico/100g. En conclusión, el parámetro es con una temperatura de 60 ºC y tiempo de 10 minutos y con un valor de 4,692 µmol trolox eq. /g y la cantidad de compuestos fenólicos 50,032mg de ácido gálico/100g, y no existe la estabilidad de antioxidantes fenólicos en almacenamiento acelerado.

Barrera y Aro (2017) determinaron el proceso de cocción que genere menos daño al contenido de antocianinas, polifenoles y capacidad antioxidante en papas

nativas pigmentadas variedades sangre de toro (PST) y wenqós (PWQ) por su mayor contenido en pigmentos. Las muestras fueron cocidas por horneado, fritas y hervido, el método de análisis de contenido de antocianinas totales fue por pH diferencial y polifenoles totales fue por reacción colorimétrica de óxido-reducción. Los resultados obtenidos fueron, contenido de antocianinas totales disminuyó de 59,21 mg de cianidina 3-glucosido/100g después del proceso de fritura, preservando mejor sus antocianinas en el proceso de cocción de hervido; el contenido de polifenoles totales se reduce de 179,51 mg de ácido gálico/100g después del proceso de cocción por microondas y de fritura, se preservaron mejor los polifenoles totales en la cocción por hervido. Finalmente concluyeron que el proceso de cocción influye en la concentración de compuestos de antocianinas y polifenoles.

Chirinos *et al.,* (2007) en su estudio tuvo como objetivo comparar 10 cultivares morfológicamente bien identificados de mashua en términos de capacidad antioxidante del tubérculo y contenidos en compuestos bioactivos como fenólicos y carotenoides y para determinar los efectos de la cosecha el tiempo (edad de la planta) y el almacenamiento después de la cosecha del sol en estos parámetros. La metodología empleada consistió en cultivar 10 variedades de mashua entre amarrillas y moradas en aproximadamente 3700 m sobre el nivel del mar con aprox. 70 % HR y 10 °C (temperatura promedio) y cosecharon a las 5; 5,5; 6; 6,5; 7 y 7,5 meses, los tubérculos cosechados a los 7,5 meses fueron almacenado en una azotea expuesto 10 h por día a la luz solar brillante (promedio temperatura 15 °C) durante 7, 14, 21, 28 y 35 días. Durante el período de la noche (12 h) los tubérculos fueron cubiertos con Ichu (hierba andina) para protegerlos de las bajas temperaturas (-2 a -15 °C), las muestras cosechadas fueron empacados inmediatamente en bolsas de papel para ser liofilizados y almacenados a -20 °C para el análisis las muestras se rehidrataron antes de los análisis. Los resultados muestran la capacidad antioxidante y el contenido de los compuestos bioactivos varia notablemente entre cultivares, las variedades moradas alcanzaron la mayor capacidad antioxidante durante el desarrollo del tubérculo, la cinética de acumulación o desaparición del bioactivo dependieron tanto del cultivar como del compuesto considerado, las antocianinas, hubo un marcado aumento durante la

maduración en todos los cultivares púrpura. Durante la exposición al sol, los cambios en la capacidad antioxidante y el contenido de los compuestos bioactivos probados también varió entre cultivares, se observó una disminución de antocianinas. En general, la correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos bioactivos varía notablemente entre cultivares, la capacidad antioxidante en las variedades moradas se correlacionó con los fenólicos totales o con los flóculos 3-oles mientras que solo en algunas variedades amarillas la capacidad antioxidante se correlacionó con fenólicos totales.

2.2 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1 Generalidades

- **Mashua**

Es uno de los tubérculos de mayor importancia nutricional después de la oca, olluco y papa; siendo su cultivo en los valles húmedos de la zona andina de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Consejo Nacionalg de Investigación, 1989), su mayor producción se realiza entre las altitudes de 3500 a 3800 msnm, la producción a nivel nacional para el año 2015 fue de 30209 toneladas.

Tabla 1

Clasificación Taxonómica de la mashua

TAXONÓMICA DE LA MASHUA	
Reino	Plantae
División	Angiosperma
Tipo	Angiospermales
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Archidamideas
Orden	Geraniales
Familia	Tropaeolaceae
Genero	Tropaeolum
Especie	Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón
Nombre común	Mashua , añu, cubios, navios ,isaño, isañu

Fuente: Temoche et al., (2004)

❖ **Valor nutricional**

La composición química de la mashua depende principalmente de las características genéticas, sin embargo, tubérculos de la misma planta pueden diferir notablemente en la composición química. Además, la composición se ve afectada por varios factores como: accesión, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madures de la cosecha, etc. En la Tabla 2 se presenta la composición química de la mashua estudio realizado por los diferentes autores a continuación detallaremos por cada 100 gramos de mashua.

Tabla 2

Composición Químico Proximal en 100 gramos de Mashua (Tapia et al., (2007), Collazos et al., (1993), Meza et al., (1997), King citado por Ramallo (1999) y Consejo nacional de investigación, (1989)).

Composición proximal de la mashua en 100 g	
Energía (Kcal)	35-52
Humedad %	79,2 – 93,8
Proteína (g)	1,1 – 2,7
Carbohidrato (g)	1 – 10,5
Fibra (g)	0,5 – 1,5
Ceniza (g)	0,6 – 1,1
Grasa (g)	0,6 – 0,9
Azúcar (g)	5,37 – 9, 33
Potasio (mg)	1,28 – 1,76
Fosforo (mg)	0,61 – 0,83
Calcio (mg)	10 – 13
Hierro (mg)	0,8 - 1,1
Vitamina A (mg)	0,9 – 12
Tiamina (mg)	0,1
Riboflavina (mg)	0,12
Niacina (mg)	0,67
Vitamina C (mg)	77,5
β- caroteno equivalente (µg)	10

- **Brotamiento**

  Brote. Es la parte vegetativa de la planta, que se origina a partir de una yema axilar en el tubérculo de papa (Osorio,2013). Cuando los tallos principales de la planta (los que se originan del tubérculo madre) tienen un desarrollo suficiente, es decir cuando la yema apical se diferencia en floral y por lo tanto disminuye la dominancia apical, las yemas subterráneas del tallo que están más cerca del tubérculo madre brotan originando los estolones (Aldabe y Dogliotti, 2001).

- **Chlorpropham**

  Chlorpropham logró inhibir el crecimiento de los brotes de los tubérculos de olluco durante el almacenamiento mostrándose diferencia significativa entre los tratamientos con Chlorpropham y el testigo ($p<0,05$) en todas las variables evaluadas sin presentarse diferencias estadísticas entre los tratamientos con Chlorpropham.

  Las concentraciones (5, 10, 20 y 30 mg de Chlorpropham/kg de tubérculo de olluco) tuvieron el mismo efecto sobre el brotamiento de olluco a los 90 días de almacenamiento, por lo que sería necesario trabajar con concentraciones menores de Chlorpropham. La pérdida de peso por parte de los tubérculos para los tratamientos en promedio fue de 19,85 % a 21,67 % y 37,35 % para el tratamiento testigo a los 90 días de almacenamiento (Aliaga, Velásquez, Mendoza, y Chuquilín, 2011).

  Chlorpropham según la IUPAC es el isopropil 3-clorocarbanilato. Es utilizado como control del brotamiento durante el almacenamiento y es ampliamente utilizado en el mundo, el nivel de residuo máximo es de 10 mg/Kg tubérculo (Bradshaw, 2006).

- **Antioxidante**

  Un antioxidante es cualquier sustancia que, cuando están presentes en bajas concentraciones en comparación con las del sustrato oxidable, retrasa de forma considerable o inhibe la oxidación de ese sustrato (Osorio, 2013). Son antioxidantes, sólo los compuestos que son capaces de proteger al componente biológico.

