



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



TESIS

**EFFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO POSCOSECHA SOBRE
LOS COMPUESTOS FUNCIONALES DE LA MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)
VARIEDAD DE YANA AÑU**

**PRESENTADA POR:
ROGER GÓMEZ MAMANI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAGÍSTER SCIENTIAE EN POSCOSECHA Y MARKETING**

PUNO, PERÚ

2020



DEDICATORIA

A mis padres Benito Gómez Jallurana y
Honorina Mamani Pariapaza, a
quienes debo mi vida, mi profesión, la
maestría y lo que aspiro ser en lo que
me queda de vida.

Con amor a mi hija
Zumita Kristel, quien
es la razón de mi existencia
y superación.

A mis hermanos Albertina, Rosa,
Graciela, Eva, Josefina, Oscar; mis
sobrinos Cristian, Junior, Sleyter, Rodrigo,
Diego y a mis cuñados Eliot y Eufemia,
por estar siempre al pendiente de mí.

A Isabel. Una mujer
quien se hizo parte de este
trabajo, presionándome para
que culminara a la brevedad
posible.



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano que a través de la EPG hace posible la formación y perfección de los conocimientos en los maestrantes en las diferentes disciplinas y áreas.
- Al Ing. M.Sc. Víctor F. CHOQUEHUANCA CACERES por su valiosísima orientación y dirección en el presente trabajo.
- Al Dr. Alejandro, COLOMA PAXI, por el aporte de sus conocimientos en la redacción, conclusión y firma del informe final.
- Al Ms. Pablo, PARI HUARCAYA, por el aporte de sus conocimientos en la redacción, conclusión y firma del informe final.
- Al M.Sc. Francis, MIRANDA CHOQUE, por el aporte de sus conocimientos en la redacción, conclusión y aprobación del informe final.
- Al M.Sc. Percy F. VELASQUEZ COSI, por su apoyo en la parte estadística.
- A los compañeros de la Maestría en Poscosecha y Marketing, promoción 2004 en especial a Thomas Hancco, Jhony Mayta, David Ramos, Luis Zapata, Augusto Rodríguez y Alfredo Fernández. A quienes recuerdo con mucho aprecio.
- A los colegas de la UNAJ, Julio, Jesús, Jacob, Mao, Bradley, Jhony y Elizabeth. quienes insistentemente me presionaron para ejecutar y sustentar este trabajo.
- A todos los docentes de la EPG – UNA Puno en especial a los docentes de la Maestría en Poscosecha y Marketing quienes impartieron sus sabios conocimientos para conducirme como un maestro en ciencias.
- Finalmente agradezco a todas las personas que intervinieron directa e indirectamente en el desarrollo del trabajo de investigación a los que he obviado involuntariamente, mis disculpas y eterna gratitud.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Mashua	3
1.1.2. Nombres comunes por regiones o lugares	3
1.1.3. Distribución geográfica y requerimientos climáticos	3
1.1.4. Ubicación taxonómica	4
1.1.5. Características de la planta	4
1.1.6. Cosecha	7
1.1.7. Poscosecha de tubérculos andinos	7
1.1.8. Pérdidas de peso en la Mashua	8
1.1.9. Almacén tipo Phina	8
1.1.10. Valor nutritivo, usos, composición y producción de la Mashua	8
1.1.11. Producción de la Mashua	10
1.1.12. Propiedades funcionales de la Mashua	12
1.1.13. Propiedades anticancerígenas	13
1.1.14. Compuestos bioactivos, antioxidantes y determinación	13
1.1.15. Antocianinas totales en la Mashua	16
1.1.16. Carotenoides totales	17
1.1.17. Aspectos generales sobre actividad antioxidante	18



1.1.18. Polifenoles	18
1.1.19. Compuestos fenólicos	19
1.1.20. Contenido de compuestos fenólicos totales en Mashua	20
1.1.21. Flavonoides	20
1.1.22. Identificación de flavonoides	20
1.1.23. Determinación e identificación de flavonoides	21
1.2. Antecedentes	22

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	30
2.2. Enunciados del problema	31
2.2.1. Problema general	31
2.2.2. Problemas específicos	31
2.3. Justificación	31
2.4. Objetivos	33
2.4.1. Objetivo general	33
2.4.2. Objetivos específicos	33
2.5. Hipótesis	33
2.5.1. Hipótesis general	33
2.5.2. Hipótesis específicas	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	35
3.2. Población	35
3.3. Muestra	35
3.4. Método de investigación	37
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de compuestos fenólicos totales	46
4.1.1. Contenido de capacidad antioxidante (CAOX) en la Mashua	48
4.1.2. Determinación de la Vitamina C	51



CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	64

Puno, 17 de enero de 2020

AREA: Poscosecha y Marketing

TEMA: Compuestos funcionales

LINEA: Almacenamiento poscosecha de alimentos

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Clasificación botánica de la mashua	4
2. Nombres según coloración de la epidermis en la mashua	5
3. Composición química en 100 gramos	9
4. Superficie sembrada mensual de Mashua	10
5. Superficie cosechada mensual de Mashua, según región. 2017 (ha)	10
6. Producción mensual de Mashua, según región. 2017 (ha)	11
7. Rendimiento Promedio de principales cultivos, según región, 2017 (kg/ha)	11
8. Contenido total de carotenoide (TCT) y capacidad antioxidante lipofílico (LAC)	17
9. Contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en extractos naturales	25
10. Diseño experimental	43
11. Contenido de humedad promedio en las muestras de la variedad Yana añu	53
12. Resultados del análisis del compuesto de polifenoles totales en la mashua	67
13. Análisis de varianza, comportamiento de los Polifenoles vs almacenamiento	68
14. Coeficientes para polifenoles	68
15. Prueba de la normalidad para los resultados de polifenoles	69
16. Correlación de Pearson Días de almacenamiento vs Polifenoles	69
17. Resultados de la capacidad antioxidante (CAOX) en la Mashua	71
18. Análisis de varianza (ANVA) para el comportamiento de la CAOX	71
19. Coeficientes para la CAOX	72
20. Prueba de la normalidad para los resultados de CAOX	73
21. Correlación de Pearson días de almacenamiento vs CAOX	74
22. Resultados del contenido de vitamina C en la variedad Yana añu	75
23. Análisis de varianza (ANVA) para la Vitamina C frente al almacenamiento	76
24. Coeficientes para la Vitamina C	76
25. Prueba de la normalidad para los resultados de Vitamina C	77
26. Correlación de Pearson, días de almacenamiento vs contenido de Vitamina C	77



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Follaje de la mahua en pleno florecimiento mes de febrero	5
2. Representación Gráfica de Tubérculos Andinos	6
3. Anillo Fenólico	18
4. Muestra biológica mashua con epidermis completamente purpura oscuro fuerte	36
5. Muestra biológica mashua variedad <i>yana añu</i> y su corte transversal	36
6. Diagrama de Flujo de la Metodología Empleada en la investigación	37
7. Comportamiento de los Polifenoles vs días de almacenamiento Poscosecha	46
8. Comportamiento de la CAOX en la Mashua variedad Yana añu	49
9. Comportamiento de la Vitamina C en la Mashua variedad yana añu	51
10. Ajuste de la Curva Estandar Para la Capacidad Antioxidante	65
11. Ajuste de la Curva Estándar del Ácido Gálico	66
12. Tendencia lineal del comportamiento de los polifenoles	68
13. Tendencia exponencial del comportamiento de los compuestos fenólicos	69
14. Línea Ajustada para la Capacidad antioxidante Frente a Días de Almacenamiento	72
15. Tendencia exponencial de la CAOX variedad Yana añu	73
16. Línea Ajustada Para el Contenido de la Vitamina C en la Mashua	76



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Determinacion de la humedad	64
2. Determinación de la vitamina C	65
3. Curvas estándares	65
4. Curva estándar para polifenoles totales	66
5. Resultados de los análisis	67
6. Fotos	78
7. Software para calcular la humedad relativa del almacenamiento de la mashua	80
8. Escala correlación de Pearson	80
9. Sistema de color Munsell	81
10. Circulo Munsell Hue	81
11. Informe de análisis de laboratorio	82

RESUMEN

La presente investigación validó la variación de los compuestos funcionales de la Mashua variedad *Yana añu* durante el almacenamiento poscosecha, determinándose los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y vitamina C. Los resultados obtenidos para el contenido de los compuestos fenólicos son $25.881 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ al inicio y de $15.934 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ al día 40 de almacenamiento; la capacidad antioxidante disminuye en 321.57, 320.99, 312.02, 306.01 y $296.36 \mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$ para los 0, 10, 20, 30 y 40 días respectivamente y el ácido ascórbico tiene contenidos de 77.82 y $36.92 \text{ mg ácido ascórbico} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ para los 0 y 40 días respectivamente. Se concluye que el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y la vitamina C decrecen junto con el almacenamiento poscosecha, tal como indica los valores de las correlaciones de Pearson (-0.75, -0.95 y -0.98) respectivamente durante los 0 a 40 días de almacenamiento; a su vez, se visualiza que los compuestos funcionales están en una relación inversa con el tiempo de almacenamiento, es decir, a mayor tiempo de almacenamiento menor es el contenido de compuestos funcionales y una relación directa con la pérdida de humedad, ósea, a menor contenido de humedad menor es el contenido de compuestos funcionales. El pronóstico de la variación de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante más allá de los 40 días se ajustan mejor a un modelo matemático exponencial de $Y = 23.871 * e^{-0.012X}$ y $Y = 324.78 * e^{-0.002X}$ respectivamente; en cambio la vitamina C sigue un modelo lineal.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, compuestos funcionales, Mashua, polifenoles y poscosecha.

ABSTRACT

The present investigation validated the variation of the functional compounds of the Mashua variety Yana ñu during post-harvest storage, determining the phenolic compounds, antioxidant capacity and vitamin C. The results obtained for the content of phenolic compounds are 25,881 mg AGE.g⁻¹ at the beginning and 15,934 mg AGE.g⁻¹ at day 40 of storage; the antioxidant capacity decreases in 321.57, 320.99, 312.02, 306.01 and 296.36 μmol of TE.g⁻¹ for 0, 10, 20, 30 and 40 days respectively and ascorbic acid has contents of 77.82 and 36.92 mg ascorbic acid. [100 ml]⁻¹ for 0 and 40 days respectively. It is concluded that the content of polyphenols, antioxidant capacity and vitamin C decrease along with postharvest storage, as indicated by the values of Pearson's correlations (-0.75, -0.95 and -0.98) respectively during the 0 to 40 days of storage; in turn, it is visualized that the functional compounds are in an inverse relationship with the storage time, that is, the longer the storage time, the lower the content of functional compounds and a direct relationship with the loss of moisture, bone, the lower moisture content is the content of functional compounds. The prediction of the variation of phenolic compounds and antioxidant capacity beyond 40 days is better adjusted to an exponential mathematical model of $Y = 23.871 * e^{(-0.012X)}$ and $Y = 324.78 * e^{(-0.002X)}$ respectively; instead vitamin C follows a linear model.

Key Words: Antioxidant capacity, functional compounds, Mashua, polyphenols, post-harvest and vitamin.

INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existen alimentos como tubérculos andinos, raíces, hierbas medicinales, plantas aromáticas entre otras, todas ellas tienen conocidas propiedades curativas y funcionales así mismo su consumo previene diversas enfermedades, sin embargo, las propiedades funcionales que poseen estos alimentos en su mayoría no están cuantificadas o se desconocen su contenido, también ocurre que dichas propiedades después de la cosecha se reducen o se pierden. En los andes de Sudamérica se produce la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) este tubérculo tiene propiedades anticancerígenas pero se desconoce cómo estas propiedades funcionales incrementen o decrecen durante el almacenamiento poscosecha, los cuales pueden estar influenciados por factores como la exposición a la luz, aire, pH, pérdida de humedad, etcétera; la Mashua posee compuestos bioactivos como los fenólicos así como también propiedades antioxidantes que son muy beneficiosos para la salud del hombre. Chirinos *et al.* (2008), referente a los beneficios del tubérculo en la salud indican que los pobladores de las zonas andinas lo consumen debido a sus efectos relacionados con la mejoría en enfermedades del hígado y riñón, eczemas de la piel y desórdenes de la próstata. En ese contexto el desconocimiento del comportamiento (reducción, disminución) de los compuestos funcionales también llamados bioactivos de la Mashua en el almacenamiento poscosecha, implicaría trabajar con productos pobres en contenido de dichos compuestos funcionales, por consiguiente sería inútil proseguir con los siguientes tratamientos u operaciones que se le aplicaría a la materia prima ya sea en el manejo primario durante la poscosecha o más adelante en su transformación o industrialización.

En literatura científica se ha encontrado investigaciones sobre el contenido de compuestos funcionales en estado fresco de la Mashua de color amarillo de su epidermis (Campos *et al.*, 2006; Chirinos *et al.*, 2007; Huaccho 2016) Algunos estudios han mostrado que los genotipos morados tienen un alto contenido de compuestos fenólicos, comparables con aquellos encontrados en fuentes consideradas como antioxidantes. Además, los tubérculos morados presentan actividad antioxidante 10 veces mayor que los genotipos amarillos (Chirinos *et al.*, 2008). Como se puede observar hasta ahora solo se ha cuantificado el contenido de compuestos funcionales en estado fresco mas no hay información sobre el comportamiento de los compuestos bioactivos de la variedad *Yana añu* posterior a su cosecha, tampoco se tiene información de los compuestos fenólicos ya sea en materia seca o en materia húmeda; así mismo se desconoce los efectos curativos y

preventivos de los compuestos funcionales de color púrpura en la salud del hombre, por lo que la cuantificación del comportamiento de los compuestos funcionales del genotipo *Yana añu* posterior a la cosecha, será un dato de bastante utilidad para posteriores investigaciones, por ello se hace justificable la presente investigación.

Las metodologías empleadas para determinar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante (CAOX), vitamina C y humedad son: para compuestos fenólicos en la Mashua se usó el método espectrofotométrico, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción, para lo cual se usó el agente oxidante reactivo de Folin-Ciocalteu. Para la cuantificación de la CAOX, se utilizó el método recomendado por Arnao (2000) para este método se usa la solución de ABTS (2,2 azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) y, para la cuantificación del contenido de vitamina C se hizo mediante de la determinación del Ácido ascórbico que es el predecesor de la vitamina C por el método de titulación, según el método oficial de la AOAC, 967.21 finalmente la determinación de humedad se cuantificó por el método gravimétrico, según recomienda AOAC, 930.15.

El objetivo general de la investigación incide en evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento poscosecha sobre los compuestos funcionales de la Mashua variedad de *Yana añu*.

El presente trabajo de investigación está dividido en cuatro capítulos: Capítulo I. Fundamentos teóricos de la investigación, se expone las teorías centrales y referenciales que corresponden a las variables dependientes e independientes a ello se acompaña los objetivos de la investigación y las hipótesis. Capítulo II. El problema que refiere al planteamiento del problema que conlleva a la investigación seguida de la justificación. El Capítulo III describe la metodología de la investigación, ubicándose el método, diseño tipo y nivel de investigación que le dan orientación al estudio al igual que la cobertura del estudio de la muestra, las técnicas e instrumentos que han viabilizado para el recojo de la información. Capítulo IV Resultados y discusión. Dedicado a los resultados de la investigación con aplicación de instrumentos en los diferentes cuadros estadísticos, contrastación de hipótesis; culmina con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y los anexos referidos.



CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Mashua

Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo andino cultivado por siglos en Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela y Colombia. Con respecto al cultivo Chirinos *et al.* (2007) indican que actualmente se cultiva en Nueva Zelanda y el pacífico nororiental para evaluar su potencial de cultivo a nivel mundial se le reconoce con el nombre científico de (*Tropaeolum tuberosum* R & P).

1.1.2. Nombres comunes por regiones o lugares:

- Perú: Mashua, isaño, aña
- Ecuador: Mashua.
- Bolivia: Isaño, aña
- Colombia: Cubio.

1.1.3. Distribución geográfica y requerimientos climáticos.

Su cultivo se concentra a partir de los 1 500 hasta los 4 200 msnm y su distribución geográfica es desde Colombia hasta Bolivia. Es una planta que soporta bien el frío. Acompañando a las papas, se cultiva un grupo de tres tubérculos andinos que pertenecen a diferentes familias botánicas. Cada uno de ellos tiene sus características propias, así como diversidad de formas, colores y sabores. Se diferencian tanto por

las inflorescencias, como por la forma de la hoja, los tubérculos y la distribución de las yemas u ojos.

Su cultivo es semejante al de las papas nativas, así como la presencia de enfermedades y plagas. Probablemente la gran diferencia es su rusticidad, así como el uso en la alimentación. Los tubérculos andinos forman la base de la dieta andina, incluso desde antes de que el maíz tomara importancia (Tapia y Fries, 2007).

Crece en alturas de 3000 a 4000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm. La Mashua se cultiva desde Colombia a Bolivia, entre los 3 000 a 4 000 m, con una mayor concentración entre los 3 500 y 3 800 m. A pesar de la pobreza de los suelos, temperaturas extremas, radiación, variación en precipitación y los vientos de los Andes, la planta crece rápidamente repeliendo insectos y nematodos, suprimiendo malezas y maximizando la fotosíntesis. La proporción de materia seca transferida a los tubérculos puede llegar hasta el 75 por ciento (Bermejo y León, 1992).

1.1.4. Ubicación taxonómica

Tabla 1

Clasificación botánica de la Mashua

División	Espermatofita
Sub división	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneas
Super Orden	Dicifloras
Orden	Geraniales (gruinales)
Sub Orden	Geraniínes
Familia	Tropaeolaceae
Género	Tropaeolum
Especie	<i>Tropaeolum tuberosum</i>

Fuente: Monteros (1996)

1.1.5. Características de la planta

Planta herbácea anual de crecimiento erecto cuando es tierna y de tallos postrados con follaje compacto cuando madura. Esto le permite competir ventajosamente con las malas hierbas. A primera vista, los tubérculos pueden ser confundidos con los

de la oca, pero se les distingue por su forma cónica, jaspes oscuros y mayor concentración de yemas en la parte distal, así como por su sabor agrio (Bermejo y León, 1992).



Figura 1. Follaje de la Mashua en pleno florecimiento mes de febrero.

a) Variedades nativas

Variedades cultivadas en Puno: Amarilla, Thayacha, Zapallo, Negra y Chiara (Tapia y Fries, 2007)

Tabla 2

Nombres según coloración de la epidermis en la Mashua

Quechua	Español
Occe año	Plomizo
Yana año	Negrusco
Puca año	Rojizo
Muru año	Morado
Chchece año	Gris
Zapallo año	Amarillo

Fuente: Moquegua (2012)

b) Suelos y fertilización

Prefiere suelos profundos y con buen contenido de materia orgánica; la fertilización se debe hacer preferentemente con abonos orgánicos y suplementada con una

fertilización adicional de 20-40-20, para obtener rendimientos superiores a los 15 t/ha.

