

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



TESIS

**OBTENCION DE HARINA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) PARA
CONSUMO HUMANO EN SAN JERONIMO, K'AYRA – CUSCO**

PRESENTADO POR:

- Br. KLEVER ANDRE PARISACA LOPEZ.

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO.**

ASESOR:

Dra. CATALINA JIMENEZ AGUILAR

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: OBTENCION DE
HARINA DE MASHUA (TROPAEOLUM TUBEROSUM RUIZ &
PAVON) PARA CONSUMO HUMANO EN SAN JERONIMO, K'ASYRA -CUSCO
presentado por: KLEVER ANDRE PARISACO LOPEZ con DNI Nro.: 71906423
presentado por: con DNI Nro.:
para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRONOMO

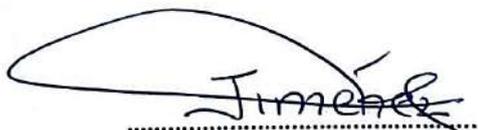
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 04%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 23 de Noviembre de 2023



Firma
Post firma..... Catalina Jiménez Aguilar

Nro. de DNI..... 23936715

ORCID del Asesor..... 0000-0002-1813-7756

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:225115683

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS KLEVER ANDRE PARISACA LOPE
Z.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

15373 Words

RECUENTO DE CARACTERES

87887 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

87 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.2MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 20, 2023 8:36 AM CST

FECHA DEL INFORME

Apr 20, 2023 8:38 AM CST**● 4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de Internet
- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Material citado

DEDICATORIA

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir este gran logro, mi gratitud inmensa por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia, formarme como persona y forjar en mi la disciplina y carácter para culminar mis metas.

A mi hermano Jharet por ser paciente conmigo y apoyarme incondicionalmente siempre, por ser para él una figura a quien seguir y enseñarme que no debo ceder nunca, pues hay alguien que sigue mis pasos como ejemplo y quien nunca ha dejado de creer en mí.

A mis amigos quienes incondicionalmente me apoyaron en mi larga formación académica y como persona, en mis proyectos y sueños. A ellos quienes supieron guiarme, acompañarme y nunca dejarme solo.

KLEVER

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia, a la Escuela Profesional de Agronomía y a sus docentes quienes con gran carácter y sabiduría impartieron en mi camino académico sus conocimientos y enseñanzas que me permitieron formarme como profesional.

A mi asesora, Dra. Catalina Jiménez Aguilar por su apoyo, orientación y tolerancia durante la ejecución del trabajo de investigación, quien con su dirección, conocimiento y colaboración permitieron la culminación de este trabajo.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vi
INTRODUCCION	1
I. PROBLEMA OBJETO DE LA INVESTIGACION	2
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Problemas específicos	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Justificación.....	3
III. MARCO TEORICO.....	4
3.1. Procesos de transformación.....	4
3.2. Efectos en la congelación de alimentos a deshidratar.....	6
3.3. Aspectos generales de secado/deshidratado.....	6
3.4. Ventajas y desventajas del deshidratado o secado.....	7
3.5. Rehidratación.....	7
3.6. Importancia para el consumo humano	8
3.7. Composición y valores nutricionales	9
3.8. Glucosinolatos	9
3.9. Efecto de refrigeración, sombra y soleado en la postcosecha de la mashua sobre los glucosinolatos	11
3.10. Efecto anticancerígeno de los isotiocianatos	12
3.11. Consumo tradicional	12
3.12. Origen y distribución de la mashua	14
3.13. Clasificación taxonómica.....	14
3.14. Variedades.....	15
3.15. Producción, rendimiento por hectárea y precio en chacra.	16
3.16. Zonas productoras de mashua en el Perú.....	17
3.17. Precios de mashua fresca en el mercado local	18
3.18. Épocas de siembra y cosecha.....	18

3.19.	Post cosecha.....	19
3.20.	Palatabilidad: factor determinante de la elección de alimentos.....	19
3.21.	Análisis sensorial de los alimentos.....	20
IV.	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	21
4.1.	Tipo de investigación:	21
4.2.	Ubicación espacial.....	21
4.3.	Materiales y metodología.....	22
4.4.	Descripción del proceso de la elaboración de la harina de mashua	31
4.5.	Descripción del proceso de obtención de composición química de muestras de tubérculos de mashua fresca y seca.	38
4.6.	Descripción del proceso de prueba de palatabilidad y aceptación de la harina de mashua.....	39
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1.	Resultados del procesamiento de la harina de mashua.....	41
5.2.	Resultados de análisis químico de muestras de tubérculos de mashua frescos y secos.	43
5.3.	Resultados de análisis de cuantificación de isotiocianatos.....	46
5.4.	Resultados de prueba de palatabilidad	49
VI.	CONCLUSIONES.....	50
6.1.	Sugerencias.....	51
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	52
ANEXO	57

RESUMEN

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia - Granja K'ayra cuyos objetivos a evaluar fueron: Determinar el los resultados del procesamiento de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) en harina para consumo humano mediante procesos rústicos y al alcance de todos, también analizar los valores nutricionales mediante análisis químico de 100gr de muestra fresca de tubérculos de mashua y 100gr de tubérculos secos de mashua, después evaluar la palatabilidad de la harina de mashua con el público consumidor mediante la preparación de mazamorra de harina de mashua, este trabajo tuvo un diseño de investigación aplicada - no experimental y descriptiva donde se desarrolló procesos de transformación de acuerdo a los objetivos, posterior a estas evaluaciones se llegó a los siguientes resultados:

Después del proceso de transformación de tubérculos frescos de mashua en harina con métodos registrados como el congelado, remojado y secado a luz solar para luego ser molido, se registró una pérdida del 88% del peso total de 100kg. Después del secado y la molienda se obtuvo 12kg de harina fina de color crema blanquecina, sin presencia de sabor picante y libre de grumos y con un olor azufrado leve.

En los análisis químicos de muestras de tubérculos frescos y secos de mashua, los resultados de la presente investigación registró un alto contenido de ácido ascórbico y grasa y el contenido más resaltante son los carbohidratos y proteínas, estos resultados también son consistentes con estudios referenciales; como complemento tenemos los resultados del contenido de isotiocianatos en muestra seca de mashua que es de 567 miligramos/kilogramo consistente con valores referenciales de glucosinolatos totales entre 104 a 656 miligramos/kilogramo de isotiocianatos en base seca.

En el caso de las pruebas de palatabilidad el puntaje de los resultados arrojó un promedio 81.67% de aceptación en las cartillas de evaluación, demostrando que a un gran porcentaje de los evaluados les pareció agradable la mazamorra de harina mashua, esto obtenido del promedio del puntaje total de las 100 personas evaluadas.

Palabras claves: Isotiocianatos, glucosinolatos, mashua, harina.

INTRODUCCION

El Perú tiene la mayor diversidad de cultivos andinos en toda la región, todas conocidas y muy consumidas, cultivos que poseen una gran variedad de propiedades nutricionales y medicinales como es el caso de la papa, olluco y oca. En este caso hablaremos de la mashua, este cultivo posee características medicinales y nutricionales muy reconocidas incluso desde las épocas del imperio incaico, con propiedades medicinales antiinflamatorias altamente demandadas en la sociedad de hoy en día, lo que la hace un cultivo de mucha importancia.

No obstante, la mashua posee un sabor agudo y picante no muy agradable al paladar del consumidor y por ende de difícil comercialización que limita la producción rural siendo solo para autoconsumo, así mismo el poco conocimiento científico de este cultivo y de sus componentes hace aún más vulnerable a ser olvidado.

Por otra parte, la producción agraria de este tubérculo en la región Cusco hasta el 2018 es mínima comparado a la papa y olluco que superan por mucho en rendimiento de producción por ha, teniendo la mashua una producción de 98.00Tn por campaña comparado con la Papa con 7176.00Tn, Olluco 166.00Tn y Oca con 330.00Tn, esto demostrando el bajo interés y apoyo en la producción de este producto.

La finalidad de este proyecto de investigación es evaluar los procesos de transformación de la mashua y presentar un valor agregado para la venta al alcance de los pequeños agricultores y un mejor aprovechamiento de sus propiedades por el público o mercado consumidor, así mismo presentar una nueva forma de ingresos económicos a los productores locales, también busca restaurar las buenas costumbres de consumo y aprovechamiento de sus múltiples propiedades beneficiosas en la salud humana con el procesamiento de la mashua en harina para lograr una aceptación en el mercado consumidor.

EL AUTOR

I. PROBLEMA OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

La producción y comercialización de los tubérculos de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) en el Perú es limitada por presentar tubérculos con sabor picante; por consiguiente, esto le da un índice mínimo de demanda en el mercado para el consumidor y su difícil transporte para comercio del tubérculo fresco de mashua causándole daño a su estructura y calidad por poseer en su contenido una gran cantidad de agua, siendo la gran parte de la producción solo para autoconsumo en su forma tradicional, debido a que no se encuentran métodos adecuados de transformación de la mashua en harina para consumo humano, esto a nivel del pequeño agricultor. Así mismo la escasa información sobre las propiedades bioactivas nutritivas y medicinales que tiene el producto, se promueve el interés por el consumo de tubérculos de esta especie.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo será la obtención de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) para consumo humano en San Jerónimo, K'ayra – Cusco?

1.3. Problemas específicos

- a. ¿Cuánto es la pérdida de peso de tubérculo fresco de mashua en la obtención de harina?
- b. ¿Cuál es la variación de la composición química en 100 gr de muestra de tubérculos secos comparado con muestras de tubérculos frescos de mashua?
- c. ¿Cuáles serán los resultados de realizar la prueba de palatabilidad preparado con harina de mashua?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Obtener harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) para consumo humano.

2.2. Objetivos específicos

- a. Determinar cuánto es la pérdida de peso de tubérculo fresco de mashua en la obtención de harina.
- b. Analizar la variación de la composición química en 100gr de muestra de tubérculos secos comparado con muestras de tubérculos frescos de mashua.
- c. Evaluar la palatabilidad de la harina de mashua y la aceptación con el público objeto de evaluación.

2.3. Justificación

El presente trabajo de investigación pretende incentivar el aumento en la producción agrícola y comercialización del tubérculo de mashua mediante el procesamiento en harina para consumo humano, brindando como alternativa el uso de procesos al alcance del agricultor. También incentivar mediante el consumo de la harina de mashua, el aprovechamiento de las bondades nutritivas y medicinales que posee, tales como las propiedades antiinflamatorias de próstata y preventivas de la formación de tumores cancerígenos por el contenido de isotiocianatos que posee este producto andino y el fácil almacenaje que proporciona el estado deshidratado del producto.

De la misma manera, este proceso de transformación permitirá que el agricultor obtenga mayores ingresos económicos e incentivar la transformación y comercio del producto. En este sentido, los resultados permitirán brindar soluciones sobre la problemática antes mencionada mediante la transformación de tubérculos de mashua en harina para consumo humano, este trabajo servirá de base para realizar posteriores estudios sobre el procesado de harina de mashua y/o derivados en la región Cusco.