Uno de los componentes principales son los antioxidantes, sustancias existentes en determinados alimentos que actúan protegiendo al organismo de la acción de los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades. Los radicales libres son moléculas "desequilibras", con átomos que tienen un electrón en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos. Estos radicales recorren el organismo intentando captar un electrón de las moléculas estables, con el fin de lograr su estabilidad electroquímica y con potenciales reacciones en cadenas destructoras de las células del cuerpo.

a. Papel de los Antioxidantes

Las especies reactivas al oxigeno (ROS) pueden ser reducidos por los compuestos endógenos (enzimáticos, superóxido dismutasa, catalasa y glutation peroxidasa) o exógenos (vitamina E, vitamina C, betacarotenos, flavonoides y licopenos), inhibiendo o retrasando la oxidación de las sustancias; disminuyendo concentración de ROS, metales catalizadores de oxígeno (Fe^{3+}, Cu^{2+}, etc) se disminuye o intervenir en la cadena de reacciones que desencadenan la oxidación.

Los antioxidantes se clasifican de la siguiente forma, de acuerdo a su mecanismo de acción:

- Actividad antioxidante enzimática: intervienen específicamente sobre los ROS después de formar y posteriormente los eliminan.
- La eliminación de superoxido bismutasa, catalasas y peroxidasas está influenciada por la eliminación catalítica de las ROS.
- Actividad antioxidante preventiva: no permiten el paso de los promotores de secuenciación de la oxidación y la transición de metales como hierro y cobre.
- Actividad de inhibición o interrupción de la reacción antioxidante: intervienen en la reacción de oxidación antes que los radicales libres reduciendo la energía utilizable para la reacción.
- La interacción en la reacción de oxidación

- ❖ Compactación de las ROS por agentes de bajo peso molecular (incluyendo glutatión, a-cetoácidos, ácido lipoico y coenzima Q) o por moléculas obtenidas de la dieta (vitaminas C y E).
- ❖ Las proteínas dañadas pueden ser remediadas por el choque térmico de las biomoléculas.

b. Capacidad Antioxidante

Su capacidad antioxidante está influenciada por factores como las propiedades de los sustratos, condiciones y etapas de oxidación como también la localización de los antioxidantes en fases hidrofilicas o lipofílica (Aldabe y Dogliotti ,2001). Según Aliaga et al., (2011) la tecnología empleada en la determinación y los agentes oxidantes influyen en su capacidad.

Su determinación se basa al cambio de color violeta a amarillo en función de la concentración de antioxidantes y el tiempo de exposición, esto es debido que se completaron con hidrógenos la estructura radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) con hidrógenos procedentes de los antioxidantes (Brand-Williams y Berset, 1997).

❖ **Antocianinas**

Las antocianinas son compuestos fenólicos que pertenecen a la familia de los flavonoides y forman parte del metabolismo secundario. Estos compuestos son sintetizados en el citoplasma, pero almacenados y concentrados en las vacuolas a nivel subcelular de las 3 ó 4 primeras capas del epicarpio (Combe, 1992; Leguizamón y cols., 2005). Son acumuladas en vesículas esféricas conocidas como antocianoplastos o inclusiones vacuolares las cuales se encuentran unidas a las proteínas de membrana. Estas inclusiones antociánicas vacuolares se ha observado tienen selectividad por las antocianinas asiladas (Zhang y cols., 2004).

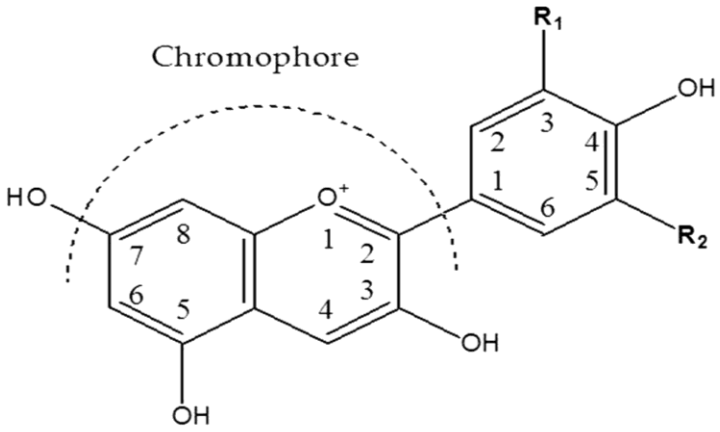
Son los responsables de la pigmentación de colores purpura, azul y rojo en la mayoría de los vegetales (Aranceta y Pérez, 2006), estas volvieron producto de interés como colorante natural soluble en agua a las flores y los frutos de algunas plantas (Murillo, 2004). La estructura química de

las antocianidinas está conformada por dos anillos aromáticos, A y B, unidos por una cadena de tres átomos de carbono. Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas conocidas. son el grupo más importante de los pigmentos solubles al agua visibles para el ojo humano.

El color azul, rojo y morado depende de los grupos que estén enlazados a la estructura, así como, la posición del carbono que este siendo atacado. En un medio básico vira el color de rojo a azul, en cambio entre más ácido se encuentre el medio los colores de las antocianinas se hacen más rojos, en la Figura 1 se muestra las antocianidinas más comunes.

Figura 1

Las antocianidinas que se encuentran más comúnmente en la naturaleza, sus conjugaciones de anillo B (R1 y R2) y absorbancia máxima. H, grupo hidrógeno; OH, grupo hidroxi; OMe, grupo metoxi. Wallace y Giusti, (2015). Anthocyanins.



Anthocyanidins	R_1	R_2	Λ_{max} (nm)
Pelargonidin	H	H	494 nm (orange)
Cyanidin	OH	H	506 nm (orange-red)
Peonidin	OMe	H	506 nm (orange-red)
Delphinidin	OH	OH	508 nm (red)
Petunidin	OMe	OH	508 nm (red)
Malvidin	OMe	OMe	510 nm (bluish-red)

2.3 Hipótesis

La incorporación de Chlorpropham durante el almacenamiento en cajas de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón*) no influye en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante.

2.4 Variables

2.4.1 Variable Independiente

- Chlorpropham (T^{o}=15 ºC, T^{I}= 30,60 y 90, HR=85 %)

2.4.2 Variable Dependiente

- Pérdida de peso (%)
- Longitud de brotes (cm)
- Contenido de antocianinas
- Capacidad antioxidante.

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 3

Definición operativa de Variables e Indicadores.

VARIABLES	DEFINICION DE OPERATIVA	INDICADORES
Independiente	Inhibidor de brotamiento	mg/kg
Dependiente	Pérdida de peso	%
	Longitud de brotes	cm
	Contenido de antocianinas	ml/L
	Capacidad de antioxidante	(µmolEqui.Trolox/g)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de procesos agroindustriales, instalaciones pertenecientes a la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Huancavelica.

3.1.1 Ubicación política:

Región	: Huancavelica.
Provincia	: Acobamba.
Distrito	: Acobamba.
Lugar	: Común Era.

3.1.2 Ubicación geográfica:

Altitud	: 3417 msnm
Latitud sur	: 12º 50’ 51”
Longitud oeste	: 74º34’03”

3.1.3 Factores climáticos:

Precipitación pluvial promedio anual	: 645 mm^3
Humedad relativa	: 59.98 %
Temperatura promedio anual	: 12º C

3.2 Tipo de investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación Aplicada, en razón, que se utilizaran conocimientos de las ciencias biotecnológicas.

3.3 Nivel de investigación

El estudio es de nivel descriptivo y relacional, se evaluó la influencia de la concentración de chlorpropham durante el almacenamiento de mashua morada.

3.4 Población, muestra y muestreo

3.4.1 Población

En el presente trabajo de investigación tendrá como población los tubérculos de Mashua del distrito de Paucará – Acobamba – Huancavelica; de la variedad de morada.