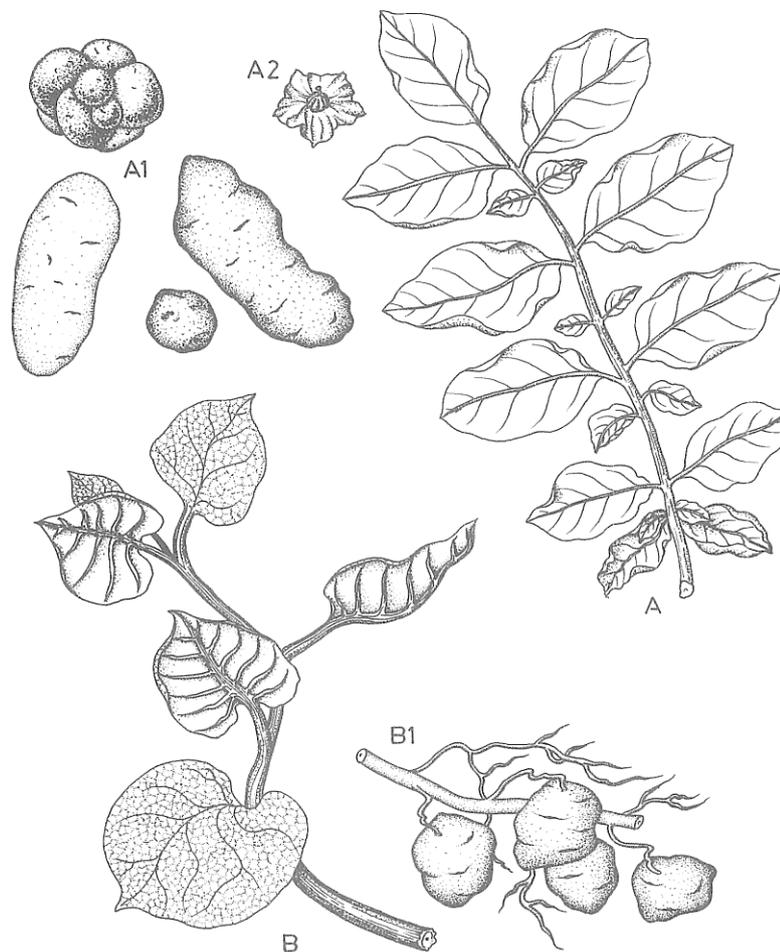


Figura 2. Representación Gráfica de Tubérculos Andinos: A). Papa Amarga; A1). Tubérculos; A2). Flor; B). Ulluku (*Ullucus tuberosus*); B1). Tubérculos.
Fuente: Bermejo y León (1992).

c) Siembra, época y densidad

Para la siembra se utilizan entre 900 a 1 300 kg de semilla por hectárea; se debe esperar a que las lluvias se hayan establecido, lo que ocurre entre octubre y principios de noviembre. Las plántulas de Mashua resisten bien el trasplante por lo que se pueden hacer almácigos que aseguran una buena uniformidad en el campo y evitar las sequías sobre todo en el periodo de germinación.

d) Labores culturales

Por lo menos debe hacerse un aporque cuando las plantas tienen unos 15 a 20 cm, con la finalidad de controlar las malas hierbas.

e) Sanidad

Es poco atacada por enfermedades o plagas, se recomienda efectuar aporques altos para el control de malas hierbas, así como la rotación de los campos para reducir el ataque de plagas.

1.1.6. Cosecha

Con rendimientos conservadores se pueden obtener entre 12 a 15 t/ha de tubérculos frescos, es decir más de 4 toneladas de materia seca (Tapia y Fries, 2007).

La cosecha de la Mashua, se produce a los 4 meses después de la siembra en suelos cuya ubicación no exceda los 2 900 metros sobre el nivel del mar y entre los 5-6 meses después de la siembra en suelos que se encuentran sobre los 2 900 metros sobre el nivel del mar. Si el objetivo del tubérculo es para consumo inmediato, ésta se deberá hacer entre el tercer día de luna menguante, hasta el tercer día de luna nueva (noche oscura), pero si por el contrario la cosecha se va a destinar a semilla o almacenamiento, para su posterior procesamiento industrial, la cosecha se hará entre el cuarto día de luna creciente y el cuarto día de luna llena, pues en este estado el tubérculo tiene menos agua y hay menos riesgo de que se pudra (Suquilanda, 2009).

1.1.7. Poscosecha de tubérculos andinos.

Después de la cosecha, los tubérculos de la Mashua, deben ser sometidos a un minucioso proceso de selección y limpieza, antes de ser trasladados al mercado o a la agroindustria. Durante este proceso se seleccionará la semilla que será utilizada para nuevas siembras (8-10 cm), procurando que esta, se encuentre íntegra y libre plagas como insectos y patógenos (Suquilanda, 2009).

El almacenamiento constituye una práctica importante en la conservación de tubérculos semilla y papa consumo, porque incide en el estado fisiológico de los tubérculos y en consecuencia en su calidad. El tiempo de almacenamiento de los tubérculos de oca, papalisa e isaño es corto, para cada una de estas especies existen

almacenes específicos que se distinguen en función al destino de la producción. Período de almacenamiento el período de almacenamiento de los tubérculos semilla de oca, papalisa e isaño es corto (2 a 3 meses) y está comprendido entre junio y septiembre. Normalmente los tubérculos destinados para semilla son cosechados entre junio y julio, los que luego de realizar una selección, son almacenados hasta fines de agosto o principios de septiembre, que es la época de inicio de siembra de los mismos. Excepcionalmente en la zona de Colomi, la papalisa se siembra desde principios de julio utilizando como semilla, tubérculos cosechados un día antes de la siembra (Gonzales *et al.*, 2003).

1.1.8. Pérdidas de peso en la Mashua

La Mashua comparado con la oca y la papalisa, debido a su alto contenido de agua (85-90%), presentó mayor pérdida de peso en almacén. En almacén tipo “phina” después de 60 días la Mashua perdió 23% de peso, esta reducción además de la deshidratación se debió y sequedad de los extremos de los tubérculos (Gonzales *et al.*, 2003).

1.1.9. Almacén tipo Phina

Las phinas son montículos de tubérculos de oca, papalisa o papa (200 a 500 kg) en el piso sobre paja brava (hichj’u), que son cubiertos con una capa gruesa de paja (hichj’u) para protegerlos del sol, lluvias o rocío y del viento, ya que están ubicados a campo abierto, en el patio de una casa o fuera de la misma (Figura 13). Estos almacenes se ubican donde existe corriente de aire para mantener ventilados a los tubérculos amontonados y evitar pudriciones (Gonzales *et al.*, 2003).

1.1.10. Valor nutritivo, usos, composición y producción de la Mashua

a) Usos y valor nutritivo

La Mashua tiene importancia para satisfacer la aeración de los habitantes de menores recursos en zonas rurales marginales en los andes altos. Se prepara en forma de sancochado, asado o como thayacha; esta última consiste en exponer los tubérculos por una noche a los efectos de la helada. Al día siguiente se comen, acompañados de miel de chancaca (caña) (Bermejo y León, 1992).

b) Composición química

Este ha sido tradicional y extensamente usado en la medicina étnica de la región andina y su domesticación pudo estar relacionada con su importancia como agente medicinal. Los pobladores de las zonas andinas lo consumen debido a sus efectos relacionados con la mejoría en enfermedades del hígado y riñón, eczemas de la piel y desórdenes de la próstata. Estudios recientes han indicado que la Mashua posee un alto contenido de compuestos fenólicos y antocianinas (Chirinos *et al.*, 2008).

Se ha encontrado también que los extractos inducen la supresión, dependiente de la concentración, de la proliferación de células de carcinoma de la próstata humana DU145 y células de melanoma murino B16F10. Las propiedades promotoras de la salud pueden estar asociadas con los glucosinatos y los compuestos fenólicos que contiene (Chirinos *et al.*, 2006).

Tabla 3

Composición química en 100 gramos comestible de Mashua - peso fresco

Componentes	Unidad	Rango	Promedio
Humedad	g	79.2 - 93.8	n.d.
Proteína cruda	g	1.1 - 2.7	1.5
grasa	g	n.d.	0.7
Fibra	g	0.5 - 1.5	0.9
Minerales (cenizas)	g	0.6 - 1.1	0.8
Azúcares totales	g	n.d.	3.5
Azúcares reductores	g	n.d.	2.9
Almidón	g	7 - 10.5	8.9
Fosforo	mg	0.6 - 0.8	0.7

Fuente: Graut *et al.* (2003).

1.1.11. Producción de la Mashua

Tabla 4

Superficie sembrada mensual de Mashua, según región. Campaña agrícola: 2016-17 (ha)

Región	Total Campaña	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Amazonas	11	2	2	4	2	1	0
Apurímac	874	44	161	384	211	52	16
Arequipa	7	0	0	2	0	5	0
Ayacucho	1208	29	143	481	405	146	4
Cusco	897	0	340	334	156	57	10
Huancavelica	416	0	18	48	301	43	6
Huánuco	250	58	87	94	0	0	0
Junín	516	6	205	229	76	0	0
Moquegua	13	0	10	3	0	0	0
Pasco	30	0	28	2	0	0	0
Puno	968	43	329	575	21	0	0

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA. Elaboración: Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.

Tabla 5

Superficie cosechada mensual de Mashua, según región. 2017 (ha)

Región	total	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Amazonas	11	2	5	4	2	0
Apurímac	839	21	286	316	201	17
Arequipa	7	0	0	7	0	0
Ayacucho	1156	37	452	475	192	0
Cusco	896	13	361	485	37	0
Huancavelica	121	21	28	64	0	4
Huánuco	261	47	92	108	13	0
Junín	515	9	217	278	10	0
Moquegua	12	1	11	0	0	0
Pasco	30	0	23	5	2	0
Puno	968	5	467	496	0	0

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.

Tabla 6

Producción mensual de Mashua, según región. 2017 (ha)

Región	total	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Amazonas	68	0	8	27	23	9	0
Apurímac	7136	0	141	2448	2745	1678	123
Arequipa	35	0	0	0	35	0	0
Ayacucho	5597	0	158	2307	2234	898	0
Cusco	7174	0	166	3128	3484	396	0
Huancavelica	704	20	136	188	335	0	26
Huánuco	1586	23	252	497	722	92	0
Junín	3405	5	48	1421	1868	63	0
Moquegua	87	0	6	81	0	0	0
Pasco	269	0	0	205	46	18	0
Puno	7368	34	3458	3876	0	0	0

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - SIEA, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.

Tabla 7

Rendimiento Promedio de principales cultivos, según región, 2017 (kg/ha)

Región	Mashua	Oca	Olluco	Papa
Apurímac	8508	8702	9890	18558
Arequipa	5000	5095	5524	34674
Ayacucho	4842	4782	4775	14607
Cusco	8006	8677	8166	12792
Huancavelica	5807	5797	6124	10931
Huánuco	6088	7079	10617	15724
Junín	6612	6445	6383	16037
Moquegua	7215	5816	5730	12744
Pasco	8980	10402	12230	18750
Puno	7611	8268	6503	12442

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, 2017, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.

1.1.12. Propiedades funcionales de la Mashua

a) Terminología

Se ha utilizado expresiones para describir los múltiples productos naturales con efectos sobre la salud que están surgiendo actualmente. Algunas de estas expresiones son “productos nutraceuticos”, “alimentos funcionales”, “farmalimentos”, “alimentos de diseño”, “vitalimentos”, “sustancias fitoquímicas” y “alimenticinas”. En las consideraciones sobre aspectos normativos deben también tenerse en cuenta otras expresiones, que normalmente se consideran independientes, como son: “alimentos médicos”, “suplementos alimentarios” y “hierbas o plantas medicinales” (Stephen, 1996).

El Health Protection Branch de Health Canadá, organismo responsable de la protección de la salud de los ciudadanos canadienses, ha sugerido que las expresiones alimento funcional y producto nutraceutico se utilicen de forma independiente para referirse a estas dos formas de presentación, según las siguientes definiciones:

Un alimento funcional tiene una apariencia similar a la de un alimento convencional, se consume como parte de una dieta normal y, además de su función nutritiva básica, se ha demostrado que presenta propiedades fisiológicas beneficiosas y/o reduce el riesgo de contraer enfermedades crónicas.

Un producto nutraceutico es un producto elaborado a partir de un alimento, pero que se vende en forma de píldoras, polvos, (pociones) y otras presentaciones farmacéuticas no asociadas generalmente con los alimentos y que ha demostrado tener propiedades fisiológicas beneficiosas o protege contra enfermedades crónicas (Scott *et al.*, 1996).

De forma similar, en el Reino Unido, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ha definido los alimentos funcionales como: “Un alimento que lleva incorporado un componente que le confiere una determinada propiedad médica o fisiológica beneficiosa, diferente de sus propiedades puramente nutritivas” (Cockbill, 1994).

Mediante esta definición se pretende distinguir entre alimentos funcionales y productos fortificados con vitaminas o minerales con finalidad nutritiva. Aunque en la definición canadiense no se establece tan claramente esta distinción, ambas definiciones indican que un alimento funcional debe tener forma de “alimento” y no de concentrado, como sería el caso de un producto nutracéutico (Spácil *et al.*, 2008).

1.1.13. Propiedades anticancerígenas

muchas clases de plantas contienen fitoquímicos que se caracterizan por ser componentes bioactivos que exhiben propiedades farmacológicas. Algunos fitoquímicos están presentes en alimentos funcionales de vegetales comestibles. Los alimentos funcionales de origen vegetal son componentes usuales de la dieta que además de exhibir propiedades nutritivas poseen efectos terapéuticos asociados a su contenido de fitoquímicos. Los fitoquímicos presentes en alimentos funcionales de origen vegetal son de especial interés en la industria farmacéutica para la obtención de fármacos inocuos y efectivos para el tratamiento de diversas enfermedades. La aplicación racional de componentes bioactivos de plantas comestibles como fármacos demanda un conocimiento profundo de sus propiedades farmacológicas para estimar sus efectos terapéuticos y potencial toxicidad (Drago *et al.*, 2006)

La actividad antipromotora de tumores de los flavonoides se ha relacionado con la inhibición de varias ADN y ARN polimerasa celulares y/o inactivación de la ornitina descarboxilasa (Agarwal *et al.*, 1992). Además, algunos flavonoides como la quercetina parecen favorecer la progresión del ciclo celular (Mazza, 2000).

1.1.14. Compuestos bioactivos, antioxidantes y determinación

a. Medición de la actividad antioxidante

Huang y Prior (2005) con respecto a la actividad antioxidante de una muestra indican que no puede ser determinada basándose solo en un ensayo de prueba. En la práctica se realizan muchos modelos de test *in vitro* para evaluar la actividad antioxidante de la muestra de interés; sin embargo, es necesario considerar que los modelos presenten diferentes variaciones puede dificultar un poco la comparación de los resultados entre un método y otro.

Con base a las reacciones químicas, la gran mayoría de los ensayos para determinar de capacidad antioxidante pueden ser divididos en dos categorías: (1) Ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y (2) Ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones (ET)

b. Estabilidad de los antioxidantes

La importancia de los antioxidantes presentes en los alimentos radica en que son capaces de preservar a los alimentos que los contiene y en el aporte *in vitro* de antioxidantes esenciales (Pokorny *et al.*, 2005).

c. Antioxidantes Sintéticos

Se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos los más usados son los compuestos fenólicos como el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los esteres del ácido gálico (Pokorny *et al.*, 2005).

De acuerdo a las normas el uso de estos cuatro antioxidantes sintéticos está limitadas al 0.02% del contenido de grasa o aceite del alimento para suprimir el desarrollo del peróxido durante el almacenamiento.

La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad, aconsejan mantener cierta precaución. En este caso los antioxidantes naturales se presentan como sustancias más saludables.

d. Antioxidantes Naturales

Es difícil de poder definir a los antioxidantes naturales principalmente se refieren a las que se presentan en la mayoría de los vegetales, microorganismos, hongos e incluso tejidos animales. Las plantas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especies reactivas y ciertos productos naturales podrían desempeñar un papel preventivo debido a sus características antioxidantes. La mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos y su eficacia depende de la reacción del hidrógeno fenólico con los radicales libres, de la estabilidad de los radicales antioxidantes formados durante la reacción con los radicales libres y de las sustituciones químicas presentes en su estructura básica, que

probablemente es el factor que contribuye la actividad de los antioxidantes naturales estables (Pokorny *et al.*, 2005).

e. Capacidad antioxidante de compuestos fenólicos

Los alimentos de origen vegetal en especial de las frutas y los vegetales presentes en la dieta de acuerdo de estudios epidemiológicos realizados, pueden ejercer un efecto protector contra enfermedades tales como el cáncer y trastornos cardiovasculares por la presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y una mezcla compleja de compuestos fenólicos (Padilla *et al.*, 2008).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ve determinado por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la efectividad como antioxidante entre distintos grupos de compuestos. Sostiene que el arreglo estructural de los compuestos fenólicos le confieren una gran actividad antioxidante (Rice-Evans, 1996)

Los antioxidantes protegen el organismo de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que puedes dañar el organismo a nivel celular. Este daño producido por los radicales puede aumentar el riesgo al desarrollo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Los antioxidantes desactivan los radicales libres, minimizando el daño y protegiendo el organismo de este tipo de enfermedad (Padilla *et al.*, 2008).

Para entender bien el concepto de actividad antioxidante en necesario hacer referencia a las especies reactivas y a los antioxidantes:

Una especie reactiva de oxígeno es cualquier átomo o molécula con electrones desapareados, por lo tanto, es una especie inestable. Entre estos podemos mencionar a los radiales libre, ion su peróxido (O_2), radical hidroxilo (HO), alcoxilo (RO), peroxilo (ROO) y óxido de nitrógeno (NO) y a los no radicales (peróxido de hidrogeno (H_2O_2), oxigeno singulete (O_2) y peroxinitrito (ONOO-)). Estas especies reactivas pueden ser generadas de forma endógena (metabolismo de la respiración, celular fagocitarias, autoxidación de compuestos de carbono y la activación catalítica de algunas enzimas), y exógena (radicación, luz solar, tabaco, ozono, drogas, contaminantes y aditivos en alimentos) (González *et al.*, 2001).

Por otra parte, la capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E o B Caroteno, además de los más recientes estudios y caracterizados compuestos fenólicos.

La captación de radicales es el principal mecanismo de acción de los antioxidantes en los alimentos. Se ha desarrollado muchos métodos en los que se mide la capacidad antioxidante a través de la captación de radicales libres sintéticos en solventes orgánicos polares, a temperatura ambiente. El radical usado es el 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-ácido sulfónico) (ABTS). Este método puede ser útil para la búsqueda de nuevos antioxidantes, pero no cuando se pretende valorar utilidad de una antioxidante en un alimento, ya que su actividad en este caso depende de factores tales como la polaridad, solubilidad y la actividad quelante de metales. El radical catiónico ABTS es más reactivo que el DPPH, el método más reciente consiste en el uso del persulfato potásico para oxidar el ABTS este radical se expresa en la mayoría de los casos como capacidades antioxidantes equivalente trolox (Pokorny *et al.*, 2005). El método permite evaluar la capacidad antioxidante debido a la decoloración de un radical libre preformado por acción del compuesto antioxidante (Arnao, 2000). Finalmente la actividad antioxidante es la capacidad que tiene una sustancia para disminuir la presencia de las especies reactivas de oxígeno antes de su ataque a diversos sustratos (lípidos, proteínas, ADN) (Huang y Prior, 2005).

La quinua contiene una gran variedad de compuestos antioxidantes, como carotenoides, vitamina C y flavonoides, todos estos sirven de protección contra una variedad de enfermedades en particular el cáncer, alergia, enfermedades inflamatorias y puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Dini, 2009).

1.1.15. Antocianinas totales en la Mashua

Las antocianinas totales del genotipo pigmentado se encuentran en un rango de 0,5 a 2,05 mg g⁻¹. La mayor cantidad de antocianinas totales se encontró en el genotipo DP-02-24 y se encuentra dentro del rango reportado para las fresas, 1,38 – 3,85 mg g⁻¹. Las antocianinas totales del tubérculo parecen tener un componente significativo de compuestos fenólicos totales en los genotipos pigmentados. Por ejemplo, la

relación de las antocianinas totales entre el contenido de compuestos fenólicos totales, el rango de la fracción se encuentra entre 0,3 y 0,67 (Campos *et al.*, 2006). La mayor cantidad del contenido de antocianinas fueron encontrados a 7 y 7,5 meses que otras etapas de maduración (Chirinos *et al.*, 2007).