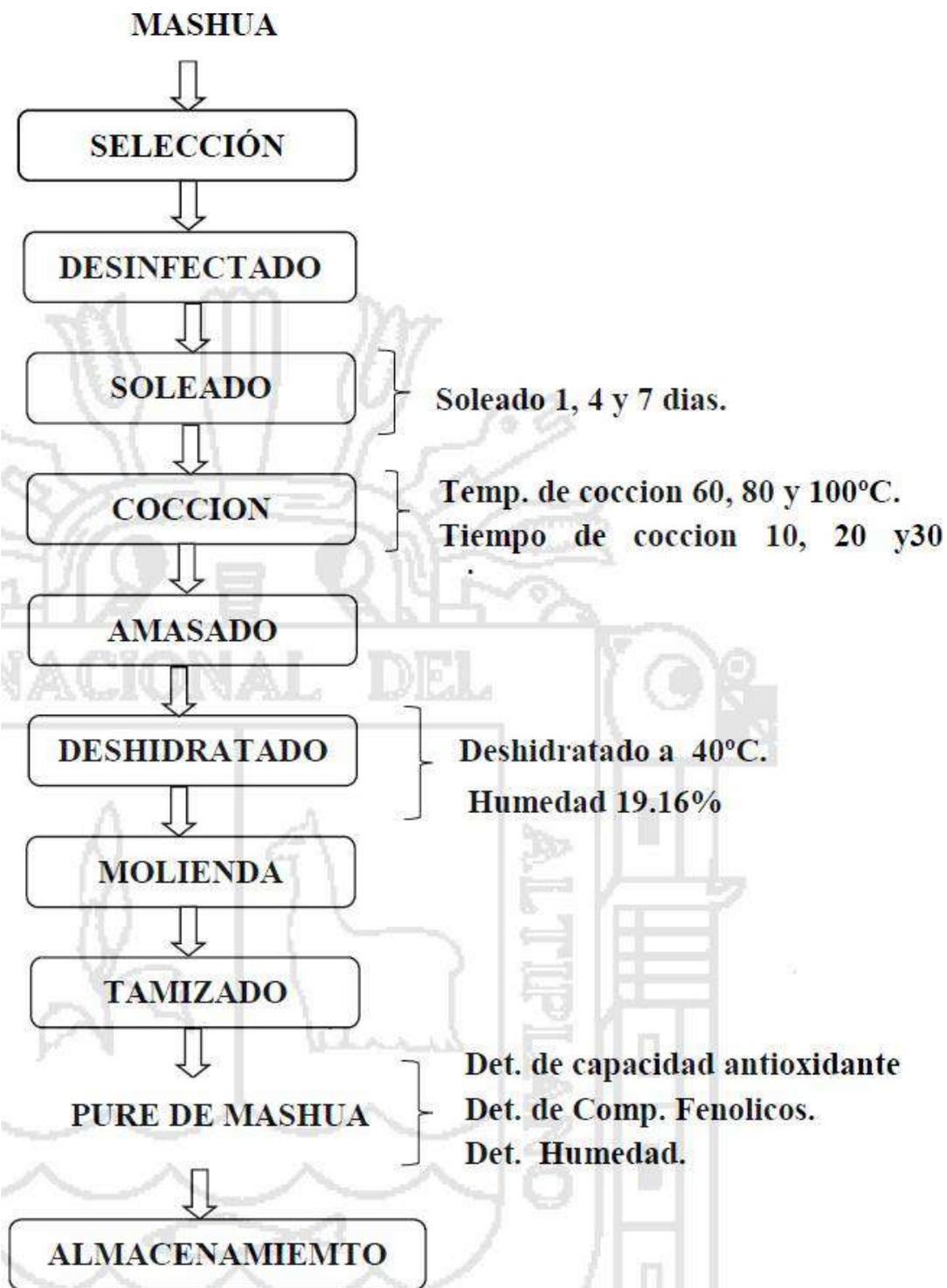
III. MARCO TEÓRICO

3.1. Procesos de transformación

Medina (2018) nos muestra el proceso de transformación de la mashua en harina paso a paso de manera resumida.

1. Recepción: Se recibe los tubérculos de mashua.
2. Selección: Se efectúa de forma manual, con la finalidad de eliminar los tubérculos malos como perforaciones por insectos, golpes y manchas verdes.
3. Lavado: Se realiza con agua limpia mediante aspersión y una escobilla para remover las impurezas adheridas al tubérculo.
4. Cortado: Se rebana la mashua en rodajas.
5. Escaldado: Las rebanadas de mashua se escaldan con una solución de Ácido Cítrico al 0.4% con una proporción de 5 kilos de mashua en 10 litros de la solución a 90°C por 4 minutos con el propósito de eliminar el sabor picante del tubérculo.
6. Enfriamiento: Las rebanadas después del escaldado se enfrían en agua fría, con el fin de detener su cocción.
7. Secado: Las rebanadas de mashua ya enfriadas se procede a secar en un deshidratador industrial por 4 horas a 70°C hasta obtener un secado uniforme.
8. Molienda: Las rebanadas de mashua ya secadas se someten a una molienda en molinos de rodillos para obtener una harina fina.
9. Tamizado: La harina de mashua ya obtenida de la molienda se procede a tamizar, en las mallas Tyler de diferentes medidas hasta obtener un espesor de 150 μm , obteniendo una harina fina usual para el uso de pastelería.
10. Envasado: La harina de mashua se envasó en bolsas de polietileno de alta densidad de dos kilos para su mejor conservación.

Figura 1: Diagrama de flujo para la obtención del puré deshidratado de mashua.



Fuente: Pacco (2015).

3.2.Efectos en la congelación de alimentos a deshidratar

Orrego (2008) nos dice que cuando se congelan materiales biológicos sólo cristaliza entre el 90 y 95% del agua líquida presente en el alimento.

Madrid; Regidor, (2003) citado por Alcalá et al (2012) indican que la congelación puede ser lenta o rápida. En la congelación lenta se forman grandes cristales de hielo que producen roturas celulares. La congelación rápida, por el contrario, forma pequeños cristales que respetan en gran medida la estructura original de los alimentos. A esta congelación se le conoce como ultracongelación y se realiza en corto tiempo, alrededor de 120 min, dependiendo de los sistemas empleados.

King (1971) citado por Orrego (2008) indica que cuando una muestra se congela con sobre enfriamiento, la fase sólida presenta tanto cristales como fase vítrea o amorfa. Con una congelación lenta se incrementa la formación de grandes cristales; para el caso de productos que deban preservar la integridad de las membranas celulares esta situación representa un grave problema, pues los cristales las rompen con las consecuencias en la preservación de la estructura original del material. El incremento de la velocidad de congelación hace que se enriquezca el sólido en fase amorfa con presencia de microcristales que hacen poco daño a las membranas celulares; sin embargo, simultáneamente se incrementa la presencia de agua no congelada atrapada en la zona vítrea que es difícil de retirar en el secado.

3.3.Aspectos generales de secado/deshidratado

Singh (2009) citado por Pacco (2015) dice que para eliminar la humedad de un alimento de manera eficaz debe tenerse en cuenta diversos procesos y mecanismos que tiene lugar en el producto. Estos tienen gran importancia en frutas y verduras en la que la retirada del agua puede modificar su estructura.

Brennan et al., (1980) citado por Pacco (2015) nos dice también que el secado se define como el proceso de eliminación, ya sea por evaporación o liofilización del contenido de agua presente en un tubérculo bajo condiciones continuas de temperatura y humedad debidamente controladas.

Fito et al., (2001) citado por Pacco (2015) comenta que el secado es una de las técnicas ampliamente utilizadas para la conservación de los alimentos desde los albores de la humanidad, proporcionando subsistencia en épocas de escasez.

Hatamipour y Mowla (2002) citado por Pacco (2015) menciona que actualmente el aire caliente, sigue siendo el método de deshidratación más usado en la industria alimentaria.

3.4. Ventajas y desventajas del deshidratado o secado

3.4.1. Ventajas

Barbosa y Vega (2000) citados por Pacco (2015) nos comenta que mediante la deshidratación los alimentos pueden ser conservados por largos periodos tiempo con un adecuado empaquetado, proporcionando esto también ventajas económicas por la reducción del peso y tamaño para el empaquetado.

Doymaz y Pala (2003) citados por Pacco (2015) también menciona que otra ventaja del deshidratado es que al reducir el contenido de humedad se previene el crecimiento de microorganismos minimizando los peligros de degradación.

3.4.2. Desventajas

Chou y Chua (2001) citados por Pacco (2015) nos dice que la estabilidad del producto es fuertemente afectada por las condiciones de secado a la que es sometida.

Lin *et al* (1998) citados por Pacco (2015) nos comenta también que el daño térmico en el producto en el proceso de secado es proporcional a la temperatura y tiempo de secado.

Zanomi *et al* (1999) citados por Pacco (2015) menciona que las temperaturas altas y el secado prolongado por mucho tiempo está asociada con los daños en el producto afectando el sabor, color y valores nutritivos.

3.5. Rehidratación

Lewicki (1998) citado por Alcalá et al (2012) nos dice que algunos alimentos deshidratados enteros, en trozos o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Es importante considerar que la rehidratación no es el proceso inverso a la deshidratación, ya que ambos fenómenos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos. Aquellos pretratamientos que contribuyen a mantener la integridad de los tejidos permiten evitar mayores pérdidas de sólidos solubles hacia el medio de rehidratación.

3.6. Importancia para el consumo humano

Grau et al (2003) citado por Villavicencio (2017) indica que la mashua es económicamente menos importante que los otros tubérculos andinos como la papa, la oca y el olluco.

Hernández y León (1992) citado por Pacco (2015) menciona que actualmente la mashua tiene poco valor comercial ya que no es muy apetecido porque tiene un sabor picante debido a los isotiocianatos.

Suárez y Saldaña (2013) citado por León (2017) nos dice que la mashua actúa contra la inflamación de la próstata (se recomienda su consumo por 15 días, luego pasar una semana, e iniciar nuevamente el tratamiento); es fuente de carbohidratos que provee de energía al cuerpo; es un antibiótico (actúa contra afecciones renales y del hígado y contra bacterias como el *Escherichia coli* y el *Staphylococcus*).

Ruíz y Pavón (2003) citado por León (2017) nos dice también que la mashua actúa eficazmente contra dolencias genitourinarias y contra la anemia, además de la inhibición de la capacidad sexual.

Salazar (2014) indica que al procesar la mashua se obtuvo una harina de calidad cuyas características fueron que su textura fue fina y libre de grumos. Al realizar el análisis bromatológico de la harina de mashua se observó que existe la presencia de fibra lo cual ayuda a mejorar la digestión de las personas en un 2.9% al contrario de la harina de trigo que no contiene fibra; se encuentra en un rango moderado de proteínas en 9.8% y no contiene grasas; dando como resultado una harina de calidad. Se reflejó a través de un test de aceptabilidad la acogida de la muestra 1 y 2 por parte de los profesionales panaderos puesto que fueron los más aceptados porque el productocumplió con las características organolépticas deseadas.

3.7. Composición y valores nutricionales

Cuadro 1: La composición de la mashua en 100 gramos de porción comestible en muestra fresca y muestra seca.

Componente	Contenido (g/100g de muestra húmeda)	Contenido (g/100g de muestra seca)
Agua (g)	87.4	-
Proteína (g)	1.5	9.17
Grasa (g)	0.7	-
Extracto etéreo (g)	-	4.61
Carbohidrato (g)	9.8	75.4
Fibra (g)	0.9	5.86
Ceniza (g)	0.6	4.81
Calcio (mg)	12	6
Fosforo (mg)	29	320
Hierro (mg)	1	4.2
Retinol (µg)	12	-
Carotenos (ER)	-	73.56*
Tiamina (mg)	0.1	-
Riboflavina (mg)	0.12	-
Acido ascórbico (mg)	77.5	77.37*

*valores expresados por cada 100g de muestra fresca.

Fuente: Espín *et al* (2001) citado por Ramón (2017).

3.8. Glucosinolatos

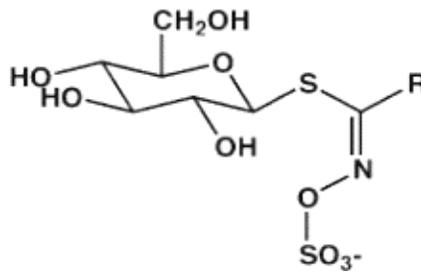
Ortega *et al* (2006) indica que los glucosinolatos son metabolitos secundarios, responsables del sabor picante y aroma sulfuroso que se produce como resultado del rompimiento en isotiocianatos.

Fahey *et al* (2001) citado por Arias (2011) postula que la aparente capacidad del cubio para controlar la enfermedades puede estar asociada con la presencia de metabolitos azufrados del tipo glucosinolatos, los cuales al parecer confieren resistencia a insectos herbívoros, hongos, bacterias, moluscos y microorganismos, cuyas propiedades defensivas se generan por una hidrólisis enzimática que libera compuestos volátiles, entre los que están los isotiocianatos, dependiendo de la estructura del glucosinolatos hidrolizado.

Li & Kushad (2004) citado por Arias (2011) nos dice que estos metabolitos secundarios, detectados por lo general en todos los órganos, son responsables del sabor picante y aroma sulfuroso de algunas plantas, que se produce como resultado de su rompimiento en isotiocianatos.