3.4.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por 12 kg de mashua morada.

3.4.3 Muestreo

La técnica utilizada para la extracción de mashua fue la selección de muestreo aleatorio completamente al azar

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Método de investigación

Se aplicará el método científico considerando una estructura de ejecución con el objetivo del cumplimiento de los objetivos.

3.5.2 Diseño de investigación

Se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 4x3 siguiendo el esquema de la Tabla 4, la diferencia de promedios se realizó mediante la comparación de medias de Duncan.

Tabla 4

Esquematización del diseño experimental de la Investigación

	TRATAMIENTO								
Repetición	**T1**			**T2**			**T3**		
	A30	A60	A90	A30	A60	A90	A30	A60	A90
R1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}	Y_{19}
R2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}	Y_{26}	Y_{27}	Y_{28}	Y_{29}

Dónde:

T1: tratamiento con 10 mg/kg de Chlorpropham /por cada kilogramo de mashua

T2: tratamiento con 20 mg/kg de Chlorpropham / cada kilogramo de mashua

T3: tratamiento con 30 mg/kg de Chlorpropham /cada kilogramo de mashua

A30: Treinta días de almacenamiento

A60: Sesenta días de almacenamiento

A90: Noventa días de almacenamiento

R1: repetición 1

R2: repetición 2

3.5.3 Procedimiento de obtención de datos

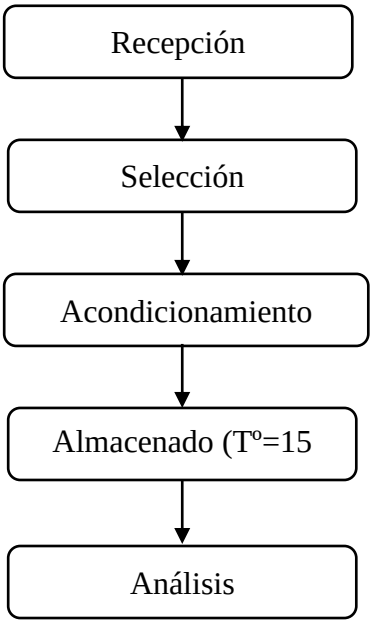
La ejecución del proyecto de investigación se realizó en 2 etapas:

a. Primera etapa.

Se realizó siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 2 y la segunda etapa consistió en el análisis de pérdida de peso, número de brotes y longitud, capacidad antioxidante y antocianinas.

Figura 2

Diagrama de flujo para el desarrollo de la primera etapa.



- **Recepción:** la mashua es recepcionada inmediatamente después de la cosecha del distrito de Paucara.

- **Selección:** las mashuas fueron seleccionadas cuidadosamente las mismas que no presentaron daño en el tejido.
- **Acondicionamiento:** la mashua fueron limpiadas, pesadas y acondicionadas en cajas de cartón de 15 x 22 x 10 cm, se le adiciono Chlorpropham
- **Almacenado:** Se almaceno en una temperatura y humedad relativa controlada por un periodo de 30, 60 y 90 días.

b. Segunda etapa.

- **Determinación de pérdida de peso**

  Se pesó la muestra de mashua antes de ser almacenado en cajas de cartón obteniendo un P1, acabo de 30, 60 y 90 días transcurrido se volvió a pesar la mashua obteniendo P2 que fueron registrados por triplicado a la cual se le aplico la siguiente formula:

$$\%\,\mathrm{PP} = \frac{\mathrm{P_1 - P_2}}{\mathrm{P_1}}\, x\, 100 \qquad\qquad Ec.\quad (01)$$

  Dónde:

  % PP : Porcentaje de pérdida de peso

  $\mathrm{P_1}$: Peso inicial (g)

  P2 : Peso a los 30, 60 y 90 días de almacenamiento (g)

- **Determinación de antocianinas totales**

  Preparación del extracto de la mashua morada

  La toma de muestra se realizó cada 30 días que consistió en una selección al azar de mashua morada, estas fueron lavadas y mediante una extractora se obtuvo jugo. Finalmente, se realizó una dilución de 5 ml de muestra en 50 ml de agua para el análisis respectivo.

- **Método de pH diferencial**

  El contenido de antocianinas totales se realizó directamente de la muestra diluida, el método realizado fue por pH diferencial. Se realizaron dos diluciones diferentes de las muestras, la primera dilución se realizó con el buffer de cloruro de potasio a pH 1,0 (0,025 M) y la segunda fue con el buffer de acetato de sodio a pH 4,5 (0,4 M); teniendo estas dos diluciones se realizó se realizó una segunda

dilución consistente en 100 µl de extracto con 2 ml de buffer a pH 1,0 esto se realizó por triplicado para cada análisis, el mismo procedimiento se realizó para el buffer de pH 4,5. Finalmente, se realizó llevo al espectrofotómetro y se realizó la lectura de absorbancia a 510 y 700 nm. La concentración de antocianinas fue calculada mediante la siguiente Ecuación 2:

$$Concentración\ \frac{mg}{L} = \frac{A}{\varepsilon L}\ x\ 10^3\ x\ MW\ x\ Factor\ de\ dilución \qquad Ec.(02)$$

- **Determinación de capacidad antioxidante**

  Preparación de radical de DPPH-

  Se adiciona 2,4 mg de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en una fiola y se adiciona 100 mL de metanol de concentración 80%, se envolvió con papel de aluminio y se agito la solución por 40 minutos.

- **Método de DPPH-**

  Se tomó 5 mL de muestra y se adicionó 50 mL de agua destilada obteniendo la dilución original, de esta dilución se tomó 100 µl de extracto y se adiciono 3,9 mL de la solución de DPPH esto se realizó por triplicado para cada análisis. Finalmente, dejamos reposar por 30 min en un lugar oscuro y se realizó la lectura de la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro.

- **Preparación de solución de trolox**

  Consistió en preparar la solución madre o patrón de concentración de 0,2 mM (PM=250,29 g/mol) de trolox, para ello se pesó 5 mg (0,005 g) de trolox y se adiciono a una fiola de 100 mL y se taro con agua destilada para obtener diluciones de 0,02 a 0,2 M (volumen final 1000 µL), de acuerdo a la Tabla 5, todo ello se realizó en tubos de 5 o 10 mL.

Tabla 5

Concentraciones para la curva de calibración.

Tubo N°	Volumen solución Patron trolox (µL)	Volumen Metanol (µL)	Concentración final (mM trolox)
1	0	500	0
2	50	450	0,02
3	100	400	0,04
4	200	300	0,08
5	300	200	0,12
6	400	100	0,16
7	500	0	0,2

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Obtenida la información se procede al procesamiento de los datos con apoyo del software Exel y MINITAB para Windows. Estos datos serán sometidos a diversas pruebas estadísticas de carácter inferencial, descriptivo y correlacional.

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Análisis de información

Los resultados detallados son expresados según el tratamiento de la adición de chlorpropham a distintas concentraciones y almacenadas en cajas de cartón y evaluadas la pérdida de peso, número de brotes, capacidad antioxidante y antocianinas con respecto al tiempo durante su almacenamiento.

4.1.1. Pérdida de peso

La evaluación de la pérdida de peso durante el almacenamiento por 90 días almacenados en cajas con adición de chlorpropham en concentraciones 10, 20 y 30 mg/kg las cuales son detalladas en la Tabla 6.