Tabla 8

Contenido total de carotenoide (TCT) y capacidad antioxidante lipofílico (LAC)

Genotipo	Color Pulpa/Cáscara ^a	Humedad (%) ^b	TCT ($\mu\text{g/g}$) ^b	LAC ($\mu\text{g TE/g}$) ^b
AVM-5562	Y/Y	92 \pm 1,6 ^c	14 \pm 3 ^{d.e}	217 \pm 37,7 ^{e.f}
DP-02-07	Y/Y	90 \pm 1,0 ^{c.d}	21 \pm 3 ^{d.e}	221 \pm 13,0 ^{e.f}
DP-02-15	Y/Y	90 \pm 1,9 ^{c.d.e}	17 \pm 1 ^{d.e}	186 \pm 9,6 ^{d.e}
M6COL2C	Y/Y	90 \pm 1,6 ^{c.d.e}	23 \pm 6 ^e	279 \pm 15,0 ^f
DP-02-23	Y/Y	90 \pm 1,6 ^{c.d.e}	13 \pm 6 ^{d.e}	93 \pm 22,85 ^c
AGM-5109	P/Y	89 \pm 1,2 ^{c.d.e}	18 \pm 0 ^{d.e}	128 \pm 56,1 ^{d.e}
DP-02-23	Y/Y	87 \pm 2,8 ^{c.d}	21 \pm 4 ^{d.e}	224 \pm 24,7 ^{e.f}
DP-02-24	P/P	87 \pm 1,3 ^{c.d}	ND	ND
ARB-5576	Y/Y	87 \pm 1,4 ^{c.d}	25 \pm 9 ^e	218 \pm 12,8 ^{e.f}
ARB-5241	P/Y	85 \pm 1,7 ^c	10 \pm 1 ^{c.d}	202 \pm 19,3 ^{d.e.f}
ARV-5566	Y-P/Y	86 \pm 0,6 ^c	1 \pm 0 ^c	225 \pm 44 ^{e.f}

Fuente: Campos *et al.* (2006)

^a P, púrpura; Y, amarillo.

^b Promedio \pm SD (n = 3). Los promedios dentro de cada columna con la misma letra de superíndice no son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$). ND, no detectado.

1.1.16. Carotenoides totales

Campos *et al.* (2006) mencionan que los tubérculos de Mashua contienen carotenoides totales que se encuentran en un rango de 1 a 25 $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g-1}$. Los genotipos ARB-5576, M6COL2C y DP-02-07 tienen alto contenido de carotenoides con 25, 23 y 21 $\mu\text{g g-1}$ respectivamente. Los contenidos de carotenoides de los tubérculos son relativamente elevados comparado con la papa comercial y papas nativas; también es comparado con el contenido de papaya (4,08 $\mu\text{g g-1}$). Sin embargo, el contenido de carotenoides totales de la Mashua es reducido respecto a tomate (56-210 $\mu\text{g g-1}$), mango (74,3 $\mu\text{g g-1}$) y zanahoria (90 \pm 16 $\mu\text{g g-1}$).

Los altos valores de carotenoides totales fueron siempre observados en los cultivares con bajo contenido fenólico. Un incremento gradual en el contenido de carotenoides fue observado durante el desarrollo del tubérculo entre los cultivares amarillos y el cultivar púrpura AGM-5109, los valores altos se obtienen en maduración completa. A lo largo de la maduración los cultivares amarillos incrementan en un rango de 1,25 a 3,8; para ARB- 5576 y DP 0215, respectivamente. Los cultivares púrpuras DP-0224 y ARB-5241 presentaron valores casi constantes durante el desarrollo del tubérculo (Chirinos *et al.*, 2007).

1.1.17. Aspectos generales sobre actividad antioxidante

En el organismo, se produce un equilibrio entre oxidantes / antioxidantes, cuando este equilibrio se rompe a favor de los oxidantes, se produce un estrés oxidativo el cual está implicado en muchos procesos fisiopatológicos (enfermedades, envejecimiento celular, etc.). Por tanto, es de vital importancia el consumo de alimentos que contengan antioxidantes para mantener el equilibrio entre oxidantes y antioxidantes (González *et al.*, 2001). Altas concentraciones de vitamina C pueden prevenir mutaciones inducidas por la oxidación en células humanas (Lutsenko *et al.*, 2002) Vitamina C realmente secuestra al oxígeno reactivo y especies de nitrógeno y por eso puede prevenir el daño oxidativa de macromoléculas como ADN, lípidos y proteínas (Carr y Frei, 1999).

1.1.18. Polifenoles

Los polifenoles son compuestos vegetales formados por varios números de anillos fenólicos y que cumplen un papel importante tanto en las acciones anti estrés y funciones fisiológicas (Nicoli *et al.*, 1999). En la naturaleza existen alrededor de 800 compuestos fenólicos con sus respectivos anillos fenólico como se muestra en la Figura 1, (Paladino, 2008).

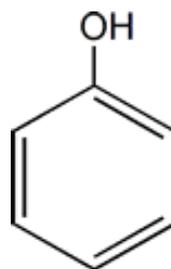


Figura 3. Anillo Fenólico

Existen derivados fenólicos como los flavonoides y los taninos estos se diferencian por la cantidad de unidades fenólicas que disponen en su estructura 2 y 3, respectivamente (Robins, 2003).

En el trabajo realizado por (Gallegos *et al.*, 2012) cuantificaron la cantidad de fenoles presentes en pinole hecho a base de vainas de mezquite, después de aplicar procesos térmicos como el secado a 60°C, 70°C, 80°C y el tostado a 140°C, 150°C, 160°C, se determinó que los fenoles disminuyeron conforme aumentaba la temperatura de cada uno de los tratamientos.

Por otro lado, en el trabajo descrito por, Temoche *et al.* (2004) se reportó que la cantidad de fenoles totales presentes en varios genotipos de Mashua osciló entre 92 a 337 mg por cada 100 gramos de tejido fresco.

1.1.19. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos tales como los flavonoides y ácidos fenólicos son una de las más importantes fuentes antioxidantes de los alimentos (Peñarrieta *et al.*, 2007). Los compuestos fenólicos o polifenoles se caracterizan por ser uno de los grupos de compuestos presentes en el reino vegetal, siendo parte importante de la dieta tanto humana como animal. Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 8000 compuestos distintos. Actualmente, este grupo de compuestos fotoquímicos presentan un gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana. De este método, muchas de las propiedades beneficiosas descritas en los alimentos de origen vegetal, asociados principalmente a la actividad antioxidante de estos compuestos, están relacionadas con la presencia y el contenido de compuestos fenólicos (Martinez–Valverde *et al.*, 2000).

Entre los compuestos fenólicos de los productos vegetales se ha identificado un gran abanico de sustancias con un amplio espectro de actividades funcionales. Tradicionalmente, estos compuestos se han considerado importantes en los vegetales por su participación en el flavor y color (especialmente en el pardeamiento enzimático), pero actualmente también despiertan un gran interés por sus potenciales efectos beneficiosos para la salud (Fennema, 2000).

1.1.20. Contenido de compuestos fenólicos totales en Mashua

Campos *et al.* (2006) señalan que, en la Mashua, el contenido de compuestos fenólicos totales, se encuentran en un rango de 0.92 a 3.37 mg g⁻¹. Los genotipos ARB-5241, DP-02-24 y AGM-5109 tienen alto contenido de compuestos fenólicos con 3.37; 3.05 y 2.75 mg g⁻¹ respectivamente. Los genotipos de este tubérculo de color púrpura, presentaron alto contenido de compuestos fenólicos totales, mientras que los genotipos de color amarillo presentaron bajo contenido de compuestos fenólicos totales. El contenido de compuestos fenólicos totales de ARB-5241 fue comparado con las fresas, usado como una referencia (3,35 mg g⁻¹). Chirinos *et al.* (2007) encontraron diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos totales entre los 10 cultivares de Mashua, para cada etapa de maduración ($p < 0,05$). Entre los cultivares de color púrpura, ARB-5241 muestra un progresivo incremento durante todo el proceso de maduración, mientras el cultivar AGM5109 presentó valores casi constantes y los compuestos fenólicos totales de DP- 02-24 incrementó hasta los 6 meses seguido por un decrecimiento hasta 7,5 meses. En los cultivares de colores amarillos, los compuestos fenólicos totales, muestran un modelo de decrecimiento ligero durante la maduración.

1.1.21. Flavonoides

Los flavonoides son un grupo de compuestos polifenólicos cuyo esqueleto básico contiene 15 átomos de carbono en configuración C6-C3-C6. Se les han asignado a estos compuestos múltiples efectos biológicos, incluyendo actividades antiinflamatorias, antibacterianas, antivíricas, antialérgicas y vasodilatadores. Además, los flavonoides inhiben la peroxidación lipídica, la agregación de plaquetas, la permeabilidad y la fragilidad capilar, y la actividad de sistemas enzimáticos, incluyendo la ciclo-oxigenasa y la lipooxigenasa (Cook y Samman, 1996).

1.1.22. Identificación de flavonoides

Polifenoles, antocianinas y flavonoides son constituyentes de las plantas muy valiosos en la captura de radicales libre, debido a la gran cantidad de grupos hidroxilos presentes en su estructura (Kumarappan *et al.*, 2012). Los flavonoides pertenecen a la mayor clase de compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos

en las plantas y entre ellos se pueden encontrar flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavonoles, catequinas, flavononas (Heim *et al.*, 2002).

En la actualidad hay un creciente interés enfocado en los flavonoides, puesto que se ha evidenciado su gran importancia en la dieta humana debido a la gran variedad de actividades biológicas que estos presentan; entre ellas inhibición de enzimas hidrolíticas y oxidativas (fosfolipasa A₂, ciclooxigenasa, lipoxigenasa), efectos antibacteriales, actividad antiinflamatoria y antioxidante. Puesto que estos actúan como antioxidantes; ayudan a contrarrestar o disminuir el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares (Crozier *et al.*, 1997).

Los flavonoides pues ser separados, cuantificados e identificados a través de técnicas de HPLC acoplada a detectores UV, masas, o resonancia magnética nuclear (RMN) (Andersen y Markhan, 2006).

1.1.23. Determinación e identificación de flavonoides

Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)

En la detección de flavonoides por HPLC analítico generalmente se utilizan sistemas de elución binarios, con un solvente polar acuoso acidificado con: ácido acético, ácido fórmico, ácido fosfórico, ácido perclórico y un solvente orgánico menos polar como metanol y/o acetonitrilo posiblemente acidulado (Merken y Beecher, 2000) variando las condiciones según el tipo de flavonoide y en su gran mayoría las corridas se hacen con una columna de ODS (RP-18 o C₁₈).

Matilla *et al.* (2000) y colaboradores indican que en gran parte su detección está basada en la absorción UV-Vis y una sola longitud de onda no es ideal para todas las clases de flavonoides, puesto que estos muestran máximos de absorción a diferentes longitudes de onda. Es muy común el uso de un detector de arreglo de diodos DAD (el cual permite la cuantificación simultánea a diferentes longitudes de onda).

1.1.24. Vitamina C

La vitamina C es el antioxidante más importante para evitar la peroxidación lipídica es de origen hidrosoluble permitiendo regular los procesos oxidativos dentro de la célula evitando así el envejecimiento celular impidiendo la formación de radicales

libres. Y al no poder ser sintetizado dentro del organismo humano tiene que ser ingerido a través de los diferentes tipos de alimentos (Entrala, 1994). La ausencia de dicha vitamina produce la enfermedad conocida como escorbuto que se presenta en forma de sangrado de encías, moretones en la piel y problemas musculares que pueden llegar a producir la muerte, por eso la importancia de su consumo en bajos niveles (Xammar y Donnamaría, 2006).

1.2. Antecedentes

En literatura científica se encontró estudios sobre la caracterización de los polifenoles y antioxidantes de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en estado fresco mas no en almacenamiento menos de la variedad *Yana añu*, así mismo se encontraron estudios en alimentos similares a la Mashua como la oca (*Oxalis tuberosa*) y la papa (*Solanum tuberosum*). Chirinos *et al.* (2008) en el estudio propiedades antioxidantes de los extractos de Mashua contra el daño oxidativo mediante ensayos biológicos in vitro. Trabajaron con extractos de Mashua purificados (PME) de cuatro genotipos de diferentes colores los cuales fueron analizados para la prevención del daño oxidativo tres in vitro, se analizaron los ensayos de daño oxidativo en las estructuras biológicas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), como el LDL y los eritrocitos: ensayo TBARS inducido por AAPH y Cu^{2+} de muestras conjugados inducidos para la oxidación de LDL y la hemólisis oxidativa de eritrocitos inducida por AAPH. Además, evaluaron la capacidad antioxidante Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), fenólicos totales (TP), flavanoides totales (TFA) y antocianinas totales (TA). Siendo los resultados para TP y ORAC de 323, 205, 166 y 56.3 mg AGE/100g muestra fresca (MF) y 51.8, 32.8, 19.5 y 9.2 $\mu\text{mol TE/g MF}$, respectivamente, para los genotipos ARB 5241, DP 0224, AGM 5109 y ARB5576 (valores de humedad de 83.4%, 84.2%, 87.0% y 87.1%, respectivamente). Los cuatro genotipos evaluados variaron de 10.9 a 57.4 mg AGE/g DM y 165 a 601 $\mu\text{mol TE/g DM}$, respectivamente.

Mamani y Arias (2011) determinaron las antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género *Solanum* de pulpa azul y roja. En el estudio encontraron que el contenido de polifenoles totales fue de 1.836 y 1.082 mg ácido gálico/g MF para los clones 304239 y 303851 respectivamente; los contenidos de carotenoides presentes fueron de 10.405 y 4.860

μg β -caroteno/g MF para clones 304239 y 303851 respectivamente. Los valores de ácido ascórbico obtenidos fueron 7.943 y 7.371 μg ácido ascórbico/g MF para el clon 303851 y 304239 respectivamente. Así mismo determinaron la capacidad antioxidante a una concentración inhibitoria del 50% (IC 50%), el clon 304239 (27.52 $\mu\text{g}/\text{ml}$) mostró menor concentración que el clon 303851 (76.15 $\mu\text{g}/\text{ml}$), dado que cuanto menor es el valor de IC50% mayor es el poder antioxidante.

Peña y Restrepo (2003) hicieron una revisión acerca de las investigaciones en la determinación de compuestos fenólicos y carotenoides en la papa; en ella resumen que el contenido de compuestos fenólicos y carotenoides en tubérculos de papa presentan un amplio rango de variación dependiendo del genotipo, las condiciones de cultivo, el proceso de poscosecha y almacenamiento. Los componentes fenólicos que han sido reportados en mayor porcentaje en la papa son el Ácido clorogénico entre el 45% y 90% del total del contenido de polifenoles. La presencia de antocianinas en papas con tonalidades rojas contiene predominantemente Glucósidos acilados de petunidina y pelargonidina. Los más abundantes carotenoides en papa son la luteína y la zeaxantina. El papel de la luteína y la zeaxantina como antioxidantes se enfoca en la degeneración macular.

Campos *et al.* (2006) estudiaron la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios en cuatro especies de tubérculos andinos: papa nativa (*Solanum Sp*), Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y Ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). En el estudio determinaron que los tubérculos mostraron la mayor capacidad antioxidante y contenido fenólico, antocianinas y carotenoides en comparación con otros cultivos, así se tienen valores de TPH (contenido de compuestos fenólicos totales) de 0.92 a 3.37 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, los genotipos ARB-5241, DP-02-24 y AGM-5199 tuvieron el más alto TPH con 3.37, 3.05 y 2.75 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente. Los genotipos morados presentaron mayor TPH. Así mismo.

Chirinos *et al.* (2006) estudiaron la optimización de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos antioxidantes de dos tubérculos de Mashua determinando que el contenido fenólico y la actividad antioxidante se vieron afectados por el tipo de disolvente, el nivel de pH, la relación disolvente-agua y el tiempo de extracción. En general, no se observaron diferencias significativas en la recuperación total y los valores de ORAC cuando se utilizó metanol al 90% o metanol/acetona/agua

(45/45/10), ambos con HCl al 0.1% por el contrario, la solución de metanol al 90% con HCl al 0.1% extrajo el nivel más alto de las antocianinas, mientras que la mezcla de solventes extrajo el nivel más de flavonoles. Los extractos purificados de los genotipos de Mashua presentaron fenoles totales y contenido ORAC dentro de los rangos de 14.4 – 18.7 mg de AGE/g de materia seca (MS) y 221 – 359 μmol de equivalentes trolox/g de Mashua DM, respectivamente.

García (2004) cuantificó fenoles y flavonoides totales en extractos naturales de Malva silvestris (*Chenopodium murale*), flor de manita (*Damianoturnera diffusa will*), dracosephalum y taxodia en el que los fenoles y flavonoides totales se expresó en equivalentes de Ácido Gálico (GA) y Catequina respectivamente, utilizando técnicas espectrofotométricas. Del análisis de los fenoles totales, todos los extractos contienen compuestos fenólicos en cantidades significativas. Por lo tanto, la concentración de compuestos fenólicos, a su vez relacionada con la actividad antioxidante, en cada extracto de cada planta es el sostén sobre el cual se fundamenta su uso medicinal y farmacológico desde hace mucho tiempo. Del análisis de los flavonoides totales. Muestran valores menores que los obtenidos para el análisis de fenoles. Esto se encuentra dentro de lo esperado, siendo que los flavonoides son un subgrupo de los compuestos fenólicos. El extracto que tuvo mayor contenido de fenoles y a su vez de flavonoides fue la flor de manita (*Chiranthodendron pentadactylon*) por lo que sería adecuado seguir analizando con más detalle esta planta y sus efectos en relación con el hombre, para el tratamiento de trastornos cardiacos y del sistema nervioso, que podrían deberse al contenido tan elevado de compuestos fenólicos. En la tabla 9, se muestra los valores obtenidos.

Tabla 9

Contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en extractos naturales.

Extracto	mg GA/g extracto	mg cat/g extracto
Flor de m.	221.481± 0.630	164.178± 0.089
Berros	41.732 ± 0.312	2.263 ± 0.033
Venado	61.680 ± 0.282	25.941 ± 0.025
Dracocep	110.224±0.097	72.078 ± 0.123
Taxodio	50.137 ± 0.819	17.480 ± 0.033
Malva	21.094 ± 0.101	8.708 ± 0.012
C. murale	19.755 ± 0.099	12.963 ± 0.001

Fuente: García (2004)

Beltran y Mera (2014) determinaron la capacidad antioxidante del tubérculo mashua (*Tropaeolum tuberosum*) con la reacción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), mediante el método espectrofotométrico. De las determinaciones técnicas, se pudo demostrar experimentalmente la capacidad antioxidante de la mashua por el método espectrofotométrico del DPPH, las absorbancias leídas tienen comportamientos parecidos lo que determina el valor IC_{50} que representa el tiempo en que el DPPH se reduce a la mitad por 40 minutos.

De esta manera, un menor valor del IC_{50} indica mayor capacidad antioxidante, porque se requiere menos cantidad de extracto oxidante para disminuir a la mitad la absorbancia de la solución del DPPH. Los valores obtenidos fueron: para la prueba 5: $IC_{50} = 0,044$ mM/Lt., prueba 6: $IC_{50} = 0,0438$ mM/Lt. y la prueba 7: $IC_{50} = 0,0423$ mM/Lt. Estos resultados obtenidos después de haber sometido al tubérculo mashua a un proceso unitario de secado a 37 grados centígrados se torna interesante porque quiere decir que no pierde su alta actividad captadora de radicales libres (EC_{50} menor de 50 μ g/ml). También demuestra que la técnica del DPPH es rápida y puede ser utilizada para evaluar la actividad captadora de radicales libres en extractos vegetales. Con respecto a la metodología para la cuantificación de la capacidad antioxidante en alimentos.

Con respecto a los métodos utilizados para la determinación de los compuestos funcionales de la Mashua. Huaccho (2016) utilizó el método ABTS (2,2 azinobis-

(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), método FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) y método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) para la determinación de la capacidad antioxidante de 84 cultivares de Mashua.