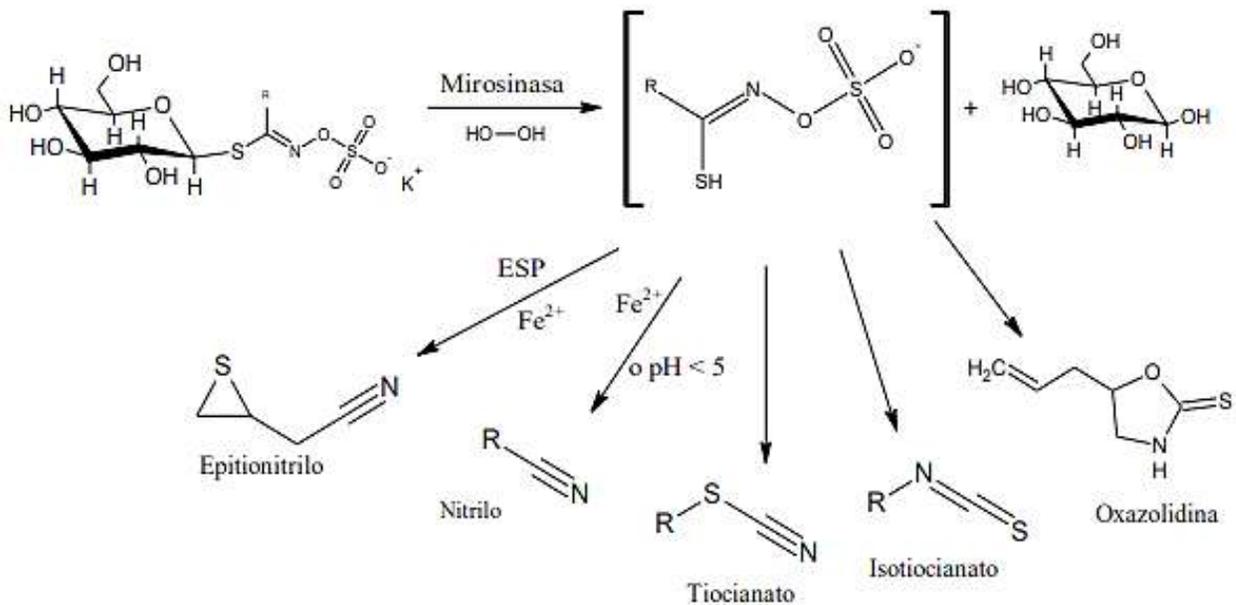
Li & Kushad (2004) citado por Arias (2011) nos dice por otra parte que los glucosinolatos se relacionan con la inactivación de enzimas de detoxificación de la fase II, tales como glutatión-S-transferasa, y por inhibición de enzimas de la fase I (enzimas del citocromo P450), las cuales están involucradas en la activación de carcinógenos químicos. Como resultado de la actividad de esta enzima se liberan glucosa, sulfato y varios compuestos tóxicos, entre los que están isotiocianatos.

Figura 2: Estructura química general de los glucosinolatos



Fuente: Arias (2011)

Figura 3: Productos de degradación de los glucosinolatos.



Fuente: Arias (2011)

3.9. Efecto de refrigeración, sombra y soleado en la postcosecha de la mashua sobre los glucosinolatos

Limaymanta C, E (2018) no dice que existe una diferencia significativa en el contenido total de glucosinolatos y el tipo de almacenamiento: siendo mayor el contenido en sombra, segundo en refrigeración y en menor contenido en soleado. Los resultados muestran una influencia significativa del tipo de almacenamiento y del tiempo de almacenamiento en el contenido de glucosinolatos totales de la mashua.

- El almacenamiento en refrigeración permitió la conservación de los niveles de glucosinolatos totales.
- El almacenamiento en sombra incrementó el contenido de glucosinolatos totales durante los primeros 6 días.
- El almacenamiento en soleado incrementó el contenido de glucosinolatos totales y hasta el día 3 luego descendiendo paulatinamente hasta el día 15.

Cuadro 2: Contenido de glucosinolatos ($\mu\text{mol/g}$ bs) en mashua almacenadas en refrigeración, sombra y soleado durante 15 días.

	GLUCOSINOLATOS TOTALES	GLUCOALISINA	GLUCOSINALBINA	GLUCOBRASICINA	GLUCOTROPAEOLINA	GLUCOAUBRIETINA
Días	Refrigeración					
0	54.19±0.82 ^{Ccd}	1.00±0.19 ^{ABCabc}	0.12±0.00 ^{ABCab}	0.09±0.02 ^{BCab}	0.17±0.00 ^{Bbcd}	52.80±0.98 ^{Ccd}
3	57.56±0.27 ^{AcD}	1.11±0.01 ^{Aabc}	0.14±0.02 ^{Aab}	0.12±0.00 ^{Aa}	0.19±0.00 ^{Aa}	56.01±0.28 ^{AcD}
6	75.78±4.77 ^{Ba}	1.19±0.05 ^{Abab}	0.16±0.03 ^{ABab}	0.13±0.00 ^{ABa}	0.18±0.01 ^{CDabc}	74.12±4.68 ^{Ba}
9	57.62±1.76 ^{Dcd}	0.96±0.04 ^{Cbc}	0.16±0.00 ^{ABCab}	0.11±0.00 ^{CDa}	0.15±0.00 ^{DEcf}	56.24±1.72 ^{Dcd}
12	78.38±0.35 ^{CDa}	1.36±0.02 ^{BCa}	0.14±0.00 ^{BCab}	0.13±0.00 ^{CDa}	0.18±0.00 ^{Cab}	76.56±0.33 ^{CDa}
15	49.57±6.60 ^{Ed}	1.06±0.16 ^{BCabc}	0.11±0.01 ^{Cabc}	0.09±0.00 ^{Dab}	0.15±0.00 ^{Ef}	48.16±6.42 ^{Ed}
Días	Sombra					
0	54.19±0.82 ^{Ccd}	1.00±0.19 ^{ABCabc}	0.12±0.00 ^{ABCab}	0.09±0.02 ^{BCab}	0.17±0.00 ^{Bbcd}	52.80±0.98 ^{Ccd}
3	78.63±1.94 ^{Aa}	1.17±0.05 ^{Aab}	0.20±0.03 ^{Aa}	0.13±0.00 ^{Aa}	0.18±0.00 ^{Aab}	76.95±1.87 ^{Aa}
6	82.13±0.50 ^{Ba}	1.36±0.01 ^{Aba}	0.18±0.03 ^{ABa}	0.13±0.00 ^{ABa}	0.17±0.01 ^{CDabc}	80.29±0.47 ^{Ba}
9	74.85±3.08 ^{Dab}	1.19±0.02 ^{Cab}	0.15±0.00 ^{ABCab}	0.13±0.00 ^{CDa}	0.17±0.00 ^{DEbcd}	73.22±3.06 ^{Dab}
12	64.03±6.37 ^{CDbc}	0.98±0.06 ^{BCbc}	0.14±0.01 ^{BCab}	0.11±0.01 ^{CDa}	0.17±0.00 ^{Cbcd}	62.63±6.30 ^{CDbc}
15	58.83±0.40 ^{Ecd}	0.86±0.03 ^{BCbcd}	0.13±0.00 ^{Cab}	0.11±0.00 ^{Da}	0.16±0.00 ^{Edef}	57.58±0.43 ^{Ecd}
Días	Soleado					
0	54.19±0.82 ^{Ccd}	1.00±0.19 ^{ABCabc}	0.12±0.00 ^{ABCab}	0.09±0.02 ^{BCab}	0.17±0.00 ^{Bbcd}	52.80±0.98 ^{Ccd}
3	76.05±3.02 ^{Aa}	1.19±0.04 ^{Aab}	0.16±0.00 ^{Aab}	0.13±0.01 ^{Aa}	0.18±0.00 ^{Aab}	74.39±2.97 ^{Aa}
6	23.81±0.07 ^{Be}	0.53±0.02 ^{ABdc}	0.09±0.00 ^{ABab}	0.07±0.00 ^{ABb}	0.00±0.00 ^{CDg}	23.12±0.09 ^{Be}
9	7.66±0.38 ^{DF}	0.38±0.00 ^{Cc}	0.05±0.07 ^{ABCbc}	0.00±0.00 ^{CDc}	0.00±0.00 ^{DEg}	7.23±0.30 ^{DF}
12	5.90±0.08 ^{CDf}	0.32±0.00 ^{BCc}	0.05±0.08 ^{BCbc}	0.00±0.00 ^{CDc}	0.00±0.00 ^{Cg}	5.53±0.01 ^{CDf}
15	4.51±0.29 ^{Ef}	0.76±0.04 ^{BCcd}	0.00±0.00 ^{Cc}	0.09±0.02 ^{Dc}	0.00±0.00 ^{Eg}	3.75±0.25 ^{Ef}

Fuente: Limaymanta (2018) P42.

3.10. Efecto anticancerígeno de los isotiocianatos

Medina (2018) nos dice que diferentes investigaciones demuestran que la mashua es una fuente importante de glucosinolatos aromáticos, superior a casi todas o todas las demás especies vegetales comestibles, esto resulta sumamente importante debido al alto valor medicinal y quimiopreventivo de esta especie por la presencia de isotiocianatos en la mashua que le da un sabor acre y picante.

Mithen et al (2000) citado por Medina (2018) han reportado que el consumo de alimentos que contengan glucosinolatos en su composición puede reducir el riesgo de, por ejemplo, cáncer rectal y cáncer de colon.

Lawson et al (2015) citado por Medina (2018) menciona que los isotiocianatos influyen directamente en las enzimas de biotransformación y por lo tanto modifican el metabolismo de los compuestos carcinógenos.

Arora et al (2016) citado por Medina (2018) menciona que el 3-butenil isotiocianato extraído con una pureza >90 por ciento de la mostaza roja exhibió una actividad anticancerígena entre las diferentes líneas celulares de cáncer humano, entre éstas las células de cáncer de próstata mostraron una gran sensibilidad frente a este compuesto. La vía implicada en la muerte celular de las células de cáncer de próstata y se concluyó que las células fueron sacrificadas después de la apoptosis. La potente actividad anticancerígena del isotiocianato de 3-butenilo lo convierte en un candidato adecuado para el estudio con modelo animal.

3.11. Consumo tradicional

Soria et al (1998) Citado por Limaymanta (2018) indica que los tubérculos de mashua se consumen generalmente hervidos o cocinados, estos cultivos contienen isotiocianatos que les dan un sabor agudo y picante que recuerda a los rábanos calientes cuando se consumen crudos.

King y Gershoff (1987) Citado por Limaymanta (2018) menciona que son consumidos en guisos en combinación con carne, vegetales verdes, maíz, papas y hierbas, o solo como un vegetal cocido o frito.

National Research Council (1989) citado por Grau et al (2003) menciona que los tubérculos también se mezclan con melaza y se comen como dulces; así en Bolivia y algunas partes del Perú, los tubérculos se recubren con melaza y se congelan para hacer un postre especial.

Cárdenas (1989) Citado por Limaymanta (2018) nos dice que, en Bolivia, el isaño se come en un guiso, como asado u ocasionalmente se conserva en un proceso de secado similar a la producción de chuño de papas para preparar un producto llamado thayacha; para esta preparación, los tubérculos se exponen durante la noche a la helada y se comen al día siguiente mezclados en jarabe de sirope.

Grau et al (2003) citado por Ramón (2017) dice que antes de su consumo, los tubérculos de Mashua son sometidos a un proceso de soleado durante algunos días con el objetivo de mejorar la dulzura y sabor. Esta práctica incrementa el contenido de azúcar, probablemente porque se induce la degradación del almidón y adicionalmente puede reducir también el contenido de isotiocianatos.

Figura 4: formas de preparación tradicional de la mashua/año/isaño



a) Isaños cociendo en la olla



b) Thayacha (isaño congelado)

FUENTE: Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales-versión impresa ISSN 2409-1618.

3.12. Origen y distribución de la mashua

Grau et al (2003) citado por Pacheco (2015) dice que la primera evidencia arqueológica de la mashua data del 650-1350 AD en los sedimentos de la cueva Huachumachay, localizada en el valle de Jauja-Perú. Asimismo, en cerámicas de la cultura Nazca se encontró representaciones de mashua (1000 AD) entre otras tuberosas andinas (papa, oca y olluco) y que el centro de origen del cultivo se encuentra en algún lugar de los Andes. Asimismo, el lugar de domesticación ha debido darse en la región que comprende entre el Ecuador y Bolivia. Ello se confirma por la amplia diversidad presente en esta área. Sin embargo, debido a la ausencia de un estudio sobre la diversidad de la forma silvestre y de la cultivadas es difícil identificar un centro de origen más específico.

Malice y Baudoin (2019) citado por Villavicencio (2017), indica que la mashuase cultiva en sistemas agrícolas tradicionales y en condiciones rústicas y produce a una altura de 2800 a 4100 m.s.n.m. en países como Perú, Ecuador y Bolivia.

Malice y Baudoin (2009) citado por Pacheco (2015) menciona que los tubérculos comestibles de mashua se cultivan en áreas pequeñas en sistemas agrícolas nutricionales y en condiciones marginales, en todos los países Andinos, principalmente en Perú, Ecuador y Bolivia.