Tabla 6

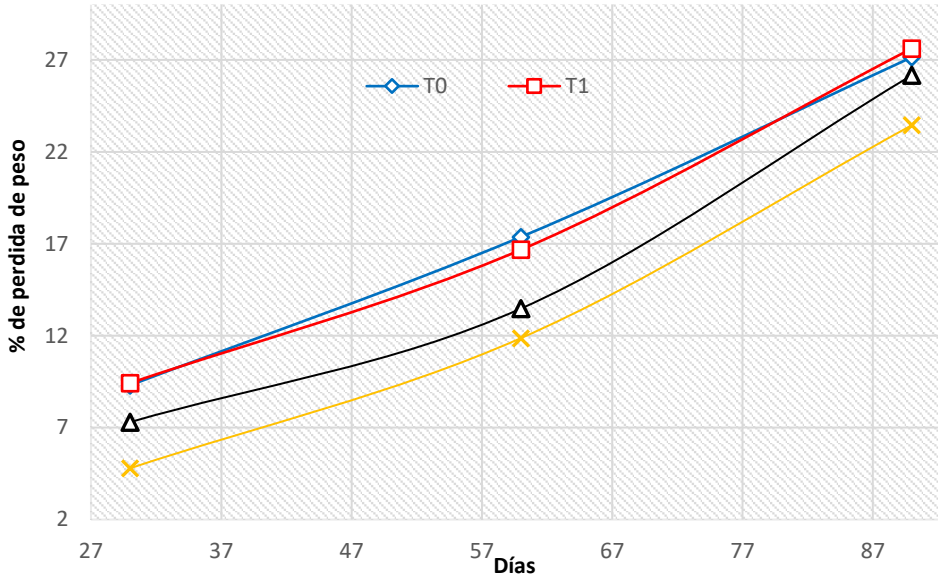
Pérdida de peso de la mashua durante el almacenamiento

	% Pérdida de peso					
	30 días	60 días	90 días	DS30	DS60	DS90
T0	9,303	17,371	27,146	0,763	0,868	0,937
T1	9,421	16,675	27,620	0,986	0,886	0,591
T2	7,296	13,475	26,165	0,502	0,901	0,957
T3	4,787	11,868	23,449	0,647	2,217	0,982

En promedio la correlación entre las variables tiempo de almacenamiento y la concentración de chlorpropham es 0,981575 según datos que se muestra en la tabla 1, se encontrando que a los 90 días de almacenamiento con concentración de 30 mg/kg de Chlorpropham se perdió en promedio de 23,449% y sin la incorporación de Chlorpropham se encontró que hay una pérdida de 27, 146% por lo que se concluye que la concentración de Chlorpropham durante el almacenamiento de la mashua morada en cajas solo retarda la pérdida de peso que a un tiempo prolongado tendrán la misma proporción de perdida con o sin la incorporación de Chlorpropham.

Figura 3

Comportamiento de la pérdida de peso



El porcentaje de pérdida de peso de la mashua almacenada en cajas de cartón sigue un comportamiento según la ecuación de regresión:

Ecuación de la regresión

% pérdida de peso = 16,215 + 1,725 Tratamiento_1 + 1,691 Tratamiento_2 – 0,569 Tratamiento_3, – 2,846 Tratamiento_4 – 8,513 Tiempo (días)_30 – 1,367 Tiempo (días)_60 + 9,880 Tiempo (días)_90 – 0,124 Tratamiento*Tiempo (días)_130+ 0,799 Tratamiento*Tiempo (días) 160 – 0,674 Tratamiento*Tiempo (días)_190 + 0,029 Tratamiento*Tiempo (días)_230+ 0,137 Tratamiento*Tiempo (días)_260 - 0,166 Tratamiento*Tiempo (días)_290 + 0,164 Tratamiento*Tiempo (días)_330 - 0,803 Tratamiento*Tiempo (días)_360 + 0,639 Tratamiento*Tiempo (días)_390 - 0,068 Tratamiento*Tiempo (días)_430 – 0,132 Tratamiento*Tiempo (días)_460 + 0,201 Tratamiento*Tiempo (días)_490.

Para analizar el efecto del de Chlorpropham en la pérdida de peso durante el almacenamiento de la mashua morada en cajas se planteó la siguiente hipótesis.

Ho: la pérdida de peso de los tubérculos de mashua durante el almacenamiento en ambientes controlados está influido por la adición de concentración de Chlorpropham.

Según los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 7 el $P < 0,05$ por lo que se Acepta la hipótesis nula y podemos afirmar que el Chlorpropham influye en la pérdida de peso de la mashua morada almacenada en cajas.

Tabla 7

Análisis de varianza efecto del Chlorpropham en la pérdida de peso.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	11	2198,67	199,88	190,42	0,000
Linear	5	2191,77	438,35	417,61	0,000
Tratamiento	3	128,35	42,78	40,76	0,000
Tiempo (días)	2	2063,42	1031,71	982,88	0,000
2-Way Interactions	6	6,89	1,15	1,09	0,394
Tratamiento*Tiempo (días)	6	6,89	1,15	1,09	0,394
Error	24	25,19	1,05		
Total	35	2223,86			

4.1.2. Longitud del brote versus Tiempo

Se evaluó el efecto de la adición de Chlorpropham en la inhibición del brotamiento de la mashua morada durante el almacenamiento en cajas, esto se comportó según la Tabla 8.

Tabla 8

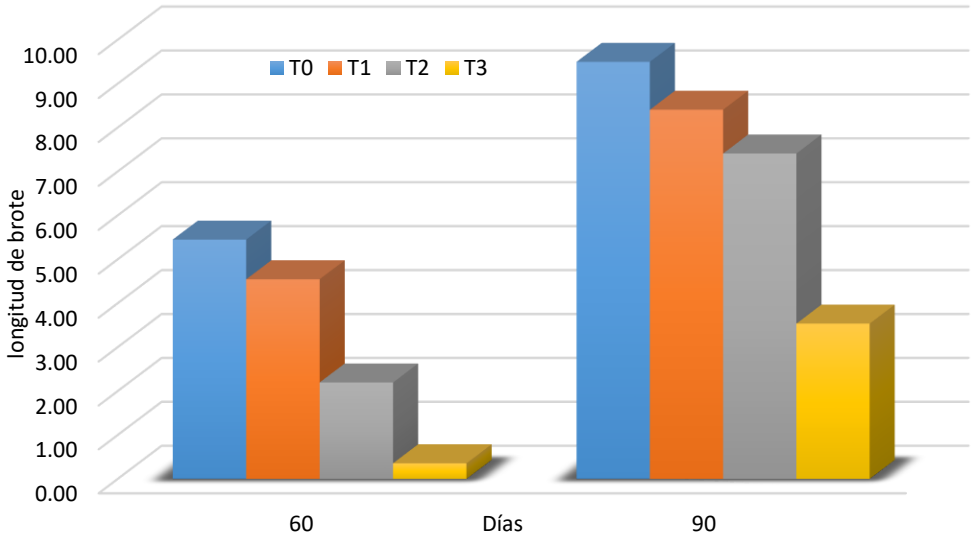
Longitud de brotes durante el almacenamiento

Tratamiento	**Longitud de brotes (cm)**			
	60 días	**90 días**	**DS60**	**DS90**
T0	5,45	9,50	0,864	1,332
T1	4,55	8,41	0,967	1,266
T2	2,20	7,41	0,260	1,068
T3	0,36	3,54	0,070	0,635

Los brotes de la mashua morada almacenada en cajas de cartón con la incorporación de Chlorpropham es menor según sea mayor la concentración según la figura 4.