Kuskoski *et al.* (2005) han evaluado diversos métodos químicos para determinar la capacidad antioxidante en pulpa de frutos dentro de ellos (DMPD, ABTS, DPPH). “Los valores TEAC (capacidad antioxidante equivalente al Trolox) obtenidos de las pulpas oscilan entre mínimos y máximos de 2,0 y 67,2 $\mu\text{mol/g}$ aplicando el ensayo ABTS, 1,02 y 67,0 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DPPH y 4,2 y 46,6 $\mu\text{mol/g}$ aplicando DMPD. La capacidad antioxidante obtenida por los métodos ABTS y DPPH se encuentra correlacionada con el contenido de compuestos fenólicos y antocianos”.

Guija-Poma *et al.* (2015) Evaluaron la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante en alimentos y compuestos sintéticos, “para este fin se ha hecho uso del radical libre en concentraciones comprendidas entre 0.037 y 0.200 mM, así mismo, para llevar a cabo esta evaluación se utilizó lo estándares de catequina y epicatequina en un rango de concentración que estuvo entre 6.67×10^{-3} y $2,2 \times 10^{-2}$ nM. Los valores de IC 50 para ambos estándares fueron dependientes de la concentración del DPPH. El resultado obtenido en ese estudio indica la importancia de la concentración del DPPH para evaluar la capacidad antioxidante”.

Con respecto a la estabilidad de polifenoles totales en almacenamiento Busso (2016) determinó los niveles de compuestos bioactivos (contenido de polifenoles totales-PT, antocianinas-AMT) capacidad antioxidante-CAT y color (parámetros CIELab, índices de color polimérico) en pulpas de arándano, sauco, cassis y maqui, así mismo estudió el efecto del almacenamiento y procesos de preservación en las características y estabilidad de los productos. Entre las frutas estudiadas, el arándano presentó el contenido más bajo de polifenoles y antocianinas totales en las pulpas naturales, cerca de 3000 mg/l de PT y 290 mg/l en AMT. En sauco y maqui poseen valores intermedios de PT, entre 5500 y 6000 mg/l y en el cassis los valores son significativamente más elevados, de 10300 mg/l en la pulpa natural. En cuanto a AMT, presentaron en orden creciente sauco 923 mg/l, cassis 1222 mg/l y maqui 1795 mg/l. Las características fisicoquímicas de los jugos fueron similares, destacándose el cassis en cuanto al mayor contenido en ácido ascórbico natural de la fruta. La

capacidad antioxidante fue mayor para el cassis, seguida por sauco y maqui en niveles similares y por último el arándano. Durante almacenamiento a 40 °C de los jugos comerciales los parámetros estudiados mostraron cambios significativos, observándose una importante disminución de AMT. En cuanto PT se observó una disminución máxima de un 40 % y un descenso máximo del 50 % en CAT.

Yapuchura (2010) utilizó el método de ABTS para la determinación de la capacidad antioxidante de hojas de Muña e Inca muña.

Referente a la pérdida de la vitamina C en alimentos, Luna *et al.* (2017) desarrollaron un modelo matemático para predecir el cambio de la Vitamina C en una matriz alimenticia sometida a diferentes tratamientos térmicos con diferentes condiciones de temperatura, tiempo y pH. Para esto evaluaron tratamientos térmicos con temperaturas de 63, 70 y 75 °C y pHs de 3,5; 3,9 y 4,5 a diferentes tiempos. Se realizó la determinación del contenido de vitamina C por el método adaptado espectrofotométrico de la 2-nitroanilina, con lo cual se obtuvieron los tiempos de deducción decimal utilizados para la elaboración del modelo matemático predictivo que permite estimar el contenido final de vitamina C en matrices alimenticias sometidas a tratamientos con diferentes condiciones de temperatura, pH y tiempo. Se determinó que tanto la temperatura como el pH afectan significativamente la degradación térmica de esta vitamina, siendo más rápida la degradación a mayor temperatura y pH. Utilizando el análisis de modelos lineales estandarizados del programa Stargraphics se obtuvo una ecuación predictiva que además de los coeficientes para temperatura y pH, obtiene un coeficiente para la interacción de estas dos variables, y su correlación de 91,84% es similar a la obtenida por regresión lineal multivariable. La ecuación resultante fue: $LOG_{10} D = 2,30859 - 0,000143074 * T + 0,399314 * pH - 0,0082583 * T * pH$.

Mendoza *et al.* (2016) determinaron la cinética de degradación de la vitamina C en un producto en polvo elaborado a base de pulpa de mango (*Mangifera indica* L. var. Hilacha) y lactosuero, con el fin de conocer el efecto de la temperatura en su conservación y además evaluar el comportamiento de los parámetros L*, a*, b* y la diferencia total del color (ΔE) en el producto. La vitamina C se determinó mediante el método AOAC 967.21/90, con 2,6-diclorofenol indofenol; mientras que el color se cuantificó con un colorímetro Color Flex EZ marca HunterLab. La vitamina C

exhibió mayor estabilidad en el producto en polvo almacenado a una temperatura de 4 °C, con una concentración (al término de la octava semana de muestreo) de $13,94 \pm 1,2$ mg/100 g por muestra, presentando una cinética de degradación de primer orden con valores de k_1 de 0,014 y 0,041 mg/100 g/por semana para las temperaturas de 4 °C y 28 °C, respectivamente. Las mayores variaciones en el color se dieron en las muestras almacenadas a 28 °C, lo cual indica la influencia de la temperatura en el cambio de los componentes del producto. Los parámetros L^* , a^* y b^* se vieron menos afectados a la temperatura de conservación de 4 °C y sus valores se ajustaron a un polinomio de segundo orden. Al respecto de la degradación de la vitamina C.

Chiroque (2017) ha determinado la degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica l.*) variedad haden y predicción microbiológica de vida útil mediante modelo de Gompertz llegando a la conclusión que el contenido de vitamina C en la pulpa de mango, a temperatura de 75 °C disminuyó de 14.6 mg a 7.7 mg, a temperatura de 85 °C el contenido de vitamina C disminuyó de 14.6 mg a 6.2 mg y a temperatura de 95 °C el contenido de vitamina C disminuyó de 14.6 mg a 5.1 mg, describiendo una disminución de vitamina C conforme avanza el tiempo de tratamiento térmico. Así mismo determinó el número de orden de reacción cinético de la vitamina C con ayuda de la ecuación de Arrhenius, para lo cual se utilizaron los datos obtenidos de vitamina C a temperaturas de 75, 85 y 95 °C. En el cual mostró que el mejor ajuste a las tres temperaturas estudiadas corresponde a una cinética de degradación de orden de reacción uno, dando un coeficiente de regresión lineal de 0,9938. Finalmente determinó la degradación térmica de vitamina C en la muestra con tratamiento térmico a 85 °C, en la cual se obtuvo mayor contenido de vitamina C respecto a la muestra sometida a 95 °C, ajustándose a un comportamiento de la velocidad de reacción de orden uno.

Ordóñez *et al.* (2013) evaluó la cinética de degradación térmica de la vitamina C en frutos de Guayaba, en un rango de temperaturas de 75 a 95 °C para ello los materiales y métodos usados fueron, rodajas de Guayaba de 0,53 cm de grosor x 6,10 cm diámetro que se sometieron a los tratamientos térmicos (75, 85 y 95 °C durante 10, 20, 30 y 40 minutos) en una marmita enchaquetada a presión atmosférica, la concentración de vitamina C en las muestras antes y después del tratamiento térmico se determinó por el método del 2,6- diclorofenol-indofenol. Obteniendo resultados después de los tratamientos térmicos (75 - 95 °C), la concentración de la vitamina C

en los frutos de guayaba disminuyó entre 56, 70 y 60 %, y su velocidad de degradación y energía de activación fueron: $k = 0.80 - 1.45/\text{min}$ ($R^2 > 0,90$), y $E_a = 7,57$ Kcal/mol, respectivamente.

Hay tres rutas de degradación del ácido ascórbico (AA): la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaeróbicas con ello se demuestra del por qué el deterioro de la vitamina C durante el periodo de almacenamiento poscosecha (Jesse y Gregory, 2000)

Nicoli *et al.* (1999) indica que la desestabilización de la vitamina C puede deberse al almacenamiento, el corte y pelado que produce estrés en el tubérculo dando origen a reacciones enzimáticas que lo degradan. Espín,

Espin *et al.* (2004) han determinado que en la Mashua existe aproximadamente 77,37 mg de vitamina C por cada 100 g de materia fresca, lo que le hace unos de los tubérculos con mayor contenido de ácido ascórbico.

Lešková *et al.* (2006) determinaron que, al momento de aplicar un tratamiento térmico a altas temperaturas en varios tipos de alimentos como frutas, vegetales y tubérculos, el ácido ascórbico tiende a destruirse, también por procesos de lixiviación presentados en escaldados, provocando que las concentraciones de vitamina C se reduzcan.

Burgos *et al.* (2008) mencionan que los escaldados de diferentes variedades de papa detuvieron un 54% de la concentración inicial de ácido ascórbico a diferencia de procesos de horneado y microondas que ocasionaron menor retención de vitaminas.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

Existe en la naturaleza alimentos como tubérculos andinos, raíces, hierbas medicinales, plantas aromáticas, etcétera. Que poseen variadas propiedades funcionales curativas y sobre todo preventivas de diversas enfermedades, pero que sin embargo estas propiedades funcionales en muchos casos no están cuantificadas o en su caso se desconocen, también puede ocurrir que dichas propiedades se echan a perder posterior a la cosecha, dentro de esos alimentos se tiene a la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) del cual se sabe que tiene propiedades anticancerígenas pero se desconoce cómo estas propiedades funcionales varían en el almacenamiento poscosecha.

Los Andes de Sudamérica cuenta con suelos fértiles y microclimas apropiados para la producción de alimentos funcionales, en muchos casos son exclusivos ya que solo se cultivan en zonas y pisos ecológicos definidos, uno de ellos es la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) que se cultiva en zonas altoandinas de Sudamérica, este tubérculo está poco difundido y también escasamente estudiado en cuanto a su caracterización, a su vez como materia prima tiene inmenso potencial para la industrialización sin embargo las pérdidas de sus características nutricionales y propiedades funcionales durante la poscosecha le quita rentabilidad para los productores, que en la mayoría de los casos lo tienen solo como un cultivo alternativo o de pan llevar, mas no como una fuente de ingresos económicos.

La Mashua posee propiedades funcionales como los compuestos fenólicos así como también propiedades antioxidantes que son muy beneficiosos para la salud del hombre. Chirinos *et al.* (2008), reportan que los pobladores de las zonas andinas lo consumen debido a sus efectos relacionados con la mejoría en enfermedades del hígado y riñón,

eczemas de la piel y desórdenes de la próstata. Estudios recientes han indicado que la Mashua posee un alto contenido de compuestos fenólicos y antocianinas. Por ello, el desconocimiento de la composición de los compuestos bioactivos o funcionales influenciada por la disminución de la humedad en el transcurso del tiempo podría echarse a perder en los siguientes tratamientos que se le aplicaría a la materia prima ya sea en el manejo primario durante la poscosecha o más adelante en su transformación o industrialización. Teniendo el enunciado del problema, con la presente investigación se pretende cuantificar la variación de las propiedades funcionales durante el almacenamiento poscosecha de la Mashua.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del almacenamiento poscosecha sobre los compuestos funcionales de la Mashua variedad *Yana añu*?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo varían los compuestos fenólicos de la Mashua durante el almacenamiento poscosecha?
- ¿Cómo varía la capacidad antioxidante en la Mashua durante el almacenamiento poscosecha?
- ¿Cómo varía el contenido de la Vitamina C en la Mashua durante el almacenamiento poscosecha?
- ¿Qué modelo matemático se ajusta mejor al pronóstico del comportamiento de los compuestos funcionales de la Mashua en el tiempo de almacenamiento?

2.3. Justificación

La Mashua tiene alrededor del 15% de proteínas, es rico en beta caroteno, en minerales como el K, P, Fe, Mn, Zn, Cu y tienen propiedades antioxidantes como el ácido ascórbico (vitamina C), los principales componentes de las tropeoláceas son los glucosinolatos, que en la medicina actual se usa para eliminar cálculos renales, dolencias prostáticas y contra la anemia. Por lo que el conocimiento del comportamiento de la variación del contenido de los compuestos funcionales del tubérculo durante el

almacenamiento poscosecha, será de utilidad para evitar su pérdida o desestabilización y proponer acciones correctivas en los posteriores tratamientos primarios, transformación o el aislamiento en capsulas para usos medicinales, así mismo también servirá de referencia para posteriores investigaciones.

Algunos estudios han mostrado que los genotipos morados del tubérculo tienen un alto contenido de compuestos fenólicos, comparables con aquellos encontrados en fuentes consideradas como antioxidantes. Además, los tubérculos morados presentan actividad antioxidante 10 veces mayor que los genotipos amarillos (Chirinos *et al.*, 2008). Esta propiedad particular que tienen los genotipos de color púrpura-oscuro-fuerte en especial de la variedad denominado *Yana añu* que se cultiva en la región Puno, con la presente investigación de la cuantificación de los compuestos funcionales se tendrá valiosa información acerca del comportamiento de los compuestos funcionales impactará en una mayor comercialización como alimento funcional y por ende se masificaría su producción contribuyendo notablemente en la mejoría de la economía de los productores.

Hasta ahora se tiene referencias de investigaciones de los compuestos funcionales de las variedades de color amarillo, más no de los genotipos de color púrpura, así mismo se desconoce los efectos curativos y preventivos de los compuestos funcionales de color púrpura, también existen estudios sobre la cuantificación de los polifenoles y antioxidantes en estado fresco mas no en almacenamiento poscosecha menos de la variedad *Yana añu*, así mismo en literatura científica se encontraron estudios en alimentos similares como la oca (*Oxalis tuberosa*) y la papa (*Solanum tuberosum*) por lo que la cuantificación del contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, vitamina C y la humedad durante el almacenamiento poscosecha y en especial del genotipo *Yana añu* serán valores de utilidad para posteriores investigaciones para tomar en cuenta el efecto de los compuestos funcionales de la variedad *Yana añu* en la salud del hombre, por ello se hace totalmente justificable la presente investigación.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Determinar la variación de los compuestos funcionales de la Mashua, durante el almacenamiento poscosecha

2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación de los compuestos polifenólicos de la Mashua, en el almacenamiento poscosecha.
- Determinar la variación de la capacidad antioxidante de la Mashua, en el almacenamiento poscosecha.
- Determinar la variación del contenido de vitamina C en la Mashua, durante el almacenamiento poscosecha.
- Identificar un modelo matemático para predecir el comportamiento de los compuestos funcionales de la Mashua en el tiempo de almacenamiento.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Si el contenido de los compuestos funcionales en la Mashua está influenciado por el tiempo de almacenamiento; entonces se espera una diferencia significativa en el contenido final de los compuestos funcionales al final del almacenamiento.

2.5.2. Hipótesis específica

- Si la concentración de los compuestos fenólicos está influenciada por el tiempo de almacenamiento; entonces se espera una diferencia significativa en el contenido final de estos compuestos activos durante el almacenamiento poscosecha.
- Si la capacidad antioxidante de la Mashua está influenciada por el tiempo de almacenamiento; entonces se espera una diferencia significativa en el contenido final de este compuesto activo durante el almacenamiento poscosecha.



- Si la concentración de la vitamina C está influenciada por el tiempo de almacenamiento; entonces se espera una diferencia significativa en el contenido final de estos compuestos durante el almacenamiento poscosecha.
- Si se cuantifica la variación de los compuestos funcionales de la Mashua durante el almacenamiento poscosecha; entonces es posible obtener una correlación matemática para predecir la composición de dichos compuestos en el tiempo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

Los análisis de los compuestos funcionales del *Tropaeolum tuberosum* variedad *Yana añu* se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

3.2. Población

La población delimitada para la toma de muestras, corresponde a las parcelas cultivadas en la provincia de Carabaya, específicamente en el distrito de Ayapata cuyas coordenadas son (13° 46' 38" Sur, 70° 19' 22" Oeste) y 3482 metros de altitud en la región Puno.

3.3. Muestra

La muestra biológica (Mashua, variedad *Yana añu*), según recomienda Suquilanda (2009) se cosecha pasados los 6 a 7 meses después de la siembra en suelos que se encuentran sobre los 2 900 metros sobre el nivel del mar. Si el objetivo de la cosecha de mashua es para consumo inmediato, ésta se deberá hacer entre el tercer día de luna menguante, hasta el tercer día de luna nueva (noche oscura). Las muestras se tomaron en base al muestreo estadístico completamente al azar, siendo la características de las muestras representativas: los tubérculos que presentasen la tonalidad púrpura-oscuro-fuerte (cubriendo la totalidad de la epidermis como se muestran en las figuras 3 y 4) esta selección por color de la epidermis se basa en el Sistema de color Munssel (anexo 9 y 10), dichas muestras se recolectaron a partir de las parcelas pre seleccionadas donde se

cultivó la muestra con las características establecidas, el total de la muestra recolectada fue cuatro kilos.



Figura 4. Muestra biológica, variedad Yana año con epidermis completamente purpura oscuro.



Figura 5. Muestra biológica, variedad Yana año y su corte transversal.

Según el Sistema de Color de Munsell, la coloración que tiene la epidermis de la Mashua en las figuras 4 y 5 estarían dentro la clasificación 5P 2/8 o 5P 2/10 que significa un tono o color purpura-oscuro-fuerte.

3.4. Método de investigación

El presente trabajo trata de una investigación experimental cuantitativa, en la figura 6 se presenta el diagrama de flujo utilizado para la cuantificación de los compuestos funcionales de la Mashua variedad *Yana añu*.