3.13. Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica de *Tropaeolum tuberosum* según **Arthur Cronquist (1993)** citado por Pacheco (2015).

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta (angiospermas)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledoneas)
Subclase	Rosidae
Orden	Geraniales
Familia	Tropaeolaceae
Género	Tropaeolum L.
Especie	<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pavón

Tabla 1: Nombres comunes de *Tropaeolum tuberosum* según Grau, et al (2003) citado por Pacheco (2015).

Nombre	País	Autor
Añu	Perú	Cárdenas 1989
Isaño	Bolivia/Titicaca	Cárdenas 1989
Majua	Ecuador	
Mashua	Ecuador	Tapia et al., 1996,
Mashua, añu e isaño	Perú	Herrera 1941
Colombia	Navos	Pérez Arbeláez 1947
Bolivia	Ocaquisañu	Cárdenas 1989
Argentina,	Sisaño	Jujuy Hermann 1992

3.14. Variedades

Cabrera (1998) Memorias de VI Congreso internacional sobre cultivo Andino. Quito: INIAP Secado Solar técnico de Oca, Ulloca, Mashua, Papa. Citado por Salazar, C. M. F., (2014) menciona que se han reconocido más de 100 variedades de mashua. Existen colecciones de germoplasma en Ecuador y Perú. Por el color se reconoce muchas variedades como: Occe añu, yana añu, puca añu, yurac añu, ckello añu, sapallu añu, checche añu y muru añu.

3.15. Producción, rendimiento por hectárea y precio en chacra.

Cuadro 03: Rendimiento por Ha y Precio chacra entre diferentes cultivos andinos que se producen en la región cusco.

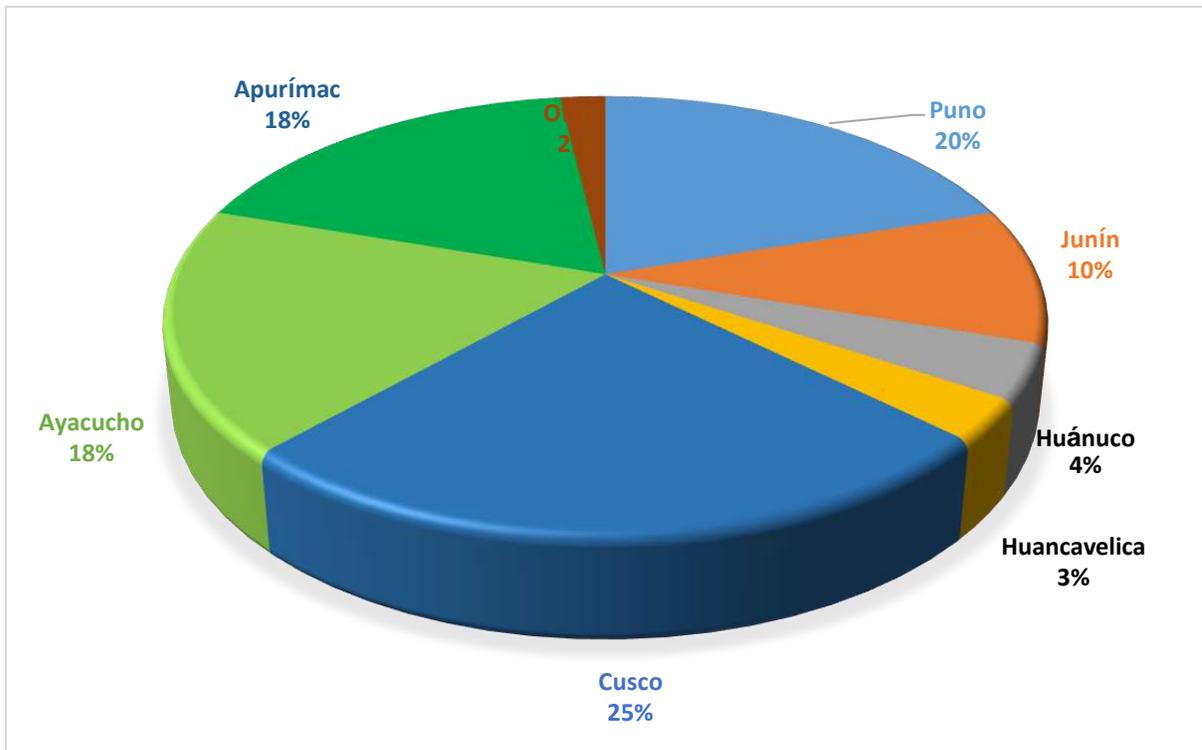
Fecha:	2/01/2020	20:41																		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA																			
CUSCO	CUSCO																			
EJECUCION Y PERSPECTIVAS DE LA INFORMACION AGRICOLA																				
CAMPAÑA AGRICOLA																				
2017 - 2018																				
SIEMBRAS										COSECHAS										
CULTIVO	VARIABLES	TOTAL.EJE	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
MASHUA/ISAÑO	Sup.Verde (Ha)				30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	16.00			25.00	25.00	25.00	25.00		
	Siembras (Ha)	30.00			30.00															
	Cosechas (Ha)	30.00										14.00	16.00							
	Rendimiento (Kg/Ha)	6466.67										7000.00	6000.00							
	Producción (Tn)	194.00										98.00	96.00							
	Precio Chacra (s./Kg)	0.96										0.91	1.00							
OCA	Sup.Verde (Ha)		2.00	30.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00				36.00	36.00	36.00	36.00		
	Siembras (Ha)	45.00	2.00	28.00	15.00															
	Cosechas (Ha)	45.00										45.00								
	Rendimiento (Kg/Ha)	7333.33										7333.33								
	Producción (Tn)	330.00										330.00								
	Precio Chacra (s./Kg)	0.90										0.90								
OLLUCO	Sup.Verde (Ha)		19.00	81.00	81.00	81.00	81.00	81.00	81.00	81.00	81.00				45.00	55.00	55.00	55.00	55.00	
	Siembras (Ha)	81.00	19.00	62.00																
	Cosechas (Ha)	81.00										23.00	58.00							
	Rendimiento (Kg/Ha)	6956.79										7217.39	6853.45							
	Producción (Tn)	563.50										166.00	397.50							
	Precio Chacra (s./Kg)	1.15										1.03	1.20							
PAPA (Agrupa mejoradas y nativas)	Sup.Verde (Ha)		53.00	117.00	782.00	782.00	782.00	770.00	749.00	688.00	598.00				60.00	136.00	758.00	758.00	758.00	
	Siembras (Ha)	782.00	53.00	64.00	665.00															
	Cosechas (Ha)	782.00						12.00	21.00	61.00	90.00	598.00								
	Rendimiento (Kg/Ha)	12212.28						10166.67	12000.00	11803.28	14222.22	12000.00								
	Producción (Tn)	9550.00						122.00	252.00	720.00	1280.00	7176.00								
	Precio Chacra (s./Kg)	0.85						0.80	0.85	0.70	0.62	0.90								

Fuente: Dirección Regional de Agricultura del Cusco (DRAC)

3.16. Zonas productoras de mashua en el Perú

Según la revista de Investigación Científica y Tecnológica Alpha Centauri Volumen 1, Número 1, Julio-Setiembre 2020 ISSN: 2709-4502 nos menciona que en Perú, las principales regiones productoras de mashua son Cusco, Puno, Apurímac, Ayacucho, Junín, Huánuco, Huancavelica que abarcan alrededor del 88% de la producción nacional que para los últimos 2 años (2018 y 2019) está alrededor de las 41 mil toneladas anuales (MINAGRI, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) en tanto que para el periodo 2005 al 2015 osciló alrededor de las 30 mil toneladas anuales, es decir, se ha tenido un incremento del 36% de la producción anual nacional respecto a lo que era antes del año 2015. En cuanto a la productividad, para el 2013 se estimaba rendimientos de 5.2 a 6.2 t/ha mientras que para el 2019 se estima en promedio 7.0 t/ha (MINAGRI, 2020), es decir que hubo una mejora importante (17%) en la productividad por hectárea para este cultivo. Sin embargo, el precio promedio por kg de mashua para el 2019 sólo fue de 1.03 soles (MINAGRI, 2020), precio similar en los últimos 5 años según los datos del MINAGRI.

Figura 5: Distribución de la producción promedio anual de mashua por regiones, periodo 2015-2019.



Elaboración a partir de datos del MINAGRI.

3.17. Precios de mashua fresca en el mercado local

Según entrevista con los productores y vendedores de los mercados: mercado mayorista de productores y mercado de vinocanchon de San Jeronimo – Cusco, el precio en mercado de tuberculos de mashua fresca es de s/.4.00 (cuatro nuevos soles) por kilogramo a comparacion del precio chacra de s/.1.30 (un nuevo sol con 30 centimos) por kilogramo.

Figura 6: Tuberculos de mashua frescos en el mercado vinocanchon.



3.18. Épocas de siembra y cosecha

Gonzales et al (2003) citado por Valle (2017) nos indica que la siembra se realiza en el mes de julio a septiembre con una distancia de 28 a 35 cm entre plantas y de 60 a 75 entre surcos, en las labores culturales se realizan 2 aporques que sirven como deshierbe, la cosecha se realiza de abril a julio cuando se completa el ciclo vegetativo (7– 8 meses).

Villagomes y Rodriguez (2006) citado por Villavicencio (2017) dice que existen dos épocas marcadas de siembra para evitar las heladas, por tener largo periodovegetativo de 8-9 meses. En zonas de heladas se siembra en los meses de agosto y septiembre a más tardar. Mientras que en las zonas no heladas se puede sembrar en octubre y noviembre.

3.19. Post cosecha

Grau et al (2003) citado por Limaymanta (2018) nos dice que las prácticas tradicionales estándar incluyen la limpieza de los tubérculos para eliminar la tierra, clasificación de los tubérculos según el tamaño y el color y la eliminación del material lesionado o magullado. Al sur del Perú central los tubérculos se sostienen generalmente al aire libre y cubiertos con ichu seco, para mantener los tubérculos en la oscuridad y aislarlos contra las heladas nocturnas y altas temperaturas diurnas.

Fairle y Morales (1999) citado por Medina (2018) menciona que la producción y almacenamiento de las raíces y tubérculos es una necesidad, debido a que, en las zonas andinas, los cultivos son estacionales.

Tapia y Fries (2007) citados por Ramón (2017) indica que se debe tener en cuenta que los tubérculos andinos, en especial la mashua, presentan un contenido de humedad mayor al de la papa, como consecuencia de ello, la pérdida de peso es mayor y más rápida y el tiempo de conservación es más corto.

3.20. Palatabilidad: factor determinante de la elección de alimentos

Sorensen et al (2003) indica que la palatabilidad es proporcional al placer que una persona experimenta cuando ingiere un alimento concreto. Depende de las propiedades sensoriales del alimento, como sabor, aroma, textura y aspecto. Por eso, no es sorprendente que no sólo se consuman los alimentos como fuente de nutrición, sino que también por el placer que aportan.

Pérez (2019) nos dice que la idea de palatabilidad se emplea para aludir a la cualidad de un alimento que resulta agradable al paladar. Puede entenderse como el placer que el consumidor experimenta al ingerir un alimento o una bebida. Es importante tener en cuenta que la palatabilidad no está asociada a las propiedades nutricionales. El concepto refiere a las características organolépticas del producto que lo convierten en más o menos atractivo para alguien: su sabor, su aroma, su textura, su apariencia, etc. La palatabilidad, por lo tanto, depende en gran parte de la subjetividad; por lo general se vincula a las experiencias precedentes del sujeto.

3.21. Análisis sensorial de los alimentos.

Nora Barda (2015) nos muestra.

TIPOS DE ANÁLISIS SENSORIAL

- **Análisis descriptivo** Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Se agiliza el proceso 'estímulo respuesta' y se desarrolla un vocabulario de ocho a quince palabras para describirlo y es aquí donde empieza el entrenamiento con escalas.
- **Análisis discriminativo** Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, ante una muestra A y una B, o ante A, B y C, cuál es distinta".
- **Test del consumidor y también llamado test hedónico**, en este caso se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. "El consumidor debe actuar como tal. Lo que sí se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación".

CANTIDAD DE PERSONAS NECESARIAS PARA TESTEAR UN PRODUCTO

- **Análisis descriptivo:** el panel no es mayor de 10 personas.
- **Análisis discriminativo:** se emplean como mínimo 20/25 personas, dependiendo del tipo de ensayo.
- **Test del consumidor:** Para que los resultados sean válidos se requieren numerosas respuestas, por lo que se trabaja por lo menos con 80 personas.