Figura 4

Longitud de los brotes durante el almacenamiento de la mashua morada



El comportamiento de longitud de brote de la mashua morada puede ser evaluada según la ecuación de regresión donde intervienen variables de tratamiento utilizadas para la investigación:

Ecuación de regresión

Longitud del brote (cm) = 3,450 + 1,532 Tratamiento_1
+ 0,868 Tratamiento_2 - 0,248 Tratamiento_3
– 2,152 Tratamiento_4 - 3,450 Tiempo (días)_30
– 0,312 Tiempo (días)_60 + 3,762 Tiempo (días)_90
– 1,532 Tratamiento*Tiempo (días)_1 30
+ 0,780 Tratamiento*Tiempo (días)_1 60
+ 0,752 Tratamiento*Tiempo (días)_1 90
- 0,868 Tratamiento*Tiempo (días)_2 30
+ 0,541 Tratamiento*Tiempo (días)_2 60
+ 0,326 Tratamiento*Tiempo (días)_2 90
+ 0,248 Tratamiento*Tiempo (días)_3 30
- 0,693 Tratamiento*Tiempo (días)_3 60

+ 0,445 Tratamiento*Tiempo (días)_3 90

+ 2,152 Tratamiento*Tiempo (días)_4 30

– 0,629 Tratamiento*Tiempo (días)_4 60

– 1,524 Tratamiento*Tiempo (días)_4 90

Para analizar el efecto del de Chlorpropham en la inhibición del brotamiento de la mashua morada, se planteó la siguiente hipótesis.

Ho: el brotamiento durante el almacenamiento en cajas de cartón de la mashua morada no es influida por la incorporación de Chlorpropham.

Tabla 9

Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en el brotamiento

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	11	422,32	38,392	68,96	0,000
Linear	5	384,03	76,805	137,96	0,000
Tratamiento	3	70,15	23,383	42,00	0,000
Tiempo (días)	2	313,88	156,939	281,89	0,000
2-Way Interactions	6	38,29	6,382	11,46	0,000
Tratamiento*Tiempo (días)	6	38,29	6,382	11,46	0,000
Error	24	13,36	0,557		
Total	35	435,68			

Según el análisis estadístico el P < 0,05 por lo que se acepta la hipótesis alterna que afirma que el Chlorpropham influye en el brotamiento de la mashua morada durante su almacenamiento en cajas de cartón.

4.1.3. Capacidad antioxidante versus Tiempo

Se evaluó la capacidad del contenido de antioxidante durante el almacenamiento de la mashua morada almacenada en cajas de cartón cuyas observaciones se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10

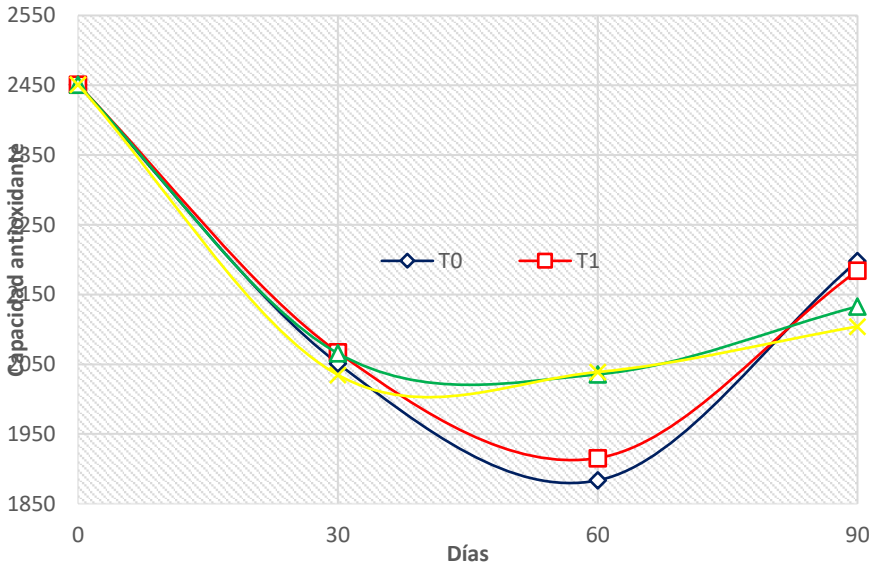
Concentración de capacidad antioxidante durante el almacenamiento

Tratamiento	Días			
	0	30	60	90
T0	2450,829	2051,163	1883,496	2197,963
T1	2450,829	2067,163	1915,496	2184,163
T2	2450,829	2065,763	2035,496	2132,829
T3	2450,829	2034,829	2038,829	2104,163

La evaluación del comportamiento de la concentración de capacidad antioxidante durante el almacenamiento de la mashua morada según el grafico 3 se puede observar el efecto de la adición de Chlorpropham durante los 60 días de almacenamiento y los 90 días, donde a los 60 días se observa un descenso en el tratamiento control y T1 consistente en adición 10 mg/kilogramo de Chlorpropham y después de los 90 días se observa que hay un incremento de la capacidad antioxidante siendo estos dos tratamientos los que mayor se benefician en la concentración de capacidad antioxidante.

Figura 5

Efecto del Chlorpropham en la capacidad antioxidante durante su almacenamiento de mashua



La concentración de capacidad antioxidante puede ser evaluada según la ecuación de la regresión teniendo en cuenta las concentraciones de Chlorpropham y el tiempo de almacenamiento.

Ecuación de la regresión

Capacidad antioxidante (umol/g) = 2059,28 – 15,07 Tratamiento_1 – 3,67 Tratamiento_2 + 18,75 Tratamiento_3 – 0,01 Tratamiento_4 – 4,55 Tiempo (días)_30 – 90,95 Tiempo (días)_60 + 95,50 Tiempo (días)_90 + 11,51 Tratamiento*Tiempo (días)_1 30 – 69,76 Tratamiento*Tiempo (días)_1 60 + 58,26 Tratamiento*Tiempo (días)_1 90 + 16,11 Tratamiento*Tiempo (días)_2 30 – 49,16 Tratamiento*Tiempo (días)_2 60 + 33,06 Tratamiento*Tiempo (días)_2 90 - 7,72 Tratamiento*Tiempo (días)_3 30 + 48,42 Tratamiento*Tiempo (días)_3 60 – 40,70 Tratamiento*Tiempo (días)_3 90 – 19,89 Tratamiento*Tiempo (días)_4 30

+ 70,51 Tratamiento*Tiempo (días)_4 60

– 50,61 Tratamiento*Tiempo (días)_4 90

Para analizar el efecto del de Chlorpropham en la concentración de capacidad antioxidante de la mashua morada, se planteó la siguiente hipótesis.

Ho: El efecto de la aplicación del Chlorpropham durante el almacenamiento de mashua morada en cajas no influye en la concentración de la capacidad antioxidante.

Tabla 11

Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en la concentración de la capacidad antioxidante.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	11	286735	26067	58,04	0,000
Linear	5	214284	42857	95,42	0,000
Tratamiento	3	5330	1777	3,96	0,020
Tiempo (días)	2	208954	104477	232,61	0,000
2-Way Interactions	6	72450	12075	26,88	0,000
Tratamiento*Tiempo (días)	6	72450	12075	26,88	0,000
Error	24	10779	449		
Total	35	297514			

Según el análisis estadístico de la tabla 11 se obtiene un $P < 0,05$ por lo que se acepta la hipótesis alterna afirmando que el Chlorpropham influye en la concentración de la capacidad antioxidante durante su almacenamiento.

4.1.4. Concentración de antocianinas versus Tiempo

La influencia de la aplicación de Chlorpropham en la concentración de antocianinas en mashua morada almacenadas en caja de cartón se muestra en la Tabla 12 donde se puede observar un descenso de la concentración de antocianinas durante el almacenamiento.