Flujograma del estudio

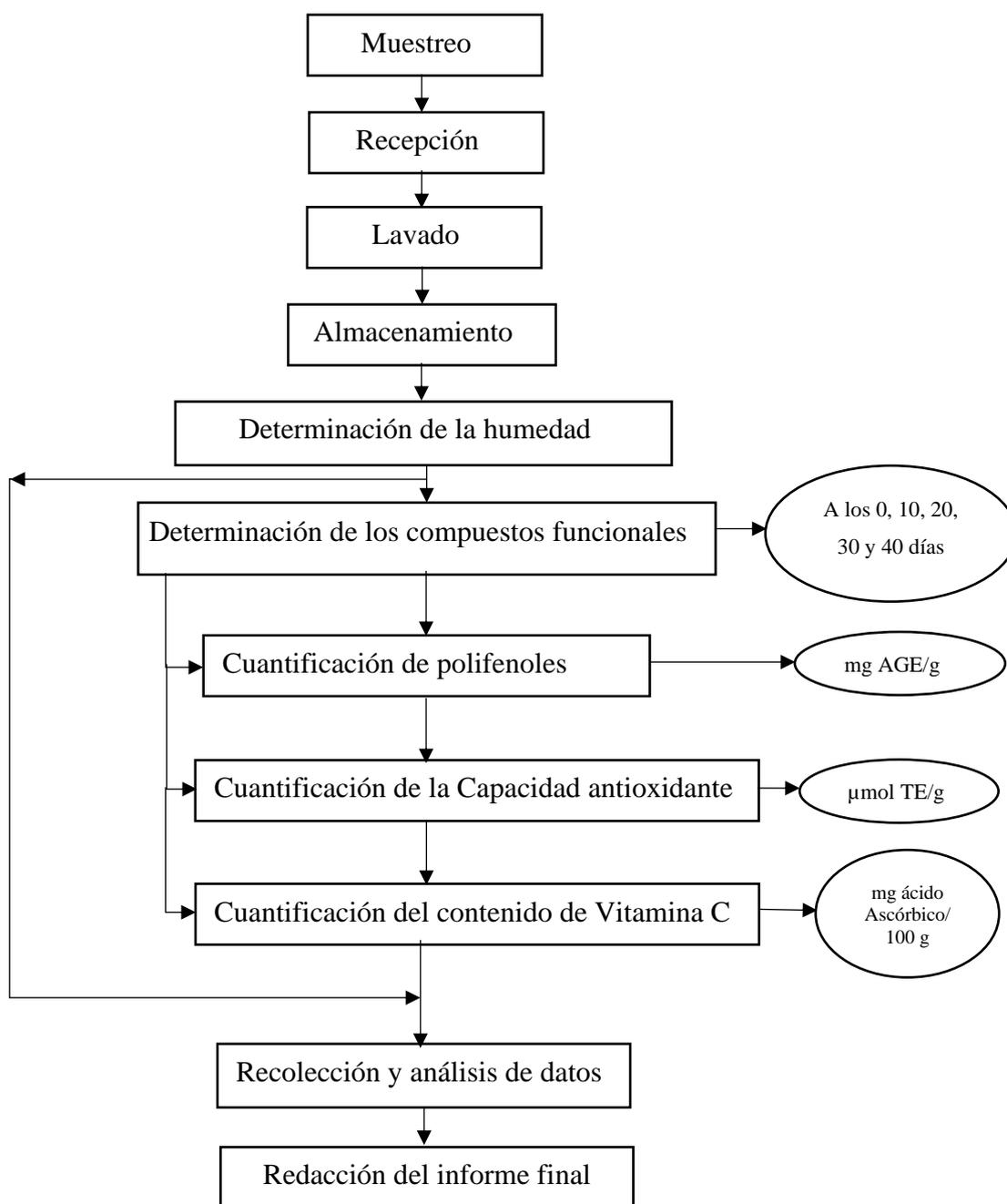


Figura 6. Diagrama de Flujo de la Metodología Empleada en la Investigación

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

a) Muestreo

La población delimitada para la toma de muestra, corresponde a las parcelas cultivada en la provincia de Carabaya, se hizo el muestreo estadístico completamente al azar, siendo las características de las muestras representativas: los tubérculos que presentasen la tonalidad púrpura oscuro fuerte en la totalidad de su epidermis.

b) Recepción

La recepción de las muestras se hizo con fecha el 6 de junio del 2019 en una cantidad de 4 kilos cuya materia orgánica fue cosechada y muestreada el 3 de junio del mismo año.

c) Lavado

El lavado se realizó con una solución de hipoclorito de sodio al 1 por ciento o 10 000 ppm en agua el cual sirve para desinfectar y eliminar posibles restos de patógenos que pudieran dañar la epidermis de las muestras durante el almacenamiento seguido de un leve oreado y secado a medio ambiente.

d) Almacenamiento

La muestra biológica se almacenó bajo sombra a condiciones medio ambientales a temperatura promedio entre 14 a 16 °C, humedad relativa promedio de 55.84 % por un lapso de tiempo de 40 días, en el cual la materia orgánica en estudio continuó su proceso fisiológico de senescencia y pérdida de humedad normalmente; extrayéndose muestras cada 10 días según diseño experimental propuesto para realizar los análisis respectivos.

Los ensayos en laboratorio (anexo 11) se realizaron en las fechas siguientes:

Fecha de muestreo	: 5 de junio del 2019
Fecha de recepción	: 8 de junio del 2019
Fecha del primer ensayo	: 8 de junio del 2019
Fecha del segundo ensayo	: 18 de junio del 2019
Fecha del tercer ensayo	: 28 de junio del 2019
Fecha del cuarto ensayo	: 8 de julio del 2019

Fecha del quinto ensayo : 18 de julio del 2019

Emisión del informe de laboratorio: 22 de julio del 2019

e) Determinación de la humedad

La humedad de las muestras se realizó paralelamente en los días que se realizaban los análisis de los compuestos funcionales de la muestra, para ello se aplicó el método gravimétrico, según método oficial de análisis de la AOAC, 131.15 descrito en el (anexo 1).

f) Cuantificación de los compuestos funcionales

Previo a la cuantificación de los compuestos funcionales se hizo un pre tratamiento a la muestra para la obtención de los extractos empleados para determinar los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante (CAOX) es como sigue a continuación, se pesó dos gramos de muestra en un tubo de centrifuga protegida de la luz luego se adicionó 25 ml de metanol al 80 por ciento, se agitó por cinco minutos y se dejó reposar a cuatro grados centígrados por 24 horas, pasado este tiempo se centrifugó a 4000 rpm durante 15 minutos y luego se trasvasó cuidadosamente el sobrenadante a un frasco ámbar al que se le pasó nitrógeno y posteriormente se almacenó bajo congelación (-20 °C). Este método de extracción se repitió a los 10, 20 y 40 días en el que duro el almacenamiento de las muestras (Huaccho, 2016).

g) Cuantificación de los polifenoles

Los compuestos fenólicos en la muestra se determinaron por el método espectrofotométrico, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción, para lo cual se usó el agente oxidante reactivo de Folin-Ciocalteu, para cuantificar los compuestos fenólicos totales se depositó en tubos de prueba de 500 μ L los extractos obtenidos, a ello se le añadió 250 μ L del reactivo Folin – Ciocalteu 1N, al cual se adiciona 1250 μ L de la solución Carbonato de Sodio 0.5 M, se homogenizó el conjunto y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente manteniendo condiciones de oscuridad, paralelamente se preparó un blanco con agua destilada en lugar de la muestra y se trabajó bajo las mismas condiciones, este blanco se utilizó para calibrar el espectrofotómetro seguidamente se realizó la lectura a la longitud de onda de 755 nm.

El contenido de compuestos fenólicos totales se estimó a partir de una curva estándar elaborada con una solución acuosa de Ácido gálico como patrón (Anexo 3) Los resultados se expresaron como mg de Ácido gálico equivalente (AGE) por cada g o ml de muestra.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales fue la siguiente:

$$Y = 0.03353 \times Abs - 0.0101$$

El contenido de compuestos fenólicos totales se calcula con la siguiente ecuación.

$$\frac{mg \text{ Ác. gálico}}{100g} = ((0.03353 * Abs) - 0.0101) * Fd * A * 100$$

Donde:

Abs = Absorbancia de la muestra, leída a 755 nm

Fd = Factor de dilución

A = Volumen (ml) de solvente utilizado más el peso de la muestra (g)/peso de la muestra (g).

Y, se expresa en mg de Ácido gálico equivalente (AGE) /g

h) Cuantificación de la capacidad antioxidante (CAOX)

Se utilizó el método recomendado por Arnao, (2001) para este método se elaboró primero la solución de ABTS (2,2 azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), la cual estuvo conformada por dos soluciones, solución A (78.4 mg ABTS en 10 ml de agua destilada) y solución B (13.2 mg de persulfato de potasio en 10 ml de agua destilada). Se mezcló en partes iguales la solución A y B luego se dejó reposar por 12 horas a cuatro grados centígrados. A partir de esta solución inicial se extrae 1 ml al cual se le adiciona 60 ml de metanol y se mide su absorbancia a 734 nm, lo cual da una lectura de $1,1 \pm 0.2$ en el espectrofotómetro a 734 nm.

Seguidamente para realizar la cuantificación de la CAOX, se colocó 150 µl de la muestra a analizar pura en tubos de ensayo protegiendo meticulosamente de la luz solar y artificial, después se le agregó 2,850 µl de la solución de ABTS, se cierran o

tapan herméticamente los tubos y se homogenizó la mezcla en el vórtex vigorosamente por 3 segundos. Luego de transcurrido el tiempo de reacción de las muestras que es de 2,5 horas, se calibró el espectrofotómetro con metanol a 734 nm luego se procedió a tomar las lecturas de absorbancia de las muestras a 734 nm. Las cuales deben ser mayores a 0,1 y menores al blanco 0.835.

La (CAOX) se estimó usando una curva estándar teniendo como patrón el Trolox, el cual es una sustancia hidrosoluble análoga de la vitamina E, los resultados se expresan como $\mu\text{mol Trolox equivalente (TE)/g}$ de muestra o $(\mu\text{mol TE} * \text{g}^{-1})$.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de la capacidad antioxidante en metanol es la siguiente:

$$\mu\text{mol Trolox Equivalente (TE)/ml} = (12,209 \times \text{Abs}) - 0,0001$$

La capacidad antioxidante se calcula con la ecuación siguiente:

$$Y = ((12,209 \times \Delta\text{Abs}) - 0,0001) \times \text{Fd} \times A$$

Donde:

Y = $\mu\text{mol Trolox Equivalente (TE)/g}$ de muestra

ΔAbs = absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra a 734 nm

Fd = Factor de dilución

A = volumen (ml) de solvente utilizado más peso de muestra (g)/ peso muestra (g)

i) Método determinación de la vitamina C

La vitamina C, se cuantificó a través de la determinación del Ácido ascórbico haciendo uso del método de titulación, según el método oficial de análisis de la AOAC, 967.21 (ver anexo 2).

j) Recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos de la absorbancia por parte del espectrofotómetro 4802 UV/VIS DOUBLE VEAM – UNICO. Se llevó a una hoja Excel para posteriormente realizar los cálculos de: la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos. Para los resultados de la cantidad de vitamina C y la humedad se usaron las metodologías

descritas en las normas (AOAC, 967.21) y la (AOAC, 930.15), respectivamente. Los datos obtenidos de la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, vitamina C y la humedad. Han sido procesados en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 25, los cuales son interpretados, analizados y discutidos en la sección de los resultados y conclusiones.

3.5.1. Materiales reactivos y equipos

a) Materiales de vidrio

- Pipetas volumétricas de, 1.0 ml, 5.0 ml y 10 ml.
- Micropipetas de 5-50, 20-200, 100-1000 ml
- Frascos ámbar de 40, 100 y 500 ml
- Probetas de 25 ml, 100 ml y 250 ml.
- Matraces de 250, 500 y 1000 ml.
- Vasos de precipitado de 50 ml y 250 ml.
- Gradillas.
- Tubos de ensayo de 5 y 15 ml.
- Mesa de trabajo
- Papeles filtro.

b) Reactivos

- ABTS (2,2'-azinobis-3-ethyl benztiazoline-6-sulphonic acid), Código US1194434 Cromóforo ABTS (MERCK MILLIPORE).
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl chroman-2-carboxylic acid) (Sigma Aldrich).
- Metanol CH₃OH al 99.8% (SIGMA ALDRICH)
- Ácido gálico (ácido 3,4,5 – trihidroxibenzoico) (MERCK MILLIPORE)

- Persulfato de potasio (Sigma Aldrich).
- Agua destilada y bidestilada
- Carbonato de sodio 0.5 M. (Mallinckrodt)
- Folin Ciocalteau 2N (Merck).

c) Equipos

- Espectrofotómetro 4802 UV/VIS DOUBLE VEAM (Marca UNICO).
- Balanza de precisión ACCULAB, Serie ALC 210.4, Rango 0.0001 a 210 g.
- Estufa VWR
- Centrifuga marca DYNAC, modelo D-420101, Velocidad Max. 3000 rpm/2.425 RCF (en incremento de 10 rpm).
- Agitador magnético MicroMix Potencia 12 W. rango de velocidad 200 – 1500 rpm. Resolución 20 rpm. Vortex Mixer, 15 w de potencia, Labnet.
- Destilador de agua, Water Still, modelo WSA-04, HUMAN LAB.

3.5.2. Esquema del diseño experimental

Tabla 10

Diseño experimental

Muestra	Variables Independientes (V.I.)	Variables Dependientes (V.D.)	Repeticiones
	Tiempo en días	Compuestos funcionales	
	0	Polifenoles*	
Mashua	10	Capacidad	
variedad	20	antioxidante**	3
<i>Yana añu</i>	30	Vitamina C***	
	40	Humedad****	

* mg de Ácido Gálico Equivalente (AGE)/g. expresa la concentración de polifenoles presentes en las muestras.

** Capacidad antioxidante en μmol Trolox Equivalente (T.E.)/ml.

*** Vitamina C, en mg Ác. ascórbico/g.

****Contenido de humedad en porcentaje (%).

La tabla 10. Esquematiza el diseño experimental seguido en esta investigación, en ella se representa la cohesión de las variables independientes, la muestra a ser examinada y las réplicas hechas en cada tratamiento. Así se tienen 5 tratamientos con 5 réplicas cada tratamiento, en esta tabla las variables independientes son el tiempo (0, 10, 20, 30 y 40 días) y la humedad, estas variables también son conocidas como variables de entrada, así mismo se tiene las variables independientes o también llamada de salida que vienen a ser los cambios o variaciones que han sufrido o experimentado los compuestos funcionales (polifenoles totales, capacidad antioxidante y el contenido de Vitamina C) estudiado. En líneas generales con este esquema se analizó el comportamiento de los compuestos funcionales frente a los días de almacenamiento asociado a la pérdida natural de humedad de la muestra durante el almacenamiento.

3.6. Factores en estudio

3.6.1. Variables de respuesta

- Compuestos funcionales (polifenoles, capacidad antioxidante y Vitamina C)
- Humedad de la Mashua

3.6.2. Variable en estudio

- Días de almacenamiento.

3.7. Análisis estadístico

Los análisis del contenido de polifenoles, actividad antioxidante (CAOX), contenido de vitamina C y humedad frente a los días de almacenamiento poscosecha, se realizaron a través de ensayos con cinco repeticiones, calculándose los promedios y la desviación estándar; los resultados finales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA), Correlación de Pearson, prueba de la normalidad y regresión; para un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$), para ello se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Versión 25. El modelo matemático aditivo es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Y_i = Variable dependiente (compuestos fenólicos, CAOX, vitamina C)

β_0 = Constante, media de población a la cual pertenecen las observaciones.

β_1 = Parámetro desconocido que indica la pendiente de la línea de mejor ajuste.

X_i = Variable independiente (días de almacenamiento)

ε_i = Efecto de la perturbación

Para los tres objetivos se utiliza regresión lineal para cuantificar los compuestos funcionales seguidos de un análisis con la correlación de Pearson.

Para efectos de optimización de la predicción del comportamiento de los compuestos funcionales (compuestos fenólicos y para la capacidad antioxidante) pasados los 40 días de almacenamiento se adecua a una tendencia exponencial, bajo el modelo matemático siguiente:

$$Y = a * e^{-bX}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de compuestos fenólicos totales

La Figura 7, representa el comportamiento de los compuestos fenólicos frente al tiempo de almacenamiento, en ella se considera los promedios, la desviación estándar y el nivel de significancia para los tratamientos realizados en el estudio, de la figura se deduce que el contenido de polifenoles totales de la Mashua tiende a reducir durante el tiempo de almacenamiento poscosecha y aparentemente muestra una tendencia lineal.

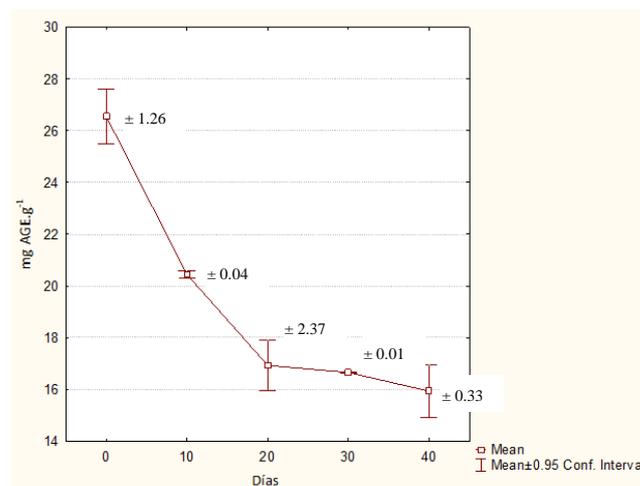


Figura 7. Comportamiento de los polifenoles vs. días de almacenamiento poscosecha.

Sin embargo, esta tendencia lineal no optimiza la predicción real del contenido de polifenoles en el tiempo más allá de los 100 días de almacenamiento poscosecha del tubérculo variedad *Yana añu*, por lo que se ajusta mejor a una tendencia exponencial de la siguiente forma:

$$Y = 23.871 * e^{-0.012X}$$

Con este ajuste exponencial, a los 365 días de almacenamiento en el producto se obtendría un contenido de polifenoles de $0.3 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$.

El contenido de compuestos fenólicos totales del producto variedad *Yana añu* se expresa en $\text{mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ en los resultados se obtuvo un valor de $25.881 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ para el inicio de la experimentación y para el día 40 de observación se tiene un valor de $15.934 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ (anexo 5, tabla 11) traduciéndose en una pérdida de polifenoles del 38.43 por ciento.

Con respecto al análisis estadístico del comportamiento de los polifenoles frente a los días de almacenamiento, se tiene una correlación de Pearson de -0.8682 (anexo 5, tabla 15), lo cual de acuerdo al baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0.7 a -0.89 correlación negativa alta) esto indica que los polifenoles están en una relación inversa con los días de almacenamiento, es decir que a mayor tiempo de almacenamiento menor será la concentración de compuestos fenólicos de la muestra variedad *Yana añu*. El análisis de varianza (anexo 5, tabla 12) para este estudio se tiene un p-valor de $2.7071 * 10^{-5}$ que es muy inferior a ($P < 0,05$) y que el estadístico R – cuadrado (R^2) está por encima del 0.7348 de ello se concluye que la variable independiente días de almacenamiento poscosecha de la Mashua influyen en un 73.48 por ciento sobre la pérdida del contenido de Polifenoles para un nivel de significancia del 95 por ciento.

Al respecto Chirinos *et al.* (2007), estudiaron el efecto del almacenamiento pos recolección en condiciones de almacenamiento solar de 10 horas de luz media brillante por un periodo de 37 días a una temperatura máxima de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ en 10 cultivares de Mashua, de los cuales tres cultivares (ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109) corresponden a muestras de color púrpura similares a los evaluados en este estudio, en el experimento encontraron también que para el cultivar ARB 5241 hubo una disminución del 12 por ciento en el contenido fenólico al final de los 37 días de almacenamiento, finalmente concluyen que “se ha demostrado que el almacenamiento posterior a la cosecha superior a 7 días es perjudicial para la estabilidad de muchos de los compuestos probados, excepto los carotenoides, que presentaron valores casi constantes”. Así mismo indican que la variabilidad del contenido de compuestos funcionales depende tanto de la variedad así como del compuesto considerado. Huaccho (2016) evaluó 84 cultivares de Mashua provenientes de la región del Cusco, de los cuales los cultivares s-153 y s-148 son los que

más se asemejan a la variedad *Yana añu* de la región Puno, en su estudio cuantificó valores del contenido de polifenoles totales de 15.5 ± 0.1 y $10.9 \pm 0.4 \text{ mg AGE/g (b.s.)}$ respectivamente en estado fresco. Estos valores están en el rango obtenidos en nuestro estudio (15.934 a $25.881 \text{ mg AGE. g}^{-1}$), sin embargo comparando el valor obtenido 15.5 ± 0.1 por Huaccho (2016) en estado fresco y el nuestro al inicio del almacenamiento difiere en 10 unidades esta diferencia se debe a que los cultivares s-153 y s-148 analizados por la investigadora tienen jaspes de color amarillo en la epidermis de la Mashua, ello indica que tales cultivares analizados no son completamente de color púrpura-oscuro-fuerte en su epidermis como las muestras que se analizaron en este estudio. En la investigación realizado por Chirinos *et al.* (2007), para los polifenoles totales obtuvieron valores promedios entre 14 y 24 mg equivalentes de *Ácido clorogénico. g*⁻¹ pasado los 7.5 meses posterior a la siembra que vendría a ser el día de la cosecha. Por consiguiente el valor $26,099 \text{ mg AGE. g}^{-1}$ obtenido en esta investigación para el día cero de almacenamiento o sea posterior a su cosecha es ligeramente mayor en dos unidades a los valores reportados por Chirinos *et al.* (2007) que a su vez en dicho estudio se observa considerables pérdidas o descenso de los compuestos fenólicos desde la cosecha hasta los 37 días de almacenamiento que duro su estudio. Así mismo Santayana (2018) encontró para el tratamiento Mashua soleado los CFT (compuestos fenólicos totales) disminuyeron progresivamente hasta llegar a una concentración de $3,48 \pm 0,22 \text{ mg AGE. g}^{-1}$ (ms) para el día 15 de tratamiento poscosecha, perdiendo el 67,2% de su contenido inicial.