TIEMPO NECESARIO PARA ENTRENAR A UN PANEL

- **Análisis descriptivo:** seis a ocho sesiones, hasta que cada evaluador aprende el vocabulario y la escala.
- **Análisis discriminativo:** es más rápido, ya que no es necesario un gran entrenamiento.
- **Test del consumidor:** no demanda entrenamiento porque es espontáneo.

IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación:

Por las características del ensayo, corresponde a la investigación aplicada por la validación del procedimiento de transformación para la aplicación a nivel de agricultores. No experimental, porque no fue necesario usar en diseño experimental. Descriptiva, por la caracterización de los procedimientos y resultados

4.2. Ubicación espacial

4.2.1. Ubicación política

Nombre : Granja K'ayra, Facultad de Agronomía y Zootecnia
(UNSAAC)

País : Perú

Región : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : San Jerónimo

Lugar : Granja K'ayra

4.2.2. Ubicación geográfica

Coordenadas : 13°33'31"S 71°52'31"W Altitud : 3219 m

Latitud : 13 33'25"

Longitud : 71 52'31"

4.2.3. Ubicación hidrográfica

Acuífero : San Jerónimo

Cuenca : Vilcanota

Sub Cuenca : Huatanay

Micro Cuenca : K'ayra

4.2.4. Ubicación temporal

La investigación se dio inicio en el mes de julio del 2019 y concluyó el mes de diciembre del 2019.

4.3. Materiales y metodología

4.3.1. Materia prima

Para la investigación se utilizó como materia prima:

- 100 kg de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) variedad: zapallo año, entrada UNAQA-169 – Calca-Q37 color amarillo patrocinado por el CRIBA (Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Granja K'ayra, Distrito de San Jerónimo – Cusco.

La razón de la selección de este material de investigación fue por presentar un mayor rendimiento de producción en anteriores trabajos de investigación.

4.3.2. Equipos

- 01 balanza análoga de 10Kg de capacidad.
- 01 congeladora industrial ENERGYDE modelo EC522NBHW con una capacidad de 250Lt, ancho de 65cm, largo de 1.60cm y 83cm de altura.
- Balanza digital gramera de 500gr de capacidad.

4.3.3. Material de laboratorio

- Recipientes cilíndricos de vidrio de 10 lt de capacidad.
- 01 calculadora científica CASIO Alpha Plus.
- 01 balanza analítica de 220 gr de capacidad.
- Agua destilada.

4.3.4. Insumos para la preparación de la mazamorra de Mashua

- Leche evaporada 410 ml, fabricada y comercializada por la empresa Gloria.
- Azúcar blanca.
- Canela, Clavo de olor y estrella de anís.

4.4. Descripción del proceso de la elaboración de la harina de mashua

4.4.1. Selección de la materia prima

Se realizó el 18 de septiembre del 2019, para establecer si el material biológico se encuentra adecuada para su procesamiento en harina de mashua, se observó los siguientes parámetros:

- Olor: fuerte característico de la mashua.
- Sabor: picante y desabrido
- Color: Amarillo intenso

Luego se procedió a la selección y clasificación de 100kg de tubérculos para el procesado, estas proporcionadas por el CRIBA (Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina) de la facultad de Agronomía y Zootecnia – UNSAAC - CUSCO.

Se realizó el pesado del material biológico (tubérculos frescos de mashua) seleccionado en una balanza análoga de 10 kg de capacidad, el cual arrojó un peso total de 100 kg.

4.4.2. Limpieza

El 19 de septiembre del 2019 se continuó con la eliminación de impurezas de los tubérculos cortando y retirando con navajas y cuchillos las partes verdes, áreas secas y raicillas para evitar que alteren el sabor de la harina, así mismo evitar la proliferación de hongos y bacterias en los tubérculos, lo cual sería perjudicial para la investigación al momento del proceso de remojado provocando pudrición de los tubérculos de mashua.

El lavado de los tubérculos de mashua se realizó en tachos de 100 litros de capacidad con agua fría con el fin de lavar los restos de tierra y suciedad que podrían afectar la integridad y calidad de la harina, el proceso se repitió 03 veces para un lavado eficiente, técnica conocida como “triple lavado”.

4.4.3. Congelado

Se procedió al congelado de los tubérculos de mashua limpios y ensacados en una congeladora industrial a una temperatura de -7°C por 5 días seguidos y lograr un congelado eficiente de los tubérculos con el fin de preparar para el deshidratado, haciendo que la estructura de los tubérculos de mashua se quiebre por la recrystalización del congelamiento lento y aumente la pérdida de agua en los siguientes procesos y así mismo ayude en la liberación de olores y el sabor picante característico de la mashua.

Figura 7: Tubérculos de mashua congelados.



4.4.4. Extracción del sabor picante de los tubérculos de mashua mediante el remojo.

Una vez congeladas los tubérculos de mashua, se sometieron a un remojo en tachos de 60 lt de agua fría durante 10 días, los tubérculos fueron lavados y el agua cambiada diariamente para evitar pudrición y/o fermentación, esto con el fin rehidratar y preservar la integridad de la estructura de los tubérculos evitando su resquebrajamiento y preparándolos para un deshidratado más rápido, principalmente para disminuir el sabor picante del tubérculo.

5.4.4.1 Evaluación de palatabilidad de los tubérculos de mashua remojados

Para determinar la disminución del sabor picante se desarrolló una prueba diaria de palatabilidad probando los tubérculos en el proceso de remojo, cuando se hizo el lavado y cuando se cambió de agua, se registró la respuesta de los participantes en las cartillas de prueba en la cual se muestran los siguientes parámetros:

Se realizó la evaluación indicando probar las muestras remojadas e indicar en los cuadros proporcionados para la evaluación, en una escala del 1 al 5, donde:

- 1 es equivalente a: aún muy picante 0 90% de picor en la muestra.
- 2 es equivalente a: picante o 70% de picor en la muestra.
- 3 es equivalente a: regular o 50% de picor en la muestra.
- 4 es equivalente a: me gusta o 30% de picor en la muestra.
- 5 es equivalente a: casi imperceptible o 10% de picor en la muestra.

Figura 8: Prueba de evaluación organoléptica usada para determinar el picor de las muestras remojadas.

PRUEBA DE PALATABILIDAD

PRODUCTO: MUESTRA FRESCA REMOJADA DE MASHUA / AÑU / ISAÑO

Por favor con una (x) indique que te pareció:

ESCALA VERBAL	ESCALA GRAFICA	PUNTUACION	% de PICOR	SABOR
CASI IMPERCEPTIBLE		5	10%	x
ME GUSTA		4	30%	x
REGULAR		3	50%	x
PICANTE		2	70%	x
MUY PICANTE		1	90%	x

Figura 9: Tubérculos de Mashua rehidratadas y remojadas



Para evitar la pudrición de los tubérculos durante el proceso de deshidratación a luz ambiental debido al alto contenido de humedad, se sometieron a un proceso de estrujado para extraer este excedente de agua del interior de los tubérculos remojados, esto se realizó sobre franelas que cumplieron la función de absorber la humedad expulsada, las cuales fueron reemplazadas por otra franela seca.

4.4.5. Cortado

Después se procedió con el proceso de cortado en rodajas de los tubérculos, esto con el fin de exponer el interior de los tubérculos al ambiente natural, luz, viento y calor que harán mucho más fácil el deshidratado, este proceso se realizó con navajas afiladas.

Figura 10: Tubérculos de mashua cortadas para el secado.



Los procesos se realizaron en 2 etapas con el fin de preservar la materia prima y prevenir la pudrición de la misma al mantenerse en almacenaje hasta terminar con el congelado de la mitad de los tubérculos ya que la congeladora industrial posee una capacidad de almacenaje de 50 kg de materia prima.

4.4.6. Secado (deshidratación)

El 16 de octubre del 2019 se empezó con el secado de las muestras húmedas y cortadas a sol directo y ventilación, colocadas sobre franelas durante 6 días removiéndolas cada 05 horas desde las 8:00 hr hasta las 17:00 hr para asegurar un secado homogéneo de las muestras y luego fueron colocadas de la misma manera en el vivero en un ambiente fresco y ventilado sobre mesas de madera hasta el día siguiente a proceder nuevamente con el proceso de secado a sol hasta obtener un secado y deshidratado óptimo. Para determinar la pérdida de contenido de humedad restante óptimo en los tubérculos se observó que el secado final, los tubérculos no presenten flexibilidad por la presencia de humedad, ni tampoco que presente resquebrajamiento por sobre deshidratación.

Figura 11: Tubérculos de mashua deshidratadas.



4.4.7. Almacenaje

Al final de todo el proceso una vez secada la mashua se observó el producto final y se registró un secado completo con textura dura y seca, de color blanquecino y arrugado, el sabor picante casi imperceptible, lo mismo con su olor azufrado característico.

El 23 de octubre del 2019 hasta el 01 de diciembre del 2019 se puso las muestras bajo vigilancia guardadas y almacenadas en el vivero del Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Granja K'ayra, esto con el fin de registrar la calidad del producto y verificar si puede mantenerse durante un periodo de 40 días en almacenaje, durante estos días los tubérculos deshidratados fueron expuestas

al ambiente fresco y seco propiciando su preservación. Pasado los 40 días se observó una buena conservación, manteniendo su color, sabor y olor tal cual fueron almacenadas, no se observó ningún cambio en la estructura física de las muestras y tampoco en las propiedades sensoriales.

4.4.8. Molienda

El 02 de diciembre del 2019 se sometieron los 12 kg de tubérculos de mashua secas (deshidratados) a la molienda en los molinos de granos andinos en la “Molinera San Jerónimo” del mercado Vinocanchon – San Jerónimo – Cusco.

4.4.9. Empaquetado

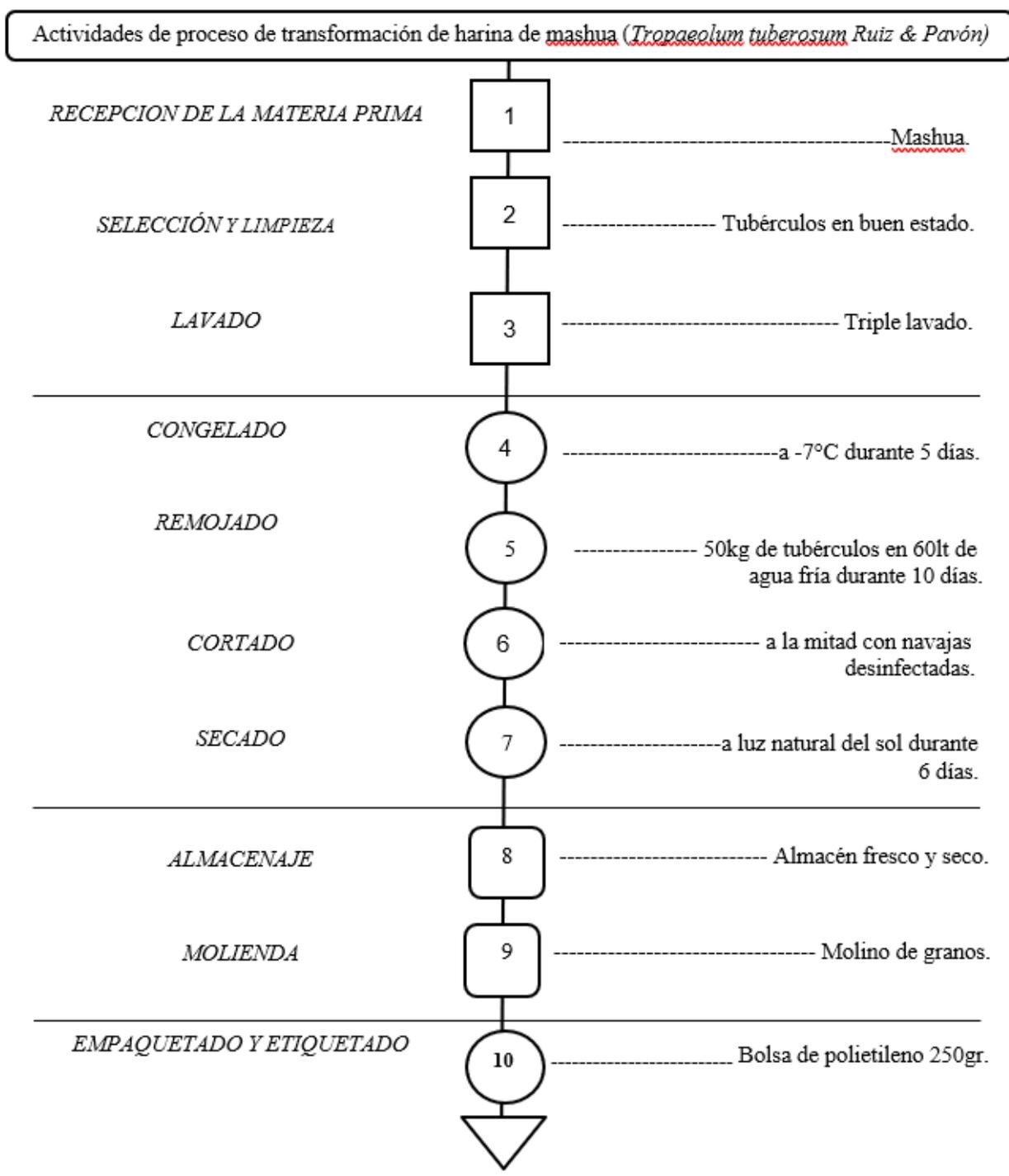
El producto final se llevó a los laboratorios para el empaquetado en bolsas de polietileno transparentes a 250 gr y etiquetadas con la información del producto y su valor nutricional obtenidos en los análisis químicos realizados a las muestras de tubérculos procesados y deshidratados.