Tabla 12

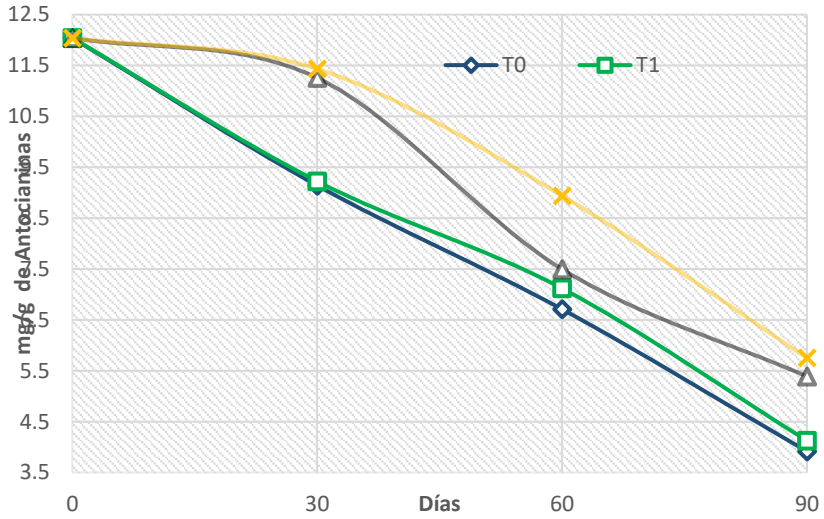
Concentración de las antocianinas en mg/g durante el almacenamiento de la mashua

Tratamiento	Días			
	0	30	60	90
T0	12,040	9,141	6,710	3,916
T1	12,040	9,223	7,119	4,126
T2	12,040	11,257	7,497	5,389
T3	12,040	11,432	8,939	5,751

Según la figura 6 muestra el comportamiento de las concentraciones de antocianinas de la mashua morada almacenada en cajas con la incorporación de Chlorpropham, la concentración de Chlorpropham contribuye a la retención de las antocianinas observando que a mayor concentración de Chlorpropham es menor la perdida de las antocianinas.

Figura 6

Efecto del Chlorpropham en la concentración de antocianinas durante su almacenamiento de mashua.



La concentración de antocianinas puede ser evaluada según la ecuación de la regresión teniendo en cuenta las concentraciones de Chlorpropham y el tiempo de almacenamiento.

Ecuación de regresión

Concentración de antocianinas =

7,542– 0,953 Tratamiento_1– 0,719 Tratamiento_2

+ 0,506 Tratamiento_3+ 1,166 Tratamiento_4+ 2.722 Tiempo (días)_30

+ 0,024 Tiempo (días)_60– 2,746 Tiempo (días)_90

- 0,169 Tratamiento*Tiempo (días)_1 30

+ 0,096 Tratamiento*Tiempo (días)_1 60

+ 0,073 Tratamiento*Tiempo (días)_1 90

- 0,321 Tratamiento*Tiempo (días)_2 30

+ 0,272 Tratamiento*Tiempo (días)_2 60

+ 0,050 Tratamiento*Tiempo (días)_2 90

+ 0,488 Tratamiento*Tiempo (días)_3 30

- 0,575 Tratamiento*Tiempo (días)_3 60

+ 0,087 Tratamiento*Tiempo (días)_3 90

+ 0,003 Tratamiento*Tiempo (días)_4 30

+ 0,207 Tratamiento*Tiempo (días)_4 60

- 0,210 Tratamiento*Tiempo (días)_4 90.

Para analizar el efecto del de Chlorpropham en la concentración de antocianinas durante el almacenamiento de la mashua morada, se planteó la siguiente hipótesis.

Ho: La incorporación de Chlorpropham durante el almacenamiento en cajas de cartón de la mashua morada no influye en la concentración de antocianinas.

Según el análisis estadístico el P < 0,05 por lo que se acepta la hipótesis alterna afirmando que la aplicación de Chlorpropham durante el almacenamiento influye en la concentración de antocianinas.

Tabla 13

Análisis de varianza del efecto del Chlorpropham en la concentración de antocianinas

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	11	209,398	19,0362	26,67	0,000
Linear	5	206,738	41,3476	57,94	0,000
Tratamiento	3	27,357	9,1190	12,78	0,020
Tiempo (días)	2	179,381	89,6904	125,68	0,000
2-Way Interactions	6	2,660	0,4433	0,62	0,711
Tratamiento*Tiempo (días)	6	2,660	0,4433	0,62	0,711
Error	24	17,128	0,7137		
Total	35	226,526			

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Pérdida de peso

En la tabla 6 se muestra resultados de la evaluación de pérdida de peso, el tratamiento patrón perdió 27,146 % hasta 90 días de almacenamiento, el tratamiento con adición de 10 mg/Kg de Chlorpropham perdió 27,620 % hasta los 90 días, el tratamiento con adición de 20 mg/Kg de Chlorpropham perdió 26,165 % hasta los 90 días y el tratamiento con adición de 30 mg/Kg de Chlorpropham perdió 23,449 % hasta los 90 días, similares comportamiento consiguió Velásquez, Mendoza y Aliaga (2013) en papas indica que las pérdidas de peso de las variedades de papas evaluadas del tratamiento testigo son mayores a las observadas en los tratamientos de 10, 20 y 30 mg/kg de Chlorpropham; observándose la menor pérdida de peso por parte de los tratamientos de concentración de Chlorpropham de 20 y 30 mg/kg, esto coincide con Aliaga et al. (2011), a los 90 días de almacenamiento de olluco presento un 37,35 % de pérdida de peso en almacenamiento en un ambiente de 85 % de HR con 9,25 número brotes, demostrando que el número de tubérculos con brotes está relacionado con la pérdida de peso por respiración y evaporación durante el almacenamiento afectado por la humedad relativa del ambiente de almacenamiento.

4.2.2. Longitud del brote

En la tabla 7 se muestra los resultados de la evaluación longitud de brote alcanzado después de almacenar 90 días de mashua donde el tratamiento patrón consiguió tener la mayor longitud de brote a comparación con el tratamiento de 20 y 30 mg/Kg de Chlorpropham influyendo significativamente en el tamaño de brote, comportamiento similar consiguió Velázquez (2013) al evaluar por 120 días de almacenamiento de papa de diferentes variedades donde, se logró inhibir el tamaño de los brotes, siendo menores a 0.3 cm para las concentraciones 30 mg/kg de Chlorpropham respectivamente en las variedades evaluadas excepto en la Huayro Negro. según Campbell et al., (2010), Chlorpropham altera la estructura de los microtubulos y resulta en la inhibición de la división celular, asimismo inhibe la producción del ácido abscisico, ya que la producción de este ácido

rompe el periodo de dormancia, según Assmann, (2004) el ácido abscisico inhibe la germinación de semillas**.**

4.2.3. Capacidad antioxidante

En la tabla 8 se muestra la evaluación de la capacidad antioxidante evaluada durante el almacenamiento obteniendo que la muestra patrón hasta los 60 días de almacenamiento perdió 23,11 % para después aumentar en 12,792 % hasta los 90 días de almacenamiento similar comportamiento sufrió el tratamiento con 10 mg/Kg de Chlorpropham que disminuyó hasta los 60 días de almacenamiento en 21,84 % para después aumentar en 10,96 % hasta los 90 días de almacenamiento comportamiento distinto demostró los tratamientos de mayor concentración, el tratamiento con 20 mg/Kg de Chlorpropham que disminuyó hasta los 30 días de almacenamiento en 15,712 % manteniéndose constante has los 60 días con un ligero incremento hasta los 90 días de 12,975 % similar comportamiento sufrió el tratamiento de 30 mg/Kg de Chlorpropham que disminuyó hasta los 30 días de almacenamiento en 16,973 % manteniéndose constante has los 60 días con un ligero incremento hasta los 90 días de 12,975 %, estos resultados son similares al comportamientos obtenidos por Chirinos *et al.*, (2007) en la evaluación de Capacidad antioxidante de mashua de la variedad DP 0224 aumentó en promedio 1,37 veces a los 14 días, seguido de una disminución gradual de hasta 14 % a los 35 días, mientras que ARB 5241 disminuyó en 40 % y AGM 5109 presentó valores casi constante al final del período de almacenamiento, cultivares amarillos de mashua con bajo contenido de capacidad antioxidantes mostró un aumento equivalente a 28% durante la toma del sol almacenamiento de 35 días en todos los cultivares morados disminuyeron en contenido fenólico después de 14 días, explicando que los diferentes cambios observados en capacidad antioxidante hidrofílico estaría relacionada con el equilibrio entre la nueva síntesis de compuestos fenólicos bioactivos y la degradación de los demás. El doble enlace carbono (C = C) de la cadena aumenta la resonancia química, que puede ser descrita como una deslocalización de los electrones en los enlaces π estabilizando los radicales libres y por lo tanto incrementa la capacidad antioxidante de la

molécula. J. Mauricio Peñarrieta*, Leslie Tejeda, Patricia Mollinedo, José L. Vila, José A. Bravo (2014).