La pérdida o disminución del contenido de polifenoles en la muestra variedad *Yana añu* en este estudio se comprueba que está influenciado por la pérdida de humedad y el tiempo de almacenamiento Chirinos *et al.* (2007) indica que pueden estar relacionados con el equilibrio entre la nueva síntesis de compuestos fenólicos bioactivos y la degradación de otros. También pueden estar influenciados por otros factores como la variedad, la incidencia de la luz, pH, entre otros factores no considerados en este estudio.

4.1.1. Contenido de capacidad antioxidante (CAOX) en la Mashua

En la Figura 7, se representa el comportamiento de la capacidad antioxidante frente al tiempo de almacenamiento en ella se tiene los promedios, la desviación estándar y el nivel de significancia para los tratamientos realizados en esta investigación; de la figura 6, se deduce que el contenido de polifenoles totales de la Mashua tiende a reducirse durante el

tiempo de almacenamiento poscosecha y muestra una tendencia lineal, siendo el modelo lineal de regresión el siguiente:

$$Y = 0.6576x + 324.58$$

Con esta tendencia lineal a los 365 días de almacenamiento se tendrían una capacidad antioxidante de $84.55 \mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$, sin embargo ajustando a una curva exponencial como la siguiente:

$$Y = 324.78 * e^{-0.002X}$$

A los 365 días de almacenamiento se tendrían $156.51 \mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$, de capacidad antioxidante en la Mashua.

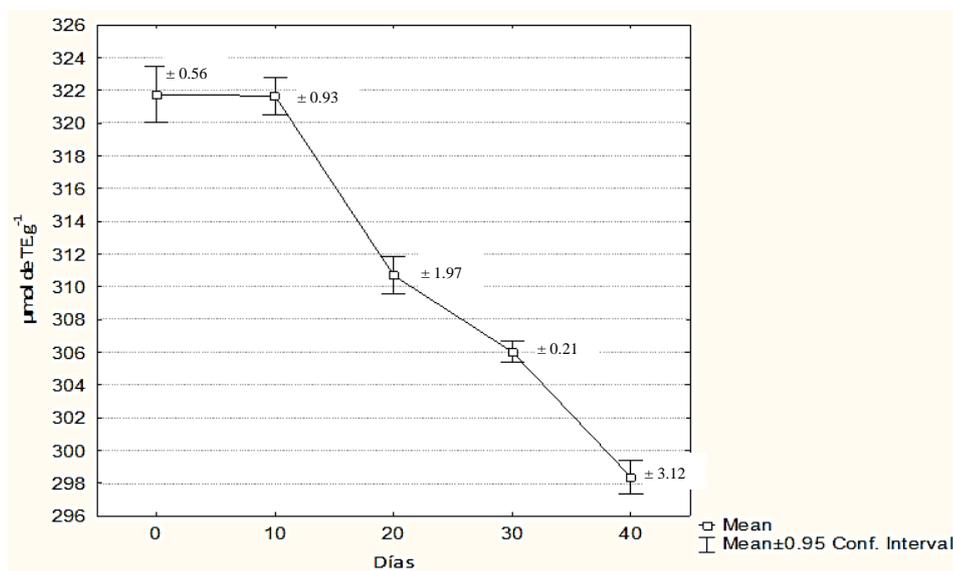


Figura 8. Comportamiento de la CAOX en la variedad Yana año

Se cuantificó los cambios de la capacidad antioxidante en el producto cuyos valores medios son 321.75, 320.99, 312.02, 306.01 y 296.36 $\mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$ para los 0, 10, 20, 30 y 40 días de almacenamiento respectivamente estos valores y sus repeticiones se muestran en el (anexo 5, tabla 16), al igual que para los polifenoles se también se reducen durante el almacenamiento.

En el análisis estadístico del comportamiento de la CAOX frente a los días de almacenamiento se tiene una correlación de Pearson de -0.9595, el cual concordando con el baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0.9 a -0.99 correlación negativa grande y perfecta) lo que indica que la capacidad antioxidante están en una relación inversa casi perfecta frente a los días de almacenamiento; es decir que a

mayor tiempo de almacenamiento mucho menor será la capacidad antioxidante en la muestra variedad *Yana añu*; el análisis de varianza (Anexo 5, tabla 17) muestra un p-valor de $1.56 * 10^{-8}$ muy inferior al ($P < 0,05$) y que el estadístico R – cuadrado (R^2) es de 0.9208, de ello se puede aseverar que la variable independiente días de almacenamiento influye en un 92.08 por ciento sobre la pérdida de la capacidad antioxidante (CAOX) de la Mashua para un nivel de significancia del 95 por ciento.

Con respecto a los resultados obtenidos por otros autores, Chirinos *et al.* (2007), reportan una CAOX media de 80 a 378 y 59 a 389 $\mu\text{mol de TE. g}^{-1}$ para los métodos de análisis ABTS y ORAC respectivamente para 10 cultivares de Mashua siendo los cultivares (ARB 5241, DP 0224 y AGM 5109) de color purpura los que mayor capacidad antioxidante tuvieron con valores medios entre 250 y 440 $\mu\text{mol de TE. g}^{-1}$ tales valores están en el rango de los resultados obtenidos en nuestro estudio (321.75 a 296.36 $\mu\text{mol de TE. g}^{-1}$). Así mismo Huaccho (2016) publicó que en los 84 cultivares de Mashua analizados de la región Cusco, encontró valores medios entre 20.7 a 128.2 $\mu\text{mol de TE. g}^{-1}$ (b.s.) siendo el cultivar s153 de color púrpura claro con la mayor actividad de CAOX $128.2 \pm 3.2 \mu\text{mol de TE. g}^{-1}$ (b.s.) en estado fresco, estos valores son menores a los obtenidos en este estudio y mucho menor a los obtenidos por Chirinos *et al.* (2007) debido a que la epidermis de la muestra s153 no es en su integridad de color púrpura ya que presenta jaspes de coloración amarilla en la epidermis por lo que la concentración de la CAOX no sería tan considerable como la de una muestra completamente purpura-oscuro-fuerte del color de su epidermis.

La disminución de la CAOX con esta investigación se demuestra que está influenciado por la pérdida de humedad y tiempo de almacenamiento al respecto Hurtado y Pérez (2014), han estudiado la estabilidad y actividad antioxidante de las antocianinas aisladas de la cáscara del fruto de Capulí (*Prunus serótina spp capulí*) en ella concluyen que “de manera general se puede advertir que de acuerdo a los valores de la constante de velocidad de reacción y el tiempo de vida media de los extractos almacenados; existe una gran influencia del pH, la luz, el aire sobre la estabilidad de las soluciones acuosas de las antocianinas del fruto de Capulí”. Así mismo Eiro y Heinonen (2002), indican que “se sabe que el aire como agente oxidante junto con la luz entre otros, pueden hacer que las antocianinas se degraden, la luz es capaz de acelerar algunos cambios fotoquímicos, ocasionando eventualmente la degradación de la antocianina limitando su aplicación como aditivo alimenticio”.

4.1.2. Determinación de la Vitamina C

En la figura 8, se muestra el comportamiento de la Vitamina C en el tubérculo variedad *Yana ñu* frente a los días de almacenamiento, expresado en mg de ácido ascórbico sobre 100 g de muestra, en dicho gráfico también se muestra las medias, la desviación estándar y la significancia de las 5 repeticiones para las cinco observaciones.

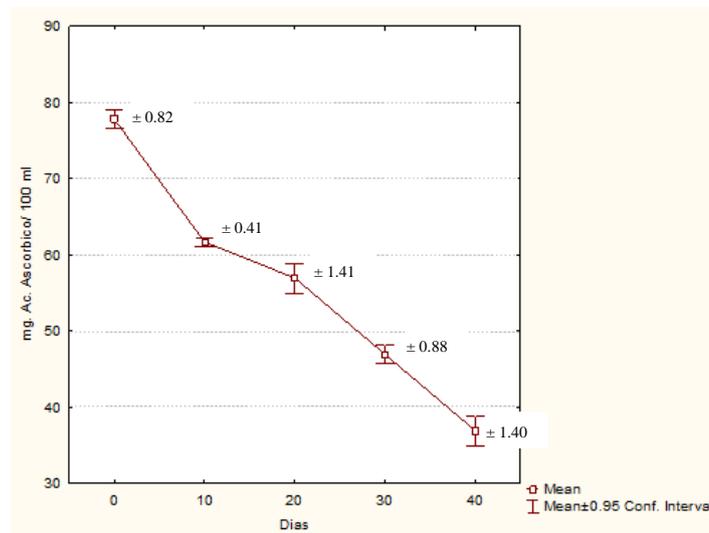


Figura 9. Comportamiento de la vitamina C en la Mashua variedad Yana ñu

La cuantificación del contenido de vitamina C posterior a su cosecha, tiene un valor medio de $77.82 \text{ mg ácido ascórbico} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ para el día cero donde inicia el almacenamiento y para el día 40 de almacenamiento se obtiene una media de $36.92 \text{ mg ácido ascórbico} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ estos promedios provienen de un análisis con cinco repeticiones (tabla 21); esta reducción en el contenido de vitamina C representa un 52.56% de reducción o pérdida desde su inicio en almacenamiento posterior a la cosecha hasta los 40 días de almacenamiento que duró el estudio; el análisis estadístico para el comportamiento de la vitamina C frente a los días de almacenamiento da una correlación de Pearson de -0.985 este valor de acuerdo al baremo de coeficiente de correlación está dentro del rango (-0.9 a -0.99 correlación negativa grande y perfecta) lo que indica que el contenido del ácido ascórbico en la Mashua está en una correlación inversa casi perfecta con los días de almacenamiento; es decir que a mayor tiempo de almacenamiento mucho menor es el contenido de vitamina C. El análisis de varianza (ANVA) para el comportamiento de la vitamina C frente a los días de almacenamiento de la muestra reporta que el p-valor es de $5.159 \cdot 10^{-19}$ valor muy inferior al p-valor ($P < 0,05$) y que el estadístico R – cuadrado (R^2) es de 0.9686 (anexo 5, tabla 23) de ello se concluye que

la variable independiente días de almacenamiento, influye en un 96.86 por ciento sobre la disminución del contenido de ácido ascórbico en la muestra para un nivel de significancia del 95 por ciento.

Con respecto a la pérdida del contenido de Vitamina C durante el almacenamiento, Mendoza *et al.* (2016) evaluaron la degradación de la vitamina C en un producto en polvo elaborado a base de pulpa de mango (*Mangifera indica* L. var. Hilacha) para un periodo de almacenamiento de 0 a 8 semanas a temperaturas de 4 y 20 °C, partiendo con un contenido de Vitamina C de $15.6 \pm 1.12 \text{ mg ácido ascórbico. } 100 \text{ g}^{-1}$ en la semana cero y obteniéndose valores de 13.94 ± 1.20 y $8.80 \pm 1.56 \text{ mg ácido ascórbico. } 100 \text{ g}^{-1}$ en la octava semana para un almacenamiento de 4 y 20 °C respectivamente, en ambos tratamientos de almacenamiento existe una desestabilización de la vitamina C siendo la mayor pérdida en almacenamiento a 20 °C que alcanza el 56.41% muy cercano al 52.55% obtenido en nuestro estudio que se almacenó a condiciones ambientales a una temperatura promedio de 14 – 16 °C.

Según Jesse y Gregory (2000), hay tres rutas de degradación del ácido ascórbico (AA): la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaeróbicas con ello se demuestra del por qué el deterioro de la vitamina C durante el periodo de almacenamiento poscosecha. Nicoli *et al.* (1999), indica que la desestabilización de la vitamina C puede deberse al almacenamiento, el corte y pelado que produce estrés en el tubérculo dando origen a reacciones enzimáticas que lo degradan. Luna *et al.* (2017) determinaron que tanto la temperatura como el pH afectan significativamente la degradación térmica de la vitamina C, siendo más rápida la degradación a mayor temperatura y pH. Con este estudio se demuestra que la reducción del contenido de vitamina C en la muestra está influenciada por la pérdida de humedad y tiempo de almacenamiento a su vez también pueden estar influenciados por otros factores internos del alimento como reacciones bioquímicas y otras variables de almacenamiento no considerados en este estudio.

a) Contenido de humedad en la Mashua

En la tabla 10, se presentan las medias y la desviación estándar de las cinco repeticiones en que se determinó la humedad de la muestras a los 0, 10, 30, 20 y 40 días de almacenamiento cuyos resultados fueron 86.464, 86.028, 85.236, 82.225 y 79.214% respectivamente. El rango de valores de humedad encontrados coinciden con los

reportados por Ríos (2004) 84.6 a 92.0 por ciento y Huaccho (2016), 90 a 75 por ciento para estado fresco o posterior a su cosecha; que para el caso de esta investigación sería de 84.99 % posterior a su cosecha hasta los 40 días de almacenamiento.

Tabla 11

Contenido de humedad promedio en las muestras de la variedad Yana ñu

Variedad	Días en almacenamiento	Promedio humedad en (%)
<i>Yana ñu</i>	0	86.464 ± 0.56
	10	86.028 ± 0.63
	20	85.236 ± 1.28
	30	82.225 ± 1.31
	40	79.214 ± 0.78

En la tabla 11, se puede observar que hay una diferencia significativa entre el contenido de humedad inicial posterior a la cosecha y final a los 40 días de almacenamiento equivalente a una pérdida del 8.384 por ciento, esta disminución de la humedad está en una relación directamente proporcional con la pérdida de compuestos funcionales de la Mashua.

CONCLUSIONES

En general los compuestos funcionales o también llamados bioactivos (Polifenoles, capacidad antioxidante y vitamina C) analizados en la Mashua variedad *Yana añu* se pierden o se reducen durante los días de almacenamiento poscosecha.

La reducción de la concentración de los compuestos fenólicos en la variedad *Yana añu* durante los días de almacenamiento van de un valor de $25.881 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$ a $15.934 \text{ mg AGE} \cdot \text{g}^{-1}$.

La capacidad antioxidante (CAOX) de la variedad *Yana añu* frente a los días de almacenamiento, se reduce desde 321.75 a $296.36 \mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$. La correlación de Pearson (-0.944) nos indica que la capacidad antioxidante está en una relación inversa frente a los días de almacenamiento.

El Contenido de vitamina C en la muestra variedad *Yana añu* frente al tiempo de almacenamiento decrecen desde 77.82 hasta los $36.92 \text{ mg ácido ascórbico} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ desde los 0 hacia los 40 días, al efecto el coeficiente de correlación de Pearson (-0.9848) nos indica que la variable independiente días de almacenamiento está en una relación inversa casi perfecta con la disminución del contenido del ácido ascórbico.

Para el pronóstico del contenido de compuesto fenólicos y la capacidad antioxidante más allá de los 40 días de almacenamiento, se ajusta mejor a un modelo matemático exponencial, y para el contenido de Vitamina C a un modelo lineal.

RECOMENDACIONES

Al momento de realizar los análisis tener cuidado en seleccionar las muestras a evaluar sobre todo recolectar las más representativas y en cantidad suficiente además considerar la brecha de tiempo entre la cosecha y el primer análisis para que permita culminar satisfactoriamente las evaluaciones según los objetivos trazados.

Realizar una investigación manejando factores en estudio con diferentes niveles de humedad y temperatura del almacén, durante el almacenamiento pos recolección de la Mashua.

Para investigaciones más avanzadas identificar el mecanismo de la desestabilización o desnaturalización de los compuestos funcionales o bioactivos de la Mashua, ya que es un componente muy valioso para la prevención de ciertos tipos de cáncer, por lo que no es aceptable que se pierda o desnaturalice durante el almacenamiento.

Realizar evaluaciones sobre los compuestos funcionales que están en la cáscara o epidermis de la Mashua ya que es la parte que más coloración (púrpura-oscuro-fuerte) posee por lo que se supone que deben concentrar el mayor contenido de compuestos fenólicos, antioxidantes, antocianinas, glucosinolatos, etc.

Realizar investigación sobre el aislamiento y encapsulamiento de los compuestos funcionales de la Mashua pos recolección para evitar su deterioro o pérdida.

BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, R., Katiyar, S., Zaidi, S., & Mukhtar, H. (1992). Inhibition of skin tumor promoter-caused induction of epidermal ornithine decarboxylase in SENCAR mice by polyphenolic fraction isolated from green tea and its individual epicatechin derivatives. *Cancer Res.*, 52, 3582–3588. <https://cancerres.aacrjournals.org/content/canres/52/13/3582.full.pdf>
- Andersen, Q., & Markhan, K. (2006). *Flavonoids chemistry, biochemistry and applications*. New York, USA: T. Group.
- Arnao, M. (2000). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food Science & Technology*, 11(11), 419–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00027-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00027-9)
- Beltran, A., & Mera, J. (2013). *Elaboración del tubérculo mashua (Tropaeolum tuberosum) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante* (Tesis pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3504/1/1095.pdf>
- Bermejo, J., & León, J. (1992). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Roma, Italia: FAO.
- Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E., & M, B. (2008). Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal and Food Composition and Analysis*, 22(6), 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.05.013>
- Busso, C. (2016). *Estabilidad De Polifenoles Y Caracterización Físico-Química Y Sensorial En Pulpas De Frutos Rojos En Relación a Los Procesos Tecnológicos Para La Obtención De Alimentos E Ingredientes Alimenticios*. 1–216. http://repositorioubasibsi.uba.ar/gsd/collect/posgrauba/index/assoc/HWA_1425.dir/1425.PDF
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas).

- Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481–1488.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Carr, A., & Frei, B. (1999). Does vitamin C act as a pro-oxidant under physiological conditions. *The FASEB Journal*, 13(1007–1020).
- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., Noratto, G., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 437–446. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>
- Chirinos, R., Campos, D., Betalleluz, I., Giusti, M. M., Schwartz, S. J., Tian, Q., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2006). High-Performance Liquid Chromatography with Photodiode Array Detection (HPLC–DAD)/HPLC–Mass Spectrometry (MS) Profiling of Anthocyanins from Andean Mashua Tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz and Pavón) and Their Contribution to the Overall Antioxidant Acti. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(19), 7089–7097. <https://doi.org/10.1021/jf0614140>
- Chirinos, R., Campos, D., Warnier, M., Pedreschi, R., Rees, J.-F., & Larondelle, Y. (2008). Antioxidant properties of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) phenolic extracts against oxidative damage using biological in vitro assays. *Food Chemistry*, 111(1), 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.038>
- Chiroque, D. (2017). “Degradación térmica de vitamina c en pulpa de mango (mangifera indica l.) variedad haden y predicción microbiológica de vida útil mediante modelo de Gompertz.” *Universidad Nacional de Piura*, 83.
- Cockbill, C. (1994). Food law and functional foods. *British Food*, 96(3), 3–4.
- Cook, N., & Samman, S. (1996). Flavonoids – Chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. *J. Nutr. Biochem*, 7, 66–67.
- Crozier, A., Jensen, E., Lean, M., & McDonal, M. (1997). Quantitative analyses of flavonoids by reversed-phase high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 761, 315–321.