Figura 12: Harina de mashua empaquetada.



4.4.10. Diagrama de actividades en el proceso de transformación.

Figura 13: Diagrama de actividades de proceso de transformación de harina de Mashua.



Para este diagrama de actividades se usó como referencia a **Pacco (2015)** y **Medina (2018)** con ligeras modificaciones para que este se adapte a los pequeños agricultores y sus recursos.

4.5. Descripción del proceso de obtención de composición química de muestras de tubérculos de mashua fresca y seca.

4.5.1. Análisis químico

Para el proceso de análisis químico se envió muestras de tubérculos de mashua a laboratorios especializados MC QUIMICALAB del Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez Laboratorio de Ciencias Naturales, aguas, suelos, minerales y medio ambiente ubicado en la COVIDUC A4 – San Sebastián – Cusco - Perú:

- **M1:** 200gr de muestra fresca de tubérculos de mashua, extraídas antes del procesamiento.
- **M2:** 100gr de muestra de tubérculos secos de mashua, extraídas después del secado.

Para análisis físico químico de alimentos y determinación del contenido y valor nutricional de las muestras de mashua después del procesamiento. Se separo también 100 gr de muestra de mashua seca y se envió a los laboratorios FRACTALQUIMICOS E.I.R.L. ubicada en la ciudad de LIMA – Mariscal Luzuriaga 341 Jesús María (Lima 11) para ensayos y análisis químico de productos naturales, cuantificación de isotiocianatos en las muestras secas resultantes del proceso de transformación.

Muestras de mashua fresca y seca enviadas a los laboratorios correspondientes para su evaluación.

Figura 14: M1



Figura 15: M2



4.6. Descripción del proceso de prueba de palatabilidad y aceptación de la harina de mashua.

4.6.1. Preparado de la mazamorra

El preparado de la mazamorra se realizó con ingredientes convencionales, canela, clavo de olor y leche.

1. Se puso en la olla 1 taza y media de agua, colocando en ella una ramita de canela y clavos de olor, se dejó hervir por unos 5 minutos a fuego medio.
2. Mientras tanto, con la ayuda de una cuchara se procedió a disolver la harina de mashua en media taza de agua fría, teniendo cuidado de que no se formen grumos, luego se dejó reposar hasta que termine de hervir el agua.
3. Luego de los 5 minutos se retiró la olla y se agregó la leche al agua hervida removiéndola.
4. Después se revolvió la harina disuelta y se agregó poco a poco a la olla vertiendo en forma de hilo, revolviendo la preparación para que se mezcle bien sin formar grumos hasta que espese.
5. Una vez que toda la preparación en la olla termino de espesarse, se agregó el azúcar teniendo cuidado de no endulzar demasiado.
6. Posteriormente se dejó hervir por unos 5 minutos revolviendo constantemente a fuego lento y luego se dejó enfriar por unos 15 minutos.

Figura 16: Muestras de mazamorra de harina de mashua.



4.6.2. Prueba de palatabilidad.

Mediante preparado de mazamorra de harina de mashua, se realizó las evaluaciones mediante degustación usando pruebas de palatabilidad con los estudiantes de K'ayra en la feria de ciencia, tecnología y ecología San Jerónimo 2019 el 7 y 8 de diciembre del 2019 a las 9:00 am para obtener una mayor diversidad de respuestas y así determinar su aceptación. Las muestras se sirvieron en 100 vasitos de plástico con cucharas descartables y se repartieron junto con las cartillas de prueba de palatabilidad a 100 voluntarios.

Para evaluar la aceptación del producto en el consumidor final se desarrolló las pruebas de palatabilidad tomando en cuenta las características del Test del consumidor, también llamado test hedónico o afectivo realizando una encuesta, en la cual se desarrolló una cartilla de calificación para evaluar los resultados. Se procedió a realizar la prueba de palatabilidad indicando que debían probar la muestra y marcar en los cuadros de las cartillas respondiendo la pregunta: ¿qué les pareció el producto?, en una puntuación de 1 al 5, donde 1 es equivalente a “lo detesto” y 5 es equivalente a “me encanta”:

- ¿En una escala del 1 al 5 que le pareció el color del producto evaluado?
- ¿En una escala del 1 al 5 que le pareció el olor del producto evaluado?
- ¿En una escala del 1 al 5 que le pareció el sabor del producto evaluado?
- ¿Recomendarías este producto?

Figura 17: Prueba de palatabilidad.

PRUEBA DE PALATABILIDAD

PRODUCTO: MAZAMORRA DE MASHUA / AÑU / ISAÑO

1. Por favor con una (x) indique que te pareció:

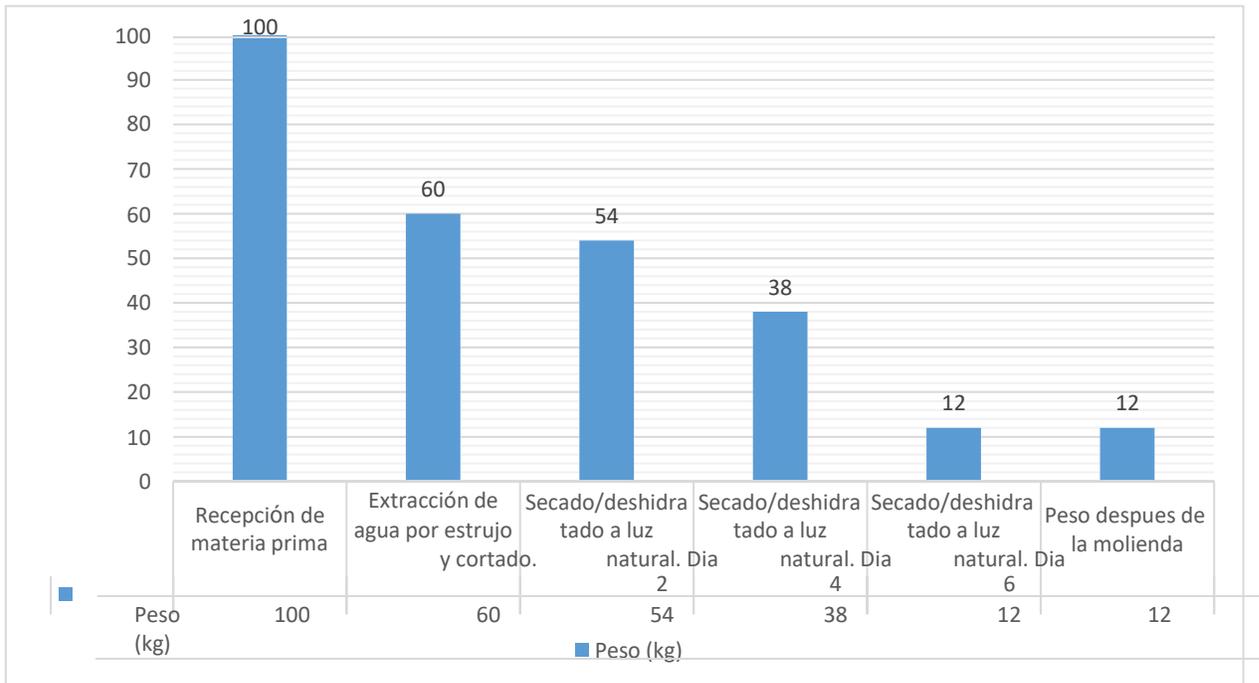
ESCALA VERBAL	ESCALA GRAFICA	PUNTUACION	COLOR	OLOR	SABOR
ME ENCANTA		5			
ME GUSTA		4			
REGULAR		3			
NO ME GUSTA		2			
LO DETESTO		1			

2. la recomiendas? Si () no ()

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados del procesamiento de la harina de mashua.

Figura 18: Registro de la disminución grafica del peso en “kg” de los tubérculos de Mashua durante el procesamiento en harina.



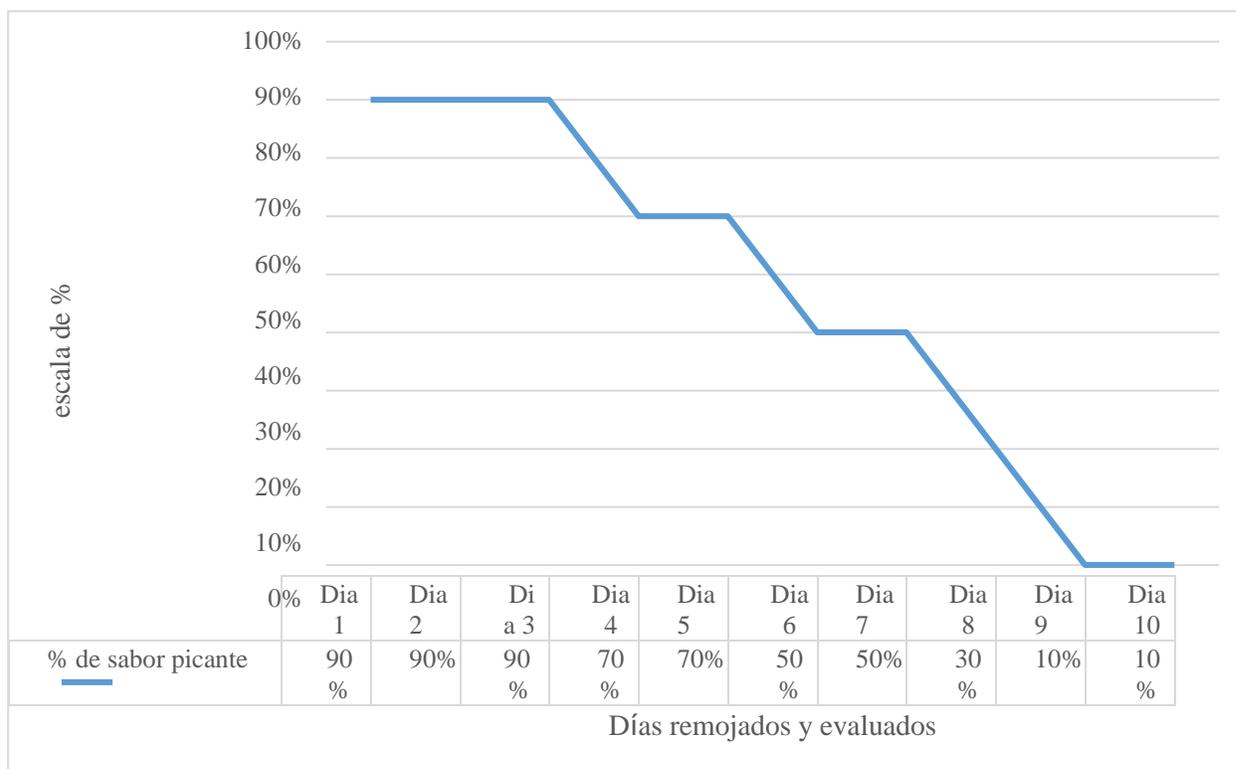
Observación: Por motivos de clima desfavorable, el secado se alargó de 3 días estimados a 6 días.

Si: 100kg-----100%
 12.00kg ----- ¿?
 X = 12%

Por lo tanto: $100\% - 12\% = 88\%$.

En todo el proceso de transformación de tubérculos frescos de mashua en harina, se registró una pérdida de peso del 88% del peso total de 100 kg, esta pérdida es comparable con el contenido de humedad en los tubérculos según Collazos *et al.* (1996) que indica que los tubérculos frescos de mashua contienen un 87.4% de contenido de agua. Después del secado y la molienda se obtuvo 12 kg de harina fina de color crema blanquecina, sin presencia de sabor picante y libre de grumos y con un olor azufrado leve.