4.2.4. Concentración de antocianinas

En la tabla 12. Se observa los datos obtenidos de la evaluación de concentración de antocianinas evaluadas a los 0, 30, 60 y 90 días almacenamiento donde, se puede apreciar el efecto del Chlorpropham en la concentración de antocianinas durante el almacenamiento, las antocianinas tienden a degradarse según el tratamiento control de 67,48 % a los 90 días, con la incorporación de 10 mg/kg de Chlorpropham se degrado en 65,73 % a los 90 días, con la incorporación de 20 mg/kg de Chlorpropham se degrado en 55,24 % a los 90 días y con la incorporación de 30 mg/kg de Chlorpropham se degrado en 52,23 % a los 90 días, estos resultados tienen similar comportamiento al de Yábar, Chirinos y Campos (2019).La pérdida de antocianinas alcanzó un promedio de equivalente de 70 % a los 35 días almacenado a 10 h promedio brillante luz del sol y 20° C, temperatura máxima afectado la rápida disminución de la antocianina y lo más probable la degradación estaría relacionada con un efecto de foto blanqueamiento, oxidación o una combinación de estos. La degradación lenta de las antocianinas en nuestra investigación es debido a que no se expuso a la luz y con la incorporación de Chlorpropham que a mayor concentración la degradación es menor de las antocianinas.

Conclusiones

- Concentración de Chlorpropham influida en la pérdida del peso del mashua durante el almacenamiento, se encontró que después de 90 días de almacenamiento hay una pérdida de peso de 27,146 % en comparación de la muestra con adición de 30 mg/kg Chlorpropham hay menor pérdida de 23,44%.
- La concentración de Chlorpropham influyó en la longitud de brotamiento de la mashua durante el almacenamiento, se encontró después de 90 días de almacenamiento hay una longitud de brotamiento de 9,50 cm en comparación de la muestra con adición de 30 mg/kg Chlorpropham hay menor longitud de brotamiento de 3,54 cm es menor.
- La concentración de la capacidad antioxidante de la mashua morada en cajas de cartón está influida por la concentración Chlorpropham durante el almacenamiento de 90 días se encontró 2197,963 µmol/g de concentración en comparación con el tratamiento de 30 mg/kg se encontró una concentración Chlorpropham se encontró una concentración de capacidad de antioxidante de 2104,163 µmol/g.
- La adición de 30 mg/kg de concentración de Chlorpropham durante el almacenamiento de la mashua morada influye en la disminución perdida de concentración de antocianinas almacenadas durante 90 días en cajas de cartón a diferencia de las que presentan una menor concentración de Chlorpropham.
- Se encontró que durante el almacenamiento de 90 días se encontró 3,916 mg/g de concentración con el tratamiento de 30 mg/kg Chlorpropham se encontró una concentración de antocianinas de 5,751 mg/kg.

Recomendaciones

- Para la determinación de la capacidad antioxidante se debe preparar una curva de calibración con una R mayor a 0,85 para que los datos obtenidos sean confiables y garanticen los resultados interpretados.
- Se debe de realizar investigaciones con mayor tiempo de almacenamiento de la mashua morada a distintas condiciones y formas de almacenamiento controlando la temperatura.
- Realizar estudios de perdida de compuestos bioactivos cuando son expuestos al sol o considerando almacenamientos realizados por los propios agricultores

Referencias bibliográficas

Aldabe, L. y Dogliotti. (2001). El cultivo de papa. [Tesis de grado, Universidad de la República]. Facultad de Agronomía Ciclo de Formación Central Agronómica.

Aliaga, I., Velásquez, F., Mendoza, R. y Chuquilín, R. (2011). Efectp de ña aplicación de Clorpropham en el Laboratorio de Tubérculos de Olluco (*Ullucus tuberosus* L.) en Condiciones de Almacén. *Scientia Agropecuaria*, *2*(2), 91-96.

Assmann S.M. (2010) Abscisic Acid Signal Transduction in Stomatal Responses. In: Davies P.J. (eds) Plant Hormones. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7_19

Barragan, M. & Aro, J., (2017). Determinacion del efecto de procesos de coccion en papas nativas pigmentadas (Solanum tuberosum spp. andigena) sobre sus compuestos bioactivos. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *19*(1), 47-52. https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.254

Barry Halliwell. (2009). Antioxidants and Human Disease: A General Introduction. Nutrition reviews, 55(1), 44-52

Bradshaw, N. (2006). Pesticide Residue Minimisation-Potatoes. The Food Standards Agency. https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/Pesticide_Minimisation_-_Potato.pdf

Brand-Williams B., Berset W. (1997). Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH• free radical method. LWT - Food Science and Technology,30(6), 609-615

Campbell, M.; Gleichsner, A.; Alsbury, R.; Horvath, D.; Suttle, J. 2010. The sprout inhibitors Chlorpropham and 1,4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state. Plant Molecular Biology 73 (1- 2):181-189

Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Jean –Fran R., Larondelle, Y., y Noratto G.; Cisneros –Zevallos L. (2007). Effect of genotype, maturity stage and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz Pav on). *Journal of the Sciencie of food and Agriculture*. *87*(3),437-446.

Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Hernandez, E. y Arias, M. (1993). *Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. https://bvs.ins.gob.pe/insprint/CENAN/tablas_composicion_alimentos.pdf

Consejo nacional de investigación. (1989). *Cultivos perdidos de los incas: plantas poco conocidas de los Andes con promesa de cultivo mundial.* Prensa de las Academias Nacionales. https://doi.org/10.17226/1398.

Heinonen, J., Farahmandazad, H., Vuorinen, A., Kallio, H., Yang, B., Sainio, T. (2016). Extraction and purification of anthocyanins from purple-fleshed potato. Food and Bioproducts Processing, 99(1), 136-146

Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal AOAC International, 88(5): 1269-1278.

Meza, G., Cortes, H., Zela, G. y Gonza, V. (22 – 25 de marzo de 1997). *Cultivo de mashua* [Resumen de presentación de la conferencia]. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Universidad nacional de san Antonio Abad del Cuzco, Perú.

Murillo J. (2004). Las Euphorbiaceaes de Colombia. Biota Colombiana, 5 (2), 183 – 200

Osorio, P. (2013). *El cultivo de papa en la sierra central*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.

Pacco Chua W. (2015). *Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2415/Pacco_Chua_Walter.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peñarrieta, J. Mauricio, & Tejeda, Leslie, & Mollinedo, Patricia, & Vila, José L., & Bravo, José A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. Revista Boliviana de Química, 31(2),68-81.[fecha de Consulta 8 de

Octubre de 2020]. ISSN: 0250-5460. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4263/426339682006

Ramallo, Z. (1999). Diseño de una planta procesadora de harina de Isaño como base de la alimentación porcina. [Tesis de grado, Universidad Privada de Bolivia]. Repositorio institucional - Universidad Privada de Bolivia

Tapia, M. Fries, A. Mazar, I. y Rosell, C. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO – Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. http://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf

Temoche, M., Campos, D., Chirinos, R. y Cisneros, L. (2004). Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua. *Revistas Científicos UNALM*.