- Dini, I. (2009). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Science and Technology*, 43, 447–451.
- Drago, M., López, M., & Saíenz, T. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58–68.
- Eiro, M., & Heinonen, M. (2002). Anthocyanin Color Behavior and Stability during Storage: Effect of Intermolecular Copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7461–7466. <https://doi.org/10.1021/jf0258306>
- Entrala, A. (1994). *Manual de Dietética*. Madrid, España: A. Médica.
- Espin, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). Caracterización Físico–Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In *Raíces y tubérculos andinos: Alternativas de conservación y usos sostenible en el ecuador*. (pp. 91–111). Quito, Ecuador - Lima, Perú: INIAP y CIP.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. 2da. (ed.) Zaragoza, España: Acribia.
- Gallegos, J., Rocha, N., González, R., & García, M. (2012). Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*). *CyTA Journal of Food*, 11(2), 162-170.
- García, M. (2004). *Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales*. (tesis pregrado), Unaversidad Autónoma de Querétaro, Mexico.
- Gonzales, S., Almanza, J., Oros, R., & Devaux, A. (2003). *Producción de oca (Oxalis tuberosa), papalisa (Ullucus tuberosus) e isaño (Tropaeolum tuberosum): Avances en la investigación del manejo agronómico 22ava (ed.)*. Cochabamba, Bolivia: PROINPA.
- González, M., Muñiz, P., & Valls, V. (2001). *Actividad antioxidante de la cerveza: estudios in vitro e in vivo*. <http://www.cervezaysalud.es/wp-content/uploads/2015/05/estudio>
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C., & Hermann, M. (2003). Mashua, *Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pav. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected

- crops. In *Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*. 25. (Issue January 2003). www.ipgri.cgiar.org
- Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M. Á., Ponce-Pardo, J., & Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57–60. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08>
- Heim, K., Tagliaferro, A., & Bobilya, D. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional*, 13, 572–584.
- Huaccho, C. (2016). *Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón)* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2844/Q04-H833-T.pdf?sequence=1>
- Huang, D., & Prior, R. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841–1856.
- Hurtado, N., & Pérez, M. (2014). Identificación, Estabilidad y Actividad Antioxidante de las Antocianinas Aisladas de la Cáscara del Fruto de Capulí (*Prunus serótina* spp capuli (Cav) Mc. Vaug Cav). *Información Tecnológica*, 25(4), 131–140. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400015>
- Jesse, F., & Gregory, I. (2000). Vitaminas. In 2da (Ed.), *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Kumarappan, C., Thialagam, E., & Mandal, S. (2012). Antioxidant activity of polyphenolic extracts of *Ichnocarpus frutescens*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19, 349-355.
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>

- Lešková, E., Kubíková, J., Kováňíková, E., Košická, M., Porubská, P., & Holíková, K. (2006). Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*, *19*, 4.
- Luna, J., Sánchez, T., & Montenegro, M. (2017). Desarrollo De Un Modelo Matemático Que Permita Predecir El Cambio Del Contenido De Vitamina C En Una Matriz Alimenticia Sometida a Tratamientos Térmicos Con Diferentes Condiciones. *Alimentos Hoy*, *24*(39), 103–116. <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/409/339>
- Lutsenko, E. A., Carcamo, J. M., & Golde, D. W. (2002). Vitamin C Prevents DNA Mutation Induced by Oxidative Stress. *Journal of Biological Chemistry*, *277*(19), 16895–16899. <https://doi.org/10.1074/jbc.M201151200>
- Mamani, J., & Arias, E. (2011). *Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa natia del genero Solanum de pulpa azul y roja* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Sicuani, Perú. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/1094/253T20110071.pdf?sequence=1>
- Martinez–Valverde, L., Periago, M., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *50*(1), 2000.
- Matilla, P., Astal, J., & Kumpdanen, J. (2000). Determination of flavonoids in plant material by HPLC with diodo-array and electro-array detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*, 5834–5841.
- Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesado*. Zaragoza, España: Acribia.
- Mendoza, F., Arteaga, M., & Perez, O. (2016). Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Mangifera indica* L.) y lactosuero. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *18*(1), 125. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:563

- Merken, M., & Beecher, R. (2000). Measurement of food flavonoids by high performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 577-599.
- Monteros, A. (1996). *Estudio de la variación morfológica e izoenzimática de 78 entradas de mashua (Tropaelum Tuberosum)*. (Tesis pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Moquegua, J. (2012). *Tubérculos y raíces*. Disponible en: FAO.
- Nicoli, M., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 94–100. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00023-0)
- Ordóñez, L., Ospina, M., & Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigacion*, 10(2), 44–51.
- Padilla, F., Rincon, A., & Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58,303–308.
https://www.researchgate.net/profile/Mariela_Rincon/publication/237696788_Contentido_de_polifenoles_y_actividad_antioxidante_de_varias_semillas_y_nueces/links/00b4952643d572bc78000000/Contenido-de-polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-varias-semillas-y-n
- Paladino, S. (2008). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la Vid (Vitis vinifera I.)*. (Tesis posgrado) Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Peña, C., & Restrepo, L. (2003). Compuestos Fenólicos y Carotenoides en la Papa. *Actualización En Nutrición*, 4(1).
- Peñarrieta, M., Alvaro, J., Kesson, B., & Bergenst, B. (2007). Spectrophotometric methods for the measurement of total phenolic compounds and Total Flavonoids in Foods. *Rev. Bol. Quim.*, 24, 5–9.
- Pokorny, J., Yanishleva, N., & Gordon, M. (2005). *Antioxidantes de los Alimentos*, 1ra (ed.). Zaragoza, España: Acribia.

- Rice-Evans, C. (1996). Structure Antioxidant Activity Relation Ship of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biology & Medicine*, 20(7), 933–956.
- Ríos, C. (2004). *Contribución al estudio de algunos compuestos bioactivos y de la capacidad antioxidante presente en diez genotipos de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón) y a la evaluación de su estabilidad*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=tesispe.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006884>
- Robins, R. (2003). Phenolic acids in food: an overview of analytical methodology. *Agricultural Food Chem*, 51.
- Santayana, M. (2018). *Efecto del estrés abiótico post-cosecha en la síntesis de metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de Mashua morada (Tropaeolum tuberosum)*. Universidad Nacional Agraria la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3775>
- Scott, F., Lee, N., Mongeau, R., Hidiroglou, N., L'abbé, M., Sarwar, A., & Peace, R. (1996). Recommendations for defining and dealing with functional foods. *Bureau of Nutritional Sciences*.
- Spáčil, Z., Novóková, L., & Solich, P. (2008). Analysis of phenolic compounds by high performance liquid chromatography. *Talanta*, 76, 189-199.
- Stephen, A. (1996). Functional and Medical Foods,. *Journal of Nutraceuticals*, 1, 103.
- Suquilanda, B. (2009). *Producción orgánica de cultivos andinos*. 126, 199. http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organtica_de_cultivos_andinos.pdf
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guia de campo de los cultivos andinos*. 1ra. (ed.). Lima, Perú: FAO y ANPE.
- Temoche, A., Campos, G., Chirinos, R., & Cisneros, Z. (2004). Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Anales Científicos - Universidad Nacional Agraria La Molina*, 57, 229–247.



- Xammar, J., & Donnamaría, C. (2006). Acción farmacológica, biofísicoquímica y estructura dinámica de la Vitamina C. *Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos*, 25(1), 145–154.
- Yapuchura, R. (2010). *Estudio de los componentes antioxidantes de las hojas de muña (Minthostachys mollis (Kunth) Griseb.) e Inca muña (Clinopodium bolivianum (Benth.) Kuntze)*. (Tesis posgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1700>

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de la humedad

El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.

Procedimiento

Efectuar el análisis en duplicado. Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.

Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1).

Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).

Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.

Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.

Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

Calculo y expresión de resultados

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

donde:

m₁: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

m₂: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos m₃: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos.

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales. Repetitividad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

En el informe de resultado, se indicará método utilizado, identificación de la muestra, temperatura, tiempo de secado y resultado promedio obtenido de las muestras en duplicado.

Anexo 2. Determinación de la vitamina C

El ácido ascórbico predecesor de la vitamina C se determinó por el método volumétrico del 2,6-diclorofenolindofenol según el método 967.21 de la AOAC. El análisis implica la oxidación del ácido ascórbico con un colorante redox, como el 2,6-diclorofenolindofenol (azul en medio básico y rojo en medio ácido), el cual se reduce en presencia de un medio ácido, a un compuesto incoloro.

Anexo 3. Curvas estándares

Curva estándar para el ABTS

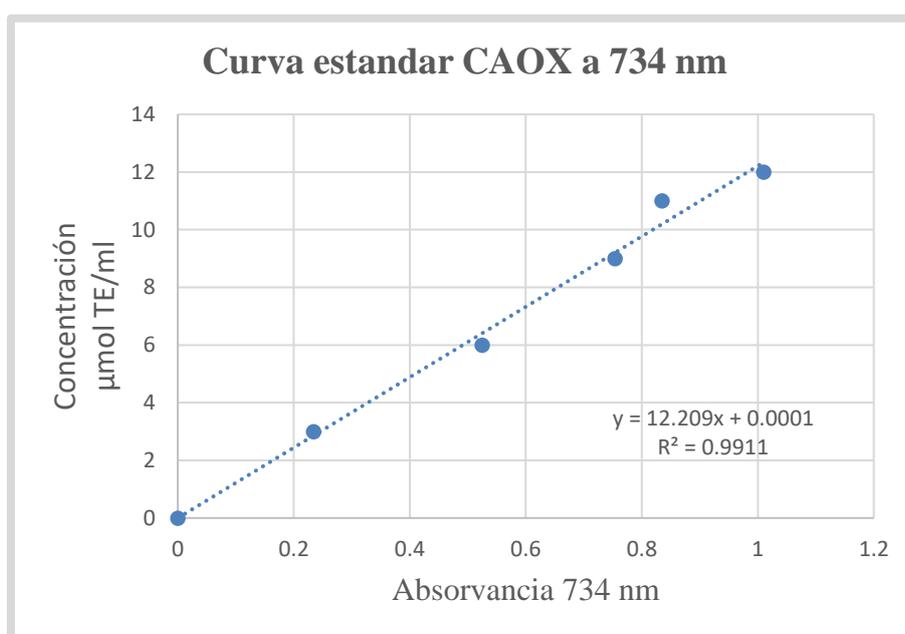


Figura 10. Ajuste de la curva estándar para la capacidad antioxidante

Ecuación de la curva estándar

$$Y = 0.0001 + 12.209X$$

Y: Diferencia de absorbancia

X: μmol de TE/ml

Rango de lectura: 0.1000 – 0.8500

Anexo 4. Curva estándar para polifenoles totales.

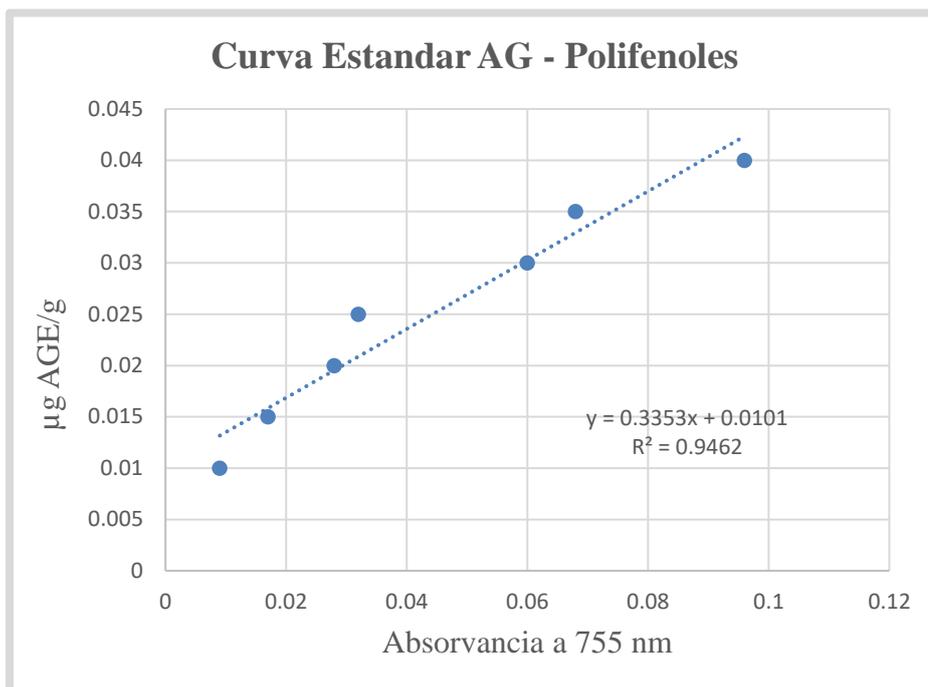


Figura 11. Ajuste de la curva estándar del Ácido gálico.

Ecuación de la curva estándar

$$Y = 0.0101 + 0.3353X$$

Y: Diferencia de absorbancia

X: mg de AGE/g

Rango de lectura: mayor a 0.800

Anexo 5. Resultados de los análisis

Resultados de los análisis, análisis de varianza, regresión, correlación y prueba de normalidad para polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C.

Tabla 12

Resultados del análisis del compuesto de polifenoles totales en la Mashua

Repetición	Día de observación	Absorvancia a 734 nm	Compuestos fenólicos/ g	Promedio
1		1.955	24.11	
2	0	2.150	26.56	25.881
3		2.183	26.97	
1		1.660	20.42	
2	10	1.667	20.51	20.444
3		1.659	20.41	
1		1.374	16.84	
2	20	1.655	20.36	17.262
3		1.195	14.59	
1		1.359	16.65	
2	30	1.360	16.66	16.657
3		1.360	16.66	
1		1.270	15.53	
2	40	1.300	15.91	15.934
3		1.336	16.36	

Fuente: Elaboración propia

* Se expresa en $mg\ AGE.g^{-1}$

Tabla 13

Análisis de varianza, comportamiento de los Polifenoles vs almacenamiento

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	168.2532338	168.253234	39.7992	2.7071E-05
Residuos	13	54.95807872	4.22754452		
Total	14	223.2113126			

Tabla 14

Coefficientes para polifenoles

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	23.97210108	0.919515581	26.0703588	1.3105E-12
Variable X 1	-0.236821476	0.037539066	-6.30866716	2.7071E-05

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente de correlación múltiple	0.868207652
Coefficiente de determinación R ²	0.753784528
R ² ajustado	0.734844876
Error típico	2.056099345
Observaciones	15

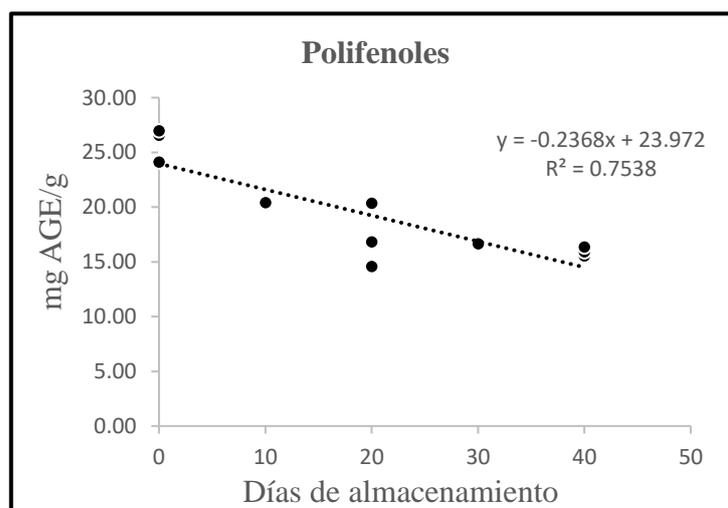


Figura 12. Tendencia lineal del comportamiento de los polifenoles.

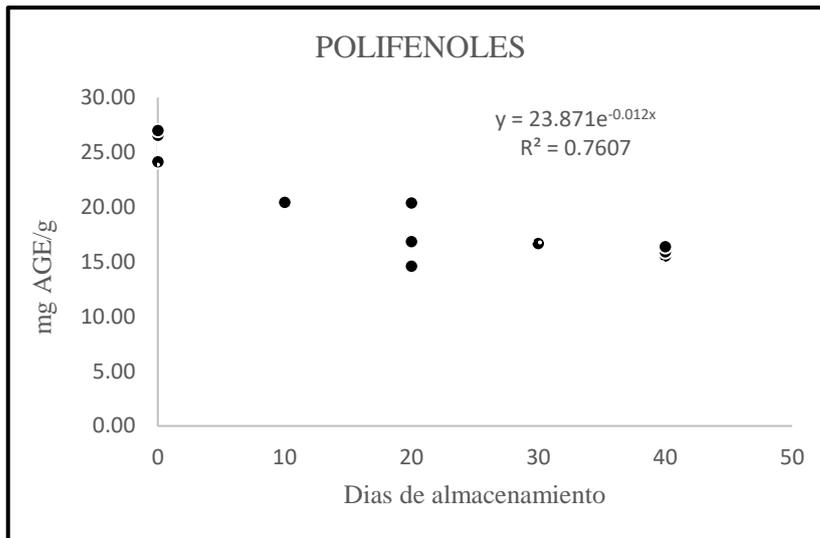


Figura 13. Tendencia exponencial del comportamiento de los compuestos fenólicos.

Tabla 15

Prueba de la normalidad para los resultados de polifenoles

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días de almac.	0,156	25	0,120	0,893	25	0,013
Polifenoles	0,197	25	0,014	0,927	25	0,072

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Tanto para los días de almacenamiento como para los resultados de los polifenoles el nivel de significancia es mayor a 0.01, por consiguiente, se deduce que los datos obtenidos en laboratorio siguen una tendencia normal.

Tabla 16

Correlación de Pearson Días de almacenamiento vs Polifenoles

Variables	Correlaciones	Días de almacenamiento	de Polifenoles
Días de almacenamiento	Correlación de Pearson	1	-0,86820**
	Sig. (bilateral)	-	0,000
	N	15	15
Polifenoles	Correlación de Pearson	-0,821**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	-
	N	15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).



La correlación de Pearson es de -0.868207, de acuerdo al baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0.7 a -0.89 correlación negativa alta) lo que indica que los polifenoles están en una correlación inversa con los días de almacenamiento; es decir que a mayor tiempo de almacenamiento menor será la concentración de compuestos fenólicos en la Mashua variedad *Yana añu*.

Tabla 17

Resultados de la capacidad antioxidante (CAOX) en la Mashua

Repetición	Día de observación	Absorvancia a 734 nm	Capacidad antioxidante/ g	Promedio
1		0.128	322.51	
2	0	0.130	321.60	321.750
3		0.131	321.14	
1		0.133	322.05	
2	10	0.138	319.77	320.990
3		0.135	321.14	
1		0.147	314.76	
2	20	0.157	310.19	312.018
3		0.155	311.11	
1		0.232	305.86	
2	30	0.231	306.32	306.012
3		0.232	305.86	
1		0.328	291.95	
2	40	0.313	298.79	296.356
3		0.314	298.33	

*Expresado en $\mu\text{mol de TE} \cdot \text{g}^{-1}$

Comportamiento de la capacidad antioxidante (CAOX) de la mashua variedad yana año durante.

Tabla 18

Análisis de varianza (ANVA) para el comportamiento de la CAOX

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
				151.1730	
Regresión	1	1297.506164	1297.50616	1	1.5604E-08
Residuos	13	111.5779867	8.58292206		
Total	14	1409.084151			

Tabla 19

Coefficientes para la CAOX

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	324.5783002	1.310184877	247.734733	2.8502E-25
Variable X 1	-0.657648884	0.053488074	-12.2952434	1.5604E-08

Coefficiente de correlación múltiple	0.959591185
Coefficiente de determinación R ²	0.920815243
R ² ajustado	0.914724107
Error típico	2.929662448
Observaciones	15

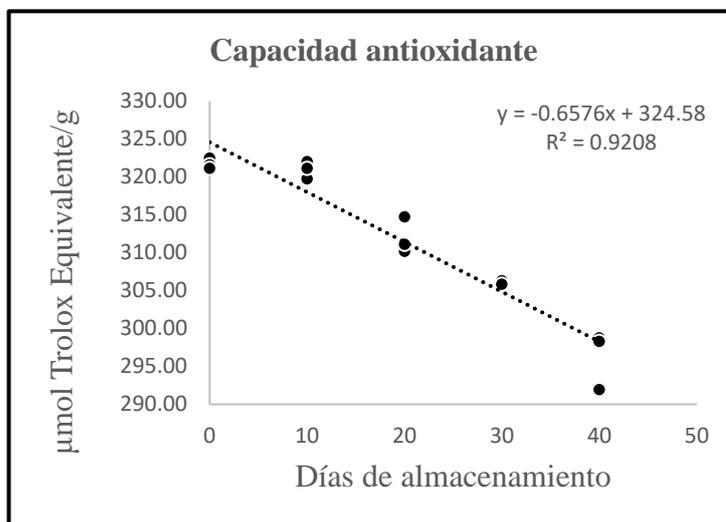


Figura 13. Línea ajustada para la capacidad antioxidante frente a días de almacenamiento.