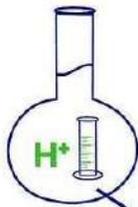
Figura19: Grafica de disminución de porcentaje del sabor picante en tubérculos de Mashua durante el proceso de remojo según pruebas de palatabilidad.



Rehidratar y remojar los tubérculos después del congelado lento, ayudaron bastante a evitar pérdidas de sólidos solubles (Lewicki, 1998) ya que los tubérculos sufrieron una recristalización en el proceso de congelado que produjeron la rotura de la membrana celular la cual ayudo también en la pérdida de agua durante el secado como explica Cardona N. R., Flores A. A. (2012) y principalmente en la exposición de las características sensoriales de la Mashua como el sabor picante por los isotiocianatos y el olor azufrado debido a los glucosinolatos (Ortega et al 2006) para determinar su disminución mediante las pruebas de palatabilidad en el transcurso del remojo. Los resultados de estas pruebas determinaron que después de 10 días de remojo el sabor picante es muy bajo indicando que es fácil de comer y tolerable al gusto.

Por lo tanto, tenemos los procesos de congelado lento, remojo y deshidratado (secado) como un método recomendado que mediante esta investigación aseguran resultados óptimos para la transformación del producto fresco en harina.

5.2. Resultados de análisis químico de muestras de tubérculos de mashua frescos y secos.



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez

LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES

AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORMEN° LO011521AN

ÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE ALIMENTOS

SOLICITA

:

KLEVER ANDRE PARISACA LOPEZ

Bachiller de la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del
Cusco Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela Profesional De Agronomía

MUESTRAS: Tubérculos de Mashua

M1: Mashua Fresca

M2: Mashua Seca

DISTRITO : San Jeronimo – Granja K´ayra

PROVINCIA : Cusco

REGIÓN : Cusco

FECHA DE INFORME: 07/04/21

Cuadro 4: resultado de análisis químico general por análisis físico químico de alimentos de 100gr de muestra seca de mashua obtenidos de los laboratorios QuimicaLab-Cusco.

DETERMINACIONES	UNIDAD	Contenido	Contenido
		(g/100g de muestra húmeda) M1	(g/100g de muestra seca) M2
Humedad	gr	83.5	8.0
Proteínas	gr	2.5	13.3
Carbohidratos	gr	11.8	65.8
Grasa Total	gr	0.7	3.9
Fibra	gr	0.9	5.0
Ceniza	gr	0.6	4.0
pH		4.5	6.1
Acidez Total (ácido ascórbico)	gr	0.33	2.9

*valores expresados por cada 100g de muestra fresca y seca.

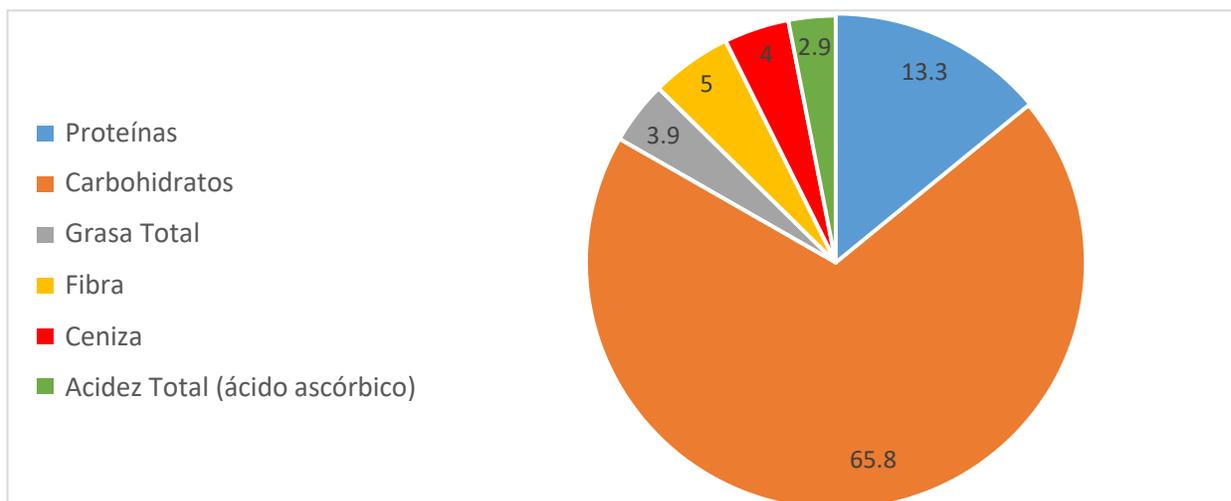
Método de análisis: Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación Químico Agrícola –“Análisis Moderno de los Alimentos” F. Leslie Hart, Harry Johnstone Fisher. Editorial Acribia.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.

 **MC QUIMICALAB**
M. Cumpa
 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
 ADMINISTRACION
 CIP. 238338


MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUIMICO
 REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16186

Figura 20: Composición de la mashua expresada en 100gr de porción comestibles en muestra seca.



Los resultados del cuadro 4 muestra que el contenido de humedad en la harina de mashua obtenida fue de 8.0%, este valor cumple con las Normas Técnicas Peruanas N.T.P. 205.027(1986) que establece que el contenido de humedad permitido para harinas es 15%.

También se muestra que el valor de la proteína de la harina de mashua de 13.3% está dentro del promedio mayor al 7,0% referido en el CODEX Alimentarius 152(1985).

Continuando con el contenido de ceniza se obtuvo 4.0% aunque menor a lo expuestopor Espín *et al.* (2001) de 4.81%, este valor cumple con la N.T.P. 205.027:1986 de harinaenriquecida.

El contenido de carbohidratos en la harina de mashua fue de 65.8%, valor cercano a lo expuesto por Espín *et al.* (2001) de 75.4%.

El contenido de grasa con un 3.9% que fue mucho mayor, esta variación probablemente sea debida a la variedad de mashua.

Finalmente, el contenido de ácido ascórbico de 2.9% resulto muy bajo a comparación del 77.37 expuesto por Espín *et al.* (2001).

Por lo tanto, podemos afirmar que los resultados de la presente investigación realizada bajo procesos y recursos rústicos son consistentes con los valores nutricionales que expone Espín *et al.* (2001), el CODEX Alimentarius 152(1985) y la N.T.P. 205.027(1986), observándose también un bajo índice de contenido de ácido ascórbico y un alto contenido de grasa, también cabe resaltar que el contenido nutricional más resaltante es el de carbohidratos y proteínas.

5.3.Resultados de análisis de cuantificación de isotiocianatos.



FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341

Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669

Email: fractal@fractalquimicos.com

www.fractalquimicos.pe

■ ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FISICOQUIMICA Y ANALITICA – I+D EN QUIMICA – ASESORIA Y CAPACITACION – APARATOS Y REACTIVOS ■

ENSAYOS Y ANÁLISIS QUÍMICO DE PRODUCTOS NATURALES

I10954 – 032022

SOLICITANTE : **KLEVER ANDRE PARISACA LÓPEZ**
MUESTRA : **AÑU – TESIS || Procedencia: CUSCO**
(muestra biológica en estado seco, embolsada 500g – Figura 1)
TIPO DE ANÁLISIS : **CUANTIFICACIÓN DE ISOTIOCIANATOS**
LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : **FQ.18-02-2022.**
FECHA DE ANÁLISIS : **19-02-2022 al 20-03-2022.**

RESULTADOS: AÑU



ISOTIOCIANATOS* (microgramos/kilogramo-muestra seca)**56,7 ± 4,0**

Método: hidrólisis alcalina en extracto hidro-alcohólico y destilación por arrastre con vapor de agua sobre solución valorada de nitrato de plata (AgNO₃).

Valoraciones potenciométricas de AgNO₃.

***Aglicona** de Formula $S=C=N$ -Bencil, proveniente de la hidrólisis de **GLUCOSINOLATOS**.

Estándar: *tiocianato amónico* – 99,8%.



FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669

Email: fractal@fractalquimicos.com

www.fractalquimicos.pe

■ ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FISICOQUIMICA Y ANALITICA - I+D EN QUIMICA - ASESORIA Y CAPACITACION - APARATOS Y REACTIVOS ■

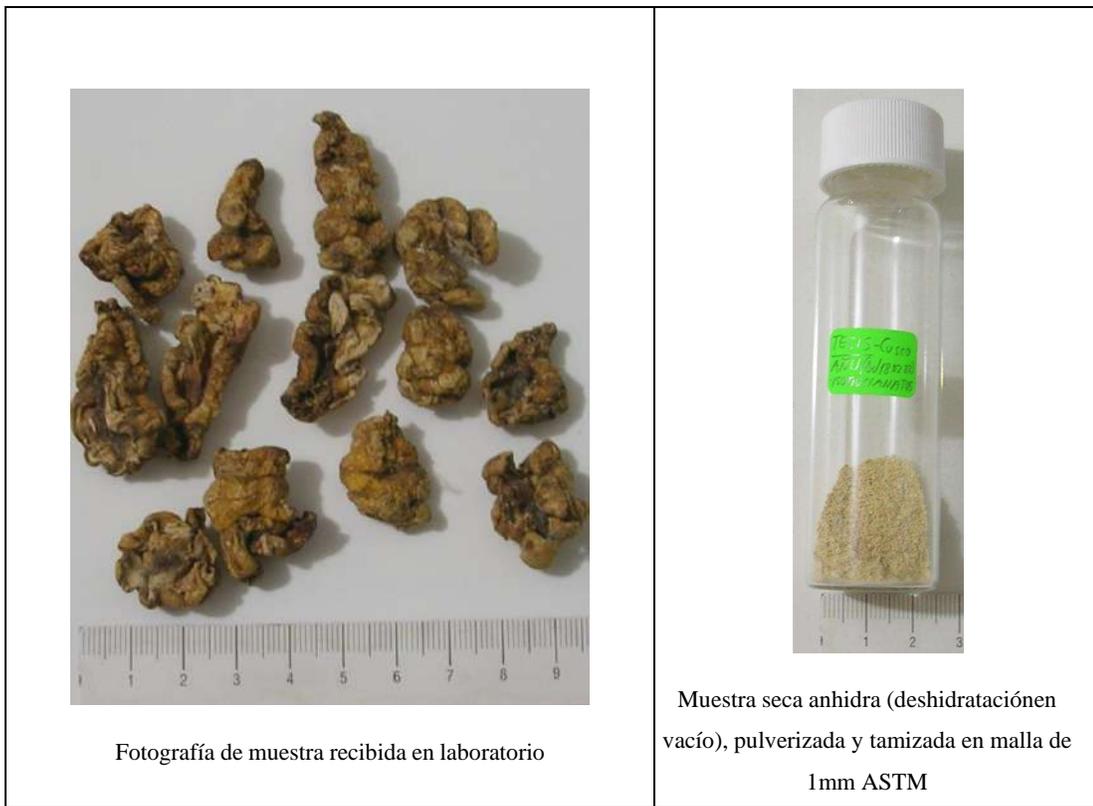
La cantidad de **ISTC determinado estequiométricamente** y relacionada con el peso de la muestra en polvo multiplicada por 100, representa el porcentaje de ISTC y a partir de esta expresado en miligramos por 1-kilogramo de muestra es el valor reportado en el informe: **56,7 microgramos/1-kilogramo** de muestra seca. De los resultados por triplicado en la valoración se ha obtenido la desviación de $\pm 4,0$.

El resultado del contenido de ISTC en 100gr muestra es de 567 miligramos por kilogramo con variaciones en el orden de 40 mg.

Lima, 29 de marzo 2022.

Dr. Jesús A. Cjuno H. RCQP.

Figura 21. Fotografías de la muestra original y pulverizada en estado anhidro para el análisis de isotiocionatos.



Los resultados obtenidos en la determinación del contenido de isotiocianatos para 100 gr de muestra seca de Mashua/añu es de 567 miligramos por kilogramo el cual presenta valores consistentes con los valores referenciales de Limaymanta C. Efecto del estrés abiótico postcosecha en la síntesis de glucosinolatos *Tropaeolum tuberosum*. Tesis UNALM, Lima (Perú), 2018. Página 42 a partir del contenido de glucosinolatos totales (entre 104 a 656 miligramos/kilogramo de isotiocianatos en base seca) donde nos indica que nuestros resultados se encuentran en el rango de valores estándares manteniéndose en el congelado y aumentando la cantidad de isotiocianatos en el tercer día de soleado.