Tovar del Rio, J. (2013). Determinación de la Actividad Antioxidante por DPPH Y ABTS de 30 Plantas Recolectadas en la Eco región Cafetera. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3636/54763T736.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Velásquez, Mendoza., Aliaga, I. (2013). Inhibición del brotamiento de tubérculos de papas nativas (Solanum sp) durante el almacenamiento postcosecha. Agroind Sci 3 (2013). DOI: http://dx.doi.org/10.17268/agroind.science.2013.01.07

Yábar, E., Chirinos, R. y Campos, D., (2019). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en tres ecotipos de maca (Lepidium meyenii Walp.) durante la pre-cosecha, cosecha y secado natural post-cosecha. Scientia Agropecuaria, 10(1), 85-97. https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.10

Aranceta B, J; Pérez-Rodrigo, C. (2006). *Frutas, verduras y salud.* Aranceta, J; Serra, L; PérezRodrigo, C; Ortega, R (eds.). Barcelona, España, Elsevier. 268 p.

Wallace, T. y Giusti, M. (2015). *Advances in Nutrition*, 6 (5); 620-622. https://doi.org/10.3945/an.115.009233.

Apéndice 1

Matriz de consistencia

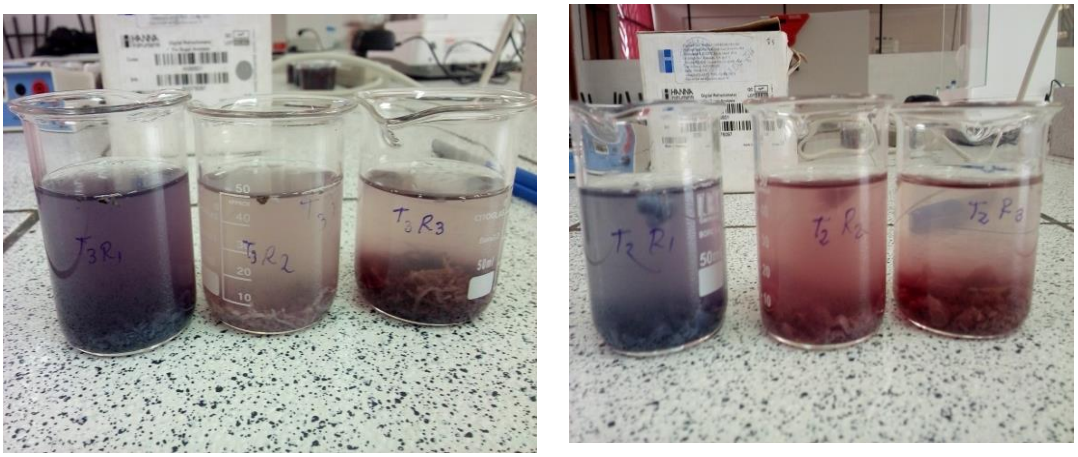
"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CHLORPROPHAM EN EL BROTAMIENTO, CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS DE MASHUA" MORADA (*Tropaeolum Tuberosum Ruíz y Pavón*)."

Problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Metodología**
¿Cuál será el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón*)?	**General** • Evaluar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón). **Específicos** • Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la pérdida de peso de tubérculos de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón). • Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la longitud de los brotes de tubérculos de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón). • Analizar el efecto de la concentración de Chlorpropham en la capacidad antioxidante de tubérculos de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón).	• La incorporación de Chlorpropham durante el almacenamiento en cajas de la mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz y Pavón) no influye en la pérdida de peso, longitud de brotes, contenido de antocianinas y capacidad antioxidante	• **Variable Dependiente** ❖ Pérdida de peso (%) ❖ Longitud de brotes (cm) ❖ Contenido de antocianinas ❖ Capacidad antioxidante. •**Variables Independiente** Chlorpropham (Tº=15 ºC, TI = 30,60 y 90, HR=85 %)	• **Tipo de investigación.** Aplicada • **Nivel de investigación.** Descriptivo y relacional • **Método** Científico Experimental

Fotografía 1: Testimonio fotográfico de la ejecución de tesis.

Fotografía 2. Almacenamiento de la mashua morada

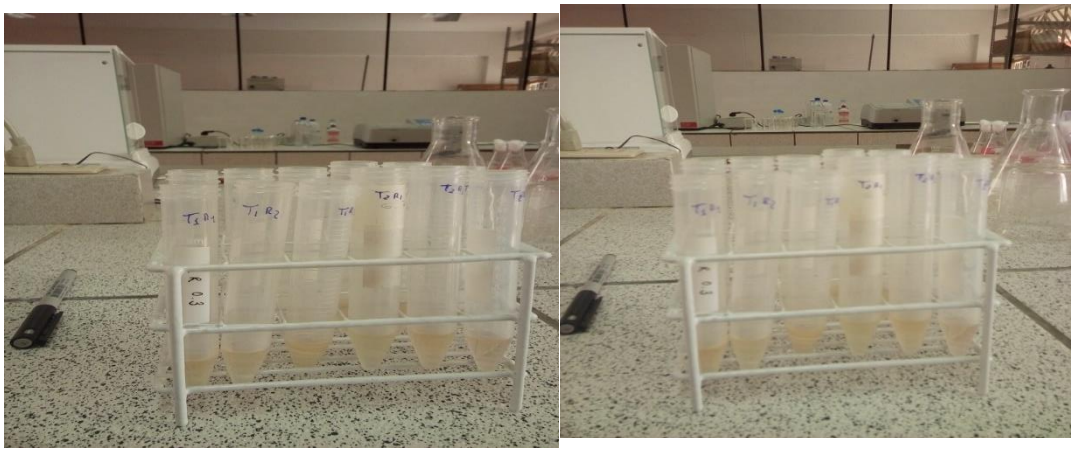
Fotografía 3. Extracción de zumo de mashua morada

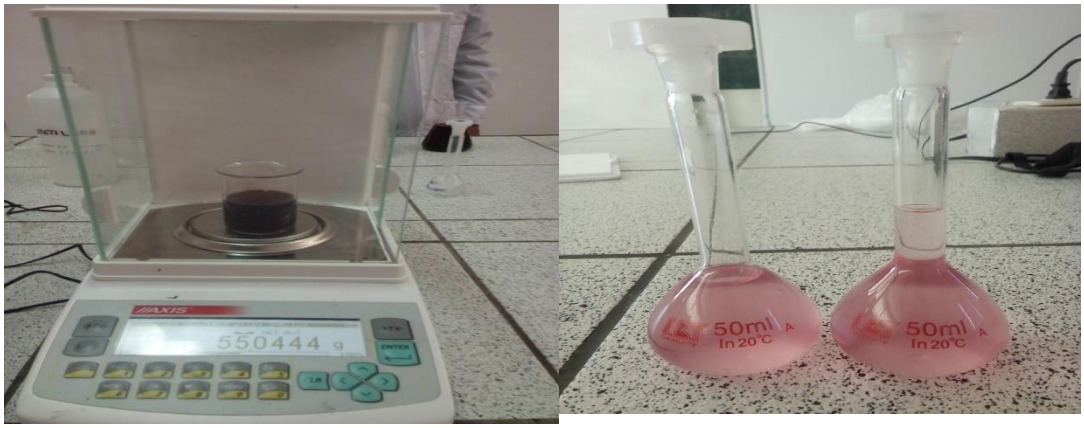


Fotografía 4. Dilución del zumo de mashua morada 1/10

Fotografía 5. Incorporación de buffer de pH 4,5 y 1

Fotografía 6. Reposo de la muestra con diferente Ph



Fotografía 7. Incorporación de buffer de pH 4,5 y 1

Fotografía 8. Lectura de absorbancia y preparación de reactivos.