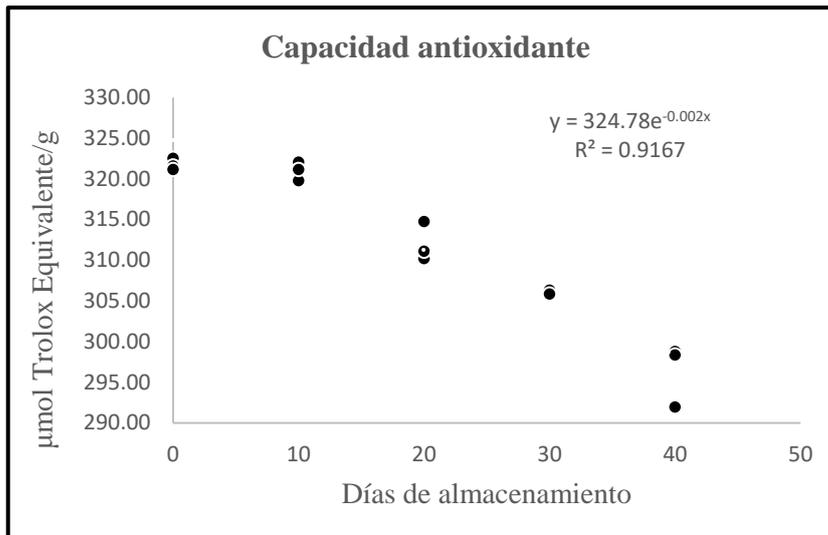


Figura 15. Tendencia exponencial de la CAOX en la Mashua variedad Yana año.

Tabla 20

Prueba de la normalidad para los resultados de CAOX

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días de almac.	0,156	2 5	0,120	0,893	25	0,013
CAOX	0,203	2 5	0,010	0,908	25	0,027

a. Corrección de significación de Lilliefors.

El nivel de significancia es mayor a 0.01 tanto para los días de almacenamiento como para los resultados de la capacidad antioxidante CAOX, por consiguiente, se deduce que los datos obtenidos en laboratorio siguen una tendencia normal.

Tabla 21

Correlación de Pearson días de almacenamiento vs CAOX

Variables	Correlaciones	Días de almacenamiento	Polifenoles
Días de almacenamiento	Correlación de Pearson	1	-0,944**
	Sig. (bilateral)	-	0,000
	N	25	25
Polifenoles	Correlación de Pearson	-0,944**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	-
	N	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Pearson es de -0.944, de acuerdo al baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0.9 a -0.99 correlación negativa grande y perfecta) lo que indica que la capacidad antioxidante está en una correlación inversa casi perfecta con los días de almacenamiento; es decir que a mayor tiempo de almacenamiento mucho menor será la capacidad antioxidante de la Mashua variedad *Yana añu*.

Tabla 22

Resultados del contenido de vitamina C en la variedad Yana ñu

Variedad	Días en almacenamiento	% humedad	Promedio de la Humedad	mg. Ac. Ascórbico/ 100 ml	Promedio contenido Vitamina C
Yana ñu	0 Días	85.49	86.464	78.40	77.824
		86.85		76.80	
		86.47		77.12	
		87.14		77.76	
		86.37		79.04	
Yana ñu	10 Días	86.09	86.028	61.76	61.706
		85.06		61.12	
		85.91		61.49	
		86.03		61.76	
		87.05		62.40	
Yana ñu	20 Días	84.71	85.236	59.38	56.97
		86.33		55.10	
		84.39		57.35	
		87.12		56.75	
		83.63		56.27	
Yana ñu	30 Días	83.70	82.225	47.02	46.947
		82.35		45.98	
		80.31		48.52	
		81.22		46.24	
		83.54		46.98	
Yana ñu	40 Días	79.92	79.214	39.38	36.924
		78.88		35.10	
		79.75		37.13	
		77.82		36.78	
		79.70		36.23	

*Expresado en mg de ácido ascórbico/100 ml.

Tabla 23

Análisis de varianza (ANVA) para la Vitamina C frente al almacenamiento

<i>Fuente</i>	<i>G.L.</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	4661.7236	4661.72368	743.1599	5.1598E-19
Residuos	23	144.27533	6.27284061		
Total	24	4805.9990			

Tabla 24

Coefficientes para la Vitamina C

<i>Parámetros</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	324.5722179	1.12027953	289.724314	1.7753E-42
Variable X 1	-0.629062066	0.04573522	-13.754434	1.3863E-12

Coefficiente de correlación múltiple 0.984875707
 Coeficiente de determinación R² 0.969980157
 R² ajustado 0.968674947
 Error típico 2.504563956
 Observaciones 25

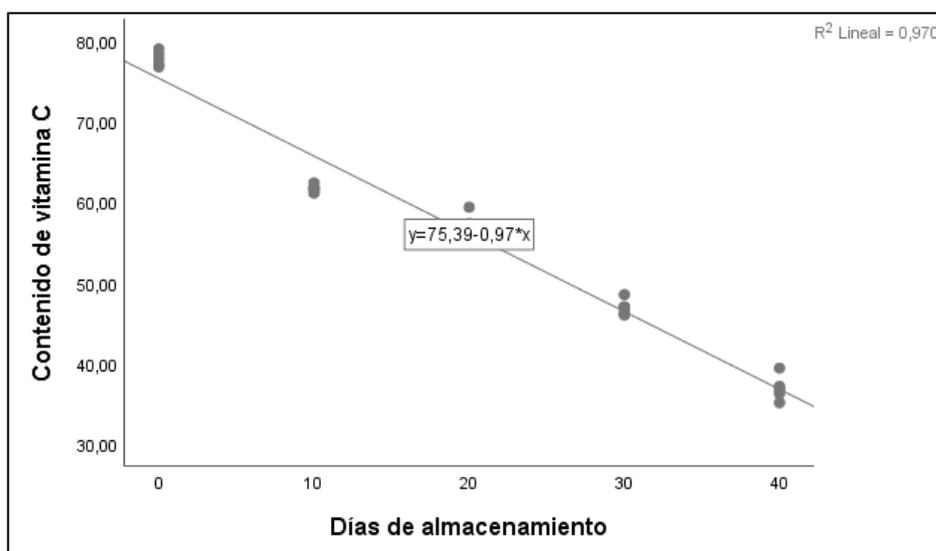


Figura 16. Línea ajustada para el contenido de la vitamina C en la Mashua.

Tabla 25

Prueba de la normalidad para los resultados de Vitamina C

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días de almac.	0,156	25	0,120	0,893	25	0,013
Vitamina C	0,128	25	0,200*	0,923	25	0,061

a. Corrección de significación de Lilliefors. *Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Tanto para los días de almacenamiento como para los resultados de la capacidad antioxidante CAOX el nivel de significancia es mayor a 0.01, por consiguiente, se deduce que los datos obtenidos en laboratorio siguen una tendencia normal.

Tabla 26

Correlación de Pearson, días de almacenamiento vs contenido de Vitamina C

Variables	Correlaciones	Días de almacenamiento	Polifenoles
Días de almacenamiento	Correlación de Pearson	1	-0,985**
	Sig. (bilateral)	-	0,000
	N	25	25
Vitamina C	Correlación de Pearson	-0,985**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	-
	N	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Pearson es de -0.985, de acuerdo al baremo de coeficiente de correlación, este valor está dentro del rango (-0.9 a -0.99 correlación negativa grande y perfecta) lo que indica que el contenido del ácido ascórbico en la Mashua variedad *Yana añu*, está en una correlación inversa casi perfecta con los días de almacenamiento; es decir que a mayor tiempo de almacenamiento mucho menor será el contenido de vitamina C.

Anexo 6. fotos

Fotos, izquierda Espectrofotómetro 4802 UV/VIS DOUBLE VEAM (Marca UNICO), usado para los análisis de los polifenoles y CAOx ubicado en el Laboratorio de Nutrición y alimentación de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial. Derecha realización in situ de los análisis por parte del tesista.



Fotos: Izquierda abajo, lectura de la absorbancia de las muestras en estudio; derecha abajo, ampliación de la pantalla de la lectura de las absorbancias durante los días de análisis en laboratorio.



Fotos: Izquierdo tamaño máximo de la Mashua 13.5 cm; derecho, muestras utilizadas en el análisis de laboratorio en el presente estudio.



Fotos: Izquierdo abajo, venta del producto variedad *Yana añu* junto al olluco en la feria sabatina de Puno. Derecha abajo, reactivo ABTS utilizado en los análisis de los compuestos funcionales



Anexo 7. Software para calcular la humedad relativa del almacenamiento de la Mashua

Psicrometría		
Datos		
Unidades:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> Ing.
Parámetros	Valor	Unidad
Temperatura:	14.5	C
Temp. b. húmedo:	10.3	C
Humedad relativa:	65.70448089755	%
Punto de rocío	8.197529776600	C
Altitud SNM	3825	m
<input type="button" value="Calcular"/>		
Resultados		
Presión Atmosférica	0.623913183980	bar
Pv sat	16.51296216010	mbar
Pv	10.84975606810	mbar
Humedad absoluta	0.011007912015	kg/kg
Entalpía	42.40656560810	kJ/kg
Volumen específico	1.345473742071	m3/kg

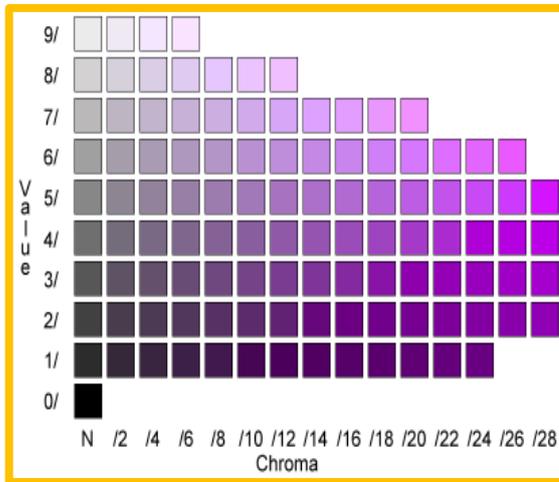
Fuente: On line, <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/CartaPsy.htm>

Anexo 8. Escala correlación de Pearson

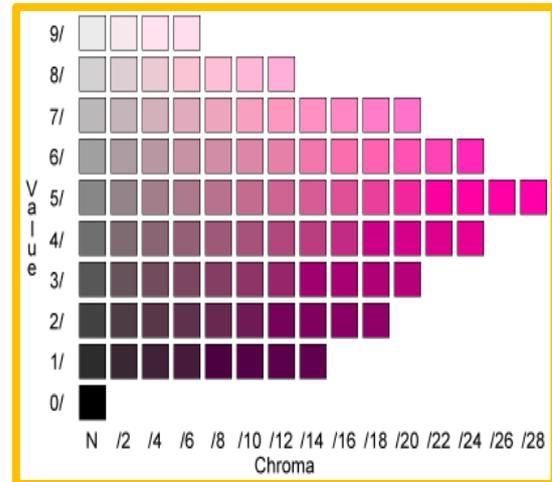
Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>

Anexo 9. Sistema de color Munsell



(a)

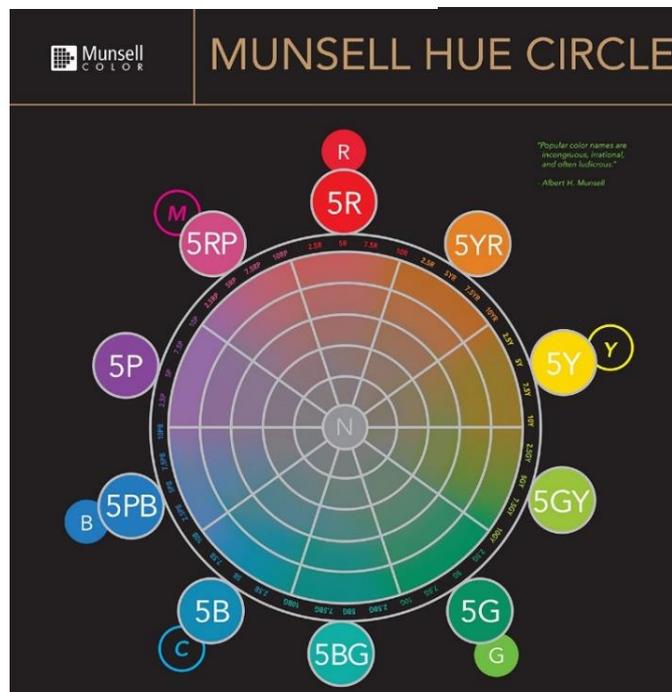


(b)

Fuente (a): On line, <http://facweb.cs.depaul.edu/sgrais/images/ColorMunsell/s5p.png>

Fuente (b): On line, <http://facweb.cs.depaul.edu/sgrais/images/ColorMunsell/s5rp.png>

Anexo 10. Circulo Munsell Hue



Fuente: <https://munsell.com/color-blog/munsell-hue-circle-poster/>

Anexo 11. Informe de análisis de laboratorio.



Universidad Nacional del Altiplano Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP. 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0144-2019-LENA-EPIA

SOLICITANTE : ROGER, GOMEZ MAMANI
 PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 ESCUELA DE POSGRADO
 MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
 MENSION : POSCOSECHA Y MARKTING
 PROYECTO : EFECTO DE LA VARIACION DE LA HUMEDAD DURANTE LA
 POSCOSECHA SOBRE LOS COMPUESTOS FUNDAMENTALES DE
 LA MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* R&P) VARIEDAD YANA ANU.
 ENSAYO SOLICITADO : -FENOLES TOTALES
 -CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (CAOX)
 -VITAMINA C
 -HUMEDAD
 FECHA DE MUESTREO : 05 de Junio del 2019
 FECHA DE RECEPCION : 08 de Junio del 2019
 FECHA DE PRIMER ENSAYO : 08 de Junio del 2019
 FECHA DE SEGUNDO ENSAYO : 18 de Junio del 2019
 FECHA DE TERCER ENSAYO : 28 de Junio del 2019
 FECHA DE CUARTO ENSAYO : 08 de Julio del 2019
 FECHA DE QUINTO ENSAYO : 18 de Julio del 2019
 FECHA DE EMISION : 22 de Julio del 2019



RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS DE COMPUESTOS FENOLICOS TOTALES

REPETICION	DIAS DE OBSERVACION	ABSORVANCIAS A 734 nm	CONPUESTOS FENOLICOS/g	PROMEDIO
1	0	1.955	24.11	26.099
2		1.949	24.04	
3		2.330	28.81	
4		2.150	26.56	
5		2.183	26.97	
1	10	1.660	20.42	20.422
2		1.634	20.09	
3		1.681	20.68	
4		1.667	20.51	
5		1.659	20.41	
1	20	1.870	23.05	17.583
2		1.074	13.08	
3		1.374	16.84	
4		1.655	20.36	
5		1.195	14.59	
1	30	1.359	16.65	16.665
2		1.361	16.67	
3		1.360	16.66	
4		1.362	16.69	
5		1.360	16.66	
1	40	1.270	15.53	15.749
2		1.090	13.28	
3		1.300	15.91	
4		1.440	17.66	
5		1.336	16.36	





RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (CAOX)

REPETICION	DIAS DE OBSERVACION	ABSORVANCIAS A 734 nm	CONPUSTOS FENOLICOS/g	PROMEDIO
1	0	0.125	323.88	321.963
2		0.128	322.51	
3		0.130	321.60	
4		0.131	321.14	
5		0.132	320.69	
1	10	0.130	323.42	321.051
2		0.133	322.05	
3		0.138	319.77	
4		0.140	318.86	
5		0.135	321.14	
1	20	0.136	319.77	313.113
2		0.147	314.76	
3		0.158	309.74	
4		0.157	310.19	
5		0.155	311.11	
1	30	0.232	305.86	305.586
2		0.230	306.77	
3		0.231	306.32	
4		0.238	303.12	
5		0.232	305.86	
1	40	0.328	291.95	298.242
2		0.313	298.79	
3		0.309	300.61	
4		0.309	301.52	
5		0.314	298.33	

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE VITAMINA C

VARIEDAD	DIAS EN ALMACENAMIENTO	% HUMEDAD	PROMEDIO DE HUMEDAD	mg. Ac. ASCORBICO/100ml	PROMEDIO CONTENIDO VITAMINA C
YANA AÑU	0 DIAS	85.49	86.464	78.40	77.824
		86.85		76.80	
		86.47		77.12	
		87.14		77.76	
		86.37		79.04	
YANA AÑU	10 DIAS	86.09	86.028	61.76	61.706
		85.06		61.12	
		85.91		61.49	
		86.03		61.76	
		87.05		62.40	
YANA AÑU	20 DIAS	84.71	85.236	59.38	56.97
		86.33		55.10	
		84.39		57.35	
		87.12		56.75	
		83.63		56.27	
YANA AÑU	30 DIAS	83.70	82.225	47.02	46.947
		82.35		45.98	
		80.31		48.52	
		81.22		46.24	
		83.54		46.98	
YANA AÑU	40 DIAS	79.92	79.214	39.38	36.924
		78.88		35.10	
		79.75		37.13	
		77.82		36.78	
		79.70		36.23	



RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

VARIEDAD	DIAS EN ALMACENAMIENTO	% HUMEDAD	PROMEDIO HUMEDAD	% MATERIA SECA	PROMEDIO MATERIA SECA
YANA AÑU	0 DIAS	85.49	86.464	14.51	13.536
		86.85		13.15	
		86.47		13.53	
		87.14		12.86	
		86.37		13.63	
YANA AÑU	10 DIAS	86.09	86.028	13.21	13.028
		85.06		13.64	
		85.91		12.08	
		86.03		13	
		87.05		13.21	
YANA AÑU	20 DIAS	84.71	85.236	15.29	14.764
		86.33		13.67	
		84.39		15.61	
		87.12		12.88	
		83.63		16.37	
YANA AÑU	30 DIAS	83.7	82.225	16.3	17.776
		82.35		17.65	
		80.31		19.69	
		81.22		18.78	
		83.54		16.46	
YANA AÑU	40 DIAS	79.92	79.214	20.08	20.786
		78.88		21.12	
		79.75		20.25	
		77.82		22.18	
		79.70		20.3	

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- COMPUESTO FENOLICO :PAREJO ET AL (2004) Y CHIRINOS ET AL. (2007)
- ANTIOXIDANTE :ABTS DESCRITO POR AMAO (2000)
- VITAMINA C :TITULACION VISUAL CON 2-6 DICLIFENOLINDIFENOL
- HUMEDAD :AOAC. 2002

CONCLUSIÓN : Los resultados de fenoles totales, capacidad antioxidante (CAPX), Vitamina C y Humedad están conformes.

Puno, C.U. 22 de Julio del 2019

Gonzalo Apust Aucu
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
C.I.P. 160625

JEFATURA
Alimentos Instrumentación
UNA PUNO
Dr. Luis Alberto Jimenez Montrey
C.I.P. 19512
FE DE LABORATORIO