Con esto concluimos que los procesos realizados y la eliminación del picor no afecta considerablemente en el contenido de isotiocianatos los cuales son la base fundamental de importancia de este tubérculo en la salud y alimentación.

El informe completo con su procedimiento, resultados e interpretación de los análisis de cuantificación de isotiocianatos lo puedes encontrar en el anexo 2.

5.4. Resultados de prueba de palatabilidad

Figura 30: Resultados de pruebas de palatabilidad.

PRUEBA DE PALATABILIDAD

PRODUCTO: MAZAMORRA DE MASHUA / AÑU / ISAÑO

1. Por favor con una (x) indique que le pareció:

ESCALA VERBAL	ESCALA GRAFICA	PUNTUACION	COLOR	OLOR	SABOR	PROMEDIO pts
ME ENCANTA		5	30	30	29	29.67
ME GUSTA		4	29	26	27	27.33
REGULAR		3	23	26	25	24.67
NO ME GUSTA		2	0	0	0	0
LO DETESTO		1	18	18	19	18.33
			100	100	100	100

2. ¿la recomiendas? Si () no ()
81/100 19/100

En el caso de las pruebas de palatabilidad el puntaje de los resultados arrojó un promedio 81.67% de aceptación en las cartillas de evaluación, demostrando que a un gran porcentaje de los evaluados les pareció agradable la mazamorra de harina de mashua, esto obtenido del promedio del puntaje total de las 100 personas evaluadas comparada al puntaje promedio de rechazo de un 18.33%.

En cuanto a las características sensoriales de la mazamorra de mashua, presentaban un olor azufrado casi imperceptible lo que la hacía agradable al olfato, el color presentaba un tono crema amarillento agradable a la vista y el sabor aun presentaba un leve sabor característico de la mashua y un picor casi imperceptible según argumentan los evaluados y consumidores.

VI. CONCLUSIONES

La obtención de harina de mashua presenta una pérdida del 88% de su peso total al procesar 100 kg de tubérculos frescos de mashua en 12 kg de harina.

El análisis de los resultados de laboratorio expresa los siguientes valores por cada 100gr de muestra seca: Humedad (8.0gr), Proteínas (13.3gr), Carbohidratos (65.8gr), Grasa Total (3.9gr), Fibra (5.0gr), Ceniza (4.0gr), pH (6.1gr), ácido ascórbico (2.9gr), estos resultados comparándose con las muestras frescas registró un alto contenido de ácido ascórbico y grasa, también cabe señalar que el contenido nutricional más resaltante son los carbohidratos y proteínas que se incrementaron después del procesamiento, en cuanto el resultado del contenido de isotiocianatos es de 567 miligramos por kilogramo en muestra seca.

Con el preparado de la mazamorra a base de harina de mashua para la prueba de palatabilidad que se realizó en la feria de ciencia, tecnología y ecología San Jerónimo 2019 a 100 estudiantes de la Facultad de Agronomía y Zootecnia arrojó un promedio 81.67% de aceptación del consumidor.

6.1. Sugerencias

Se sugiere a los próximos investigadores tomar como base experimental este trabajo de investigación y emplear nuevos métodos de transformación y realizar un estudio bromatológico con la variedad de mashua negra.

Se sugiere a los productores interesados e investigadores no sobrepasar el tiempo de soleado con el fin de deshidratar a más de 3 días para evitar la disminución del contenido isotiocianatos en los tubérculos procesados.

Se sugiere a los próximos investigadores como también a los productores interesados realizar estudios de investigación de costos de producción de harina de mashua para una planta productora.

Se sugiere a los interesados en el tema desarrollar estudios de comercialización y difusión entre y para los productores campesinos de mashua, al cual va dirigido este trabajo de investigación.

Se sugiere a los estudiantes desarrollar mediante trabajos de tesis la elaboración de nuevos productos para darle valor agregado al uso de la harina de mashua.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. **Arias C, M. M (2011).** Análisis y comparación de los glucosinolatos presentes en diferentes accesiones de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) para evaluar su uso potencial en el control del patógeno de la papa *Spongospora* subterránea. [Tesis de investigación para optar al título de: Magister en Ciencias Química] - Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Química Bogotá, Colombia.
2. **Alcalá F. A., et al (2012).** Efecto del escaldado sobre indicadores de calidad de papa criolla (*solanum phureja*) liofilizada. [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos] Universidad del Valle Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cali - Colombia.
3. **Aruquipa R. et al (2017).** El Isaño (*Tropaeolum tuberosum*) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. Facultad de Agronomía, UMSA. Artículo obtenido de la Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales - versión impresa ISSN 2409-1618.
4. **Barrionuevo V, K. M., (2019).** Estudio del efecto del sistema de deshidratación de cuatro variedades de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) sobre la capacidad antioxidante. [Trabajo de titulación para la obtención del título de Química de Alimentos] - Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Química de Alimentos, Ecuador.
5. **Canahualpa C, F y Solano G, E., (2018)** Estudio de la cinética de secado y degradación de las antocianinas y vitamina c de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) [Para optar el título profesional de: Ingeniera en Industrias Alimentarias] - Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Huancayo - Perú
6. **DILAS-JIMÉNEZ (2020),** mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) cultivo subutilizado con alto potencial para zonas altoandinas en el Perú, obtenido de la Revista de Investigación Científica y Tecnológica Alpha Centauri Volumen 1, Número 1, Julio-Setiembre 2020 ISSN: 2709-4502 (página 18). Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Huancavelica – Perú.
7. **Grau et al (2003).** Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon.*). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. International Potato Center, Lima. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. pp 42. Publicacion obtenida del Repository of Agricultural Research Outputs.

8. **Hernández T, M., et al (1995).** Glucosinolatos de la dieta, un posible factor causal de neuropatías con modificaciones del transporte axonal. International Institute for Healthcare Professionals. Publicacion obtenida de la revista cubana Aliment Nutr 9(1), 48-51, Boca Raton, Florida.
9. **Izquierdo A, J. E., (2013)** Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y distribuidora de néctar de Mashua embotellada ubicada en la ciudad de Quito. [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Comercial con Especialización en Administración de Empresas] Universidad politécnica salesiana sede quito, Quito – Ecuador.
10. **Lawson, A., et al (2015).** Los isotiocianatos naturales ejercen efectos anticancerígenos al inhibir las enzimas desubiquitinizantes. Manuscrito obtenido de HHS Public Access - National Library of Medicine Natural Center for Biotechnology Information - Naturally occurring isothiocyanates exert anticancer effects by inhibiting deubiquitinating enzymes. Cancer research 75(23):5130-5142, Estados Unidos.
11. **León C, D. M., (2017)** “Factores que influyen en el conocimiento tradicional de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dos comunidades indígenas” [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agronomo] Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ceballos – Ecuador.
12. **Limaymanta C. E., (2018),** “Efecto del estrés abiótico post-cosecha en la síntesis de glucosinolatos, actividad mirosinasa y carotenoides en mashua (*Tropaeolum tuberosum*)” [Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Industrias Alimentarias, Lima – Perú.
13. **Medina C, E. B., (2018)** “Elaboración de cupcakes a partir de harina de mashua (*tropaeolum tuberosum*), utilizando como agentes fermentadores leudantesquímicos” [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ingeniería de Procesos Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Arequipa – Perú.
14. **Pacheco, A. E. S., (2015).** Caracterización morfológica y molecular de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) de los departamentos de Cusco y Cajamarca. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en mejoramiento genético de plantas] - Universidad Nacional Agraria la Molina escuela de posgrado maestría en mejoramiento genético de plantas, Lima - Perú.

15. **Picallo, Alejandra. (marzo 2009).** Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. En: Encrucijadas, no. 46. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires:
16. **Ortega, O., et al (2006).** Glucosinolate survey of cultivated and feral mashua (*Tropaeolum tuberosum*) in the Cuzco region of Peru. Economic Botany, 60 (3), 254- 264. Artículo de la revista Economic Botany, 60(2), 2006, pp. 000–000. Publicado por: Springer en nombre de New York Botanical Garden Press Bronx, NY 10458-5126 U.S.A.
17. **Pacco, C, W., (2015)** “Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.)” [Trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú.
18. **Orrego A, C. E. (2008)** “Congelación y Liofilización de Alimentos Manizales”, Libro publicado en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Caldas - Colombia.
19. **Patricia A, D. R., et al (2013)** Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometida a diferentes pretratamientos. Revista: Proyecciones; vol. 11, no. 1. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Ciudad Buenos Aires- Argentina.
20. **Pérez Porto, J., Gardey, A. (2019).** Palatabilidad - Qué es, definición y concepto. Artículo publicado.
21. **Poma Restrepo, L. M., & Paz Cañón, C. F. (2017).** Efecto antimicrobiano del extracto de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) frente a *Listeria monocytogenes* en carne de hamburguesa. [Trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos]. Universidad de La Salle Ciencia Unisalle_
22. **Ramón C, F. C., (2017),** “Efecto del estrés abiótico postcosecha en las características físico-químicas y de algunos metabolitos primarios de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón)”. [Trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Industrias Alimentarias, Lima - Perú
23. **Sorensen LB, et al. (2003).** Efecto de la percepción sensorial de los alimentos sobre el apetito y la ingesta de alimentos: una revisión de estudios en humanos. Publicación de la International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders 27:1152-1166.

24. **Salazar C, M. F., (2014)** “Procesamiento de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) para la aplicación en productos de panadería” [Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Licenciado en Gestión Gastronómica]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Salud Pública, Escuela de Gastronomía. Riobamba – Ecuador
25. **Valle P. M, A., (2017)** “Caracterización morfológica y fenología en variedades de (*Tropaeolum tuberosum* (mashua) de interés medicinal” [Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ceballos – Ecuador.
26. **Villavicencio B, M., (2017)** Caracterización Agrobotánica de 80 entradas de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en la comunidad de Llullucha Distrito de Ocongate-Cusco. Tesis de grado, Perú.

WEBGRAFIA

1. **Clarke, D. B. (2010).** Glucosinolat4es, structure and analysis in food. AnalyticalMethods, 2 (4), 310. <https://doi.org/10.1039/b9ay00280d>.
2. **Dr. France Bellisle (2006).** Los factores determinantes de la elección de alimentos. Artículo revisado, INRA, Francia <https://www.eufic.org/es/vida-sana/articulo/los-factores-determinantes-de-la-eleccion-de-alimentos/#ref45>
3. Eco. Antonio García Fernández Especialista en Información Agraria. Rendimiento y producción de tubérculos Andinos, 2018, Dirección Regional de Agricultura del Cusco (DRAC).
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KojDVZws0GkKEvhJLTSbkrT_kdpSzMv8/edit?usp=sharing&oid=107074851796756613189&rtpof=true&sd=true
4. **Nora Barda (2015)** ANALISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS. Licenciada en Química (Universidad Nacional del Sur) y MSc. en Food Science and Technology (Oregon State University, Estados Unidos). Actualmente se desempeña como jefa de la Sección Análisis Sensorial y Química del Flavor del Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), en Villa Regina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intaanalisis_sensorial_de_los_alimentos_fruticultura.pdf
5. NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO CODEX STAN 152-1985 (REV. 1 – 1995) adoptada por la Comisión del Codex Alimentarius en 1985 y revisada en 199512. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
6. Normas Técnicas Peruanas 205.027.(1986) Harina de Trigo. INDECOPI, Lima – Perú. https://tuxdoc.com/download/ntp-2050271986-harina-de-trigo_pdf
7. Sandra Orena, Ing. Agronomo. INIA-Remehue. Comportamiento Fisiológico de los Tubérculos durante el Almacenamiento, manual interactivo de la papa - INIA. <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=87>

ANEXO

ANEXO 01

Registro fotográfico del procesamiento de la Harina de mashua

Figura 22: Almacén del CRIBA, lugar de recepción de los tubérculos de mashua.



Figura 23: proceso de selección de tubérculos de mashua.



Figura 24: Proceso de limpieza y extracción de impurezas de tubérculos de mashua.



Figura 25: Tubérculos de mashua después de la selección y limpieza



Figura 26: Tubérculos de mashua después de la extracción de impurezas.



Figura 27: Proceso de pesado de tubérculos de mashua seleccionados.



Figura 28: Pesado de 100kg de tubérculos de mashua.



Figura 29: Lavado de tubérculos de mashua a procesar en tachos de 100lt.



Figura 30: Proceso de triple lavado de tubérculos de mashua.



Figura 31: Congelado de tubérculos de mashua.



Figura 32: Tubérculos de mashua después de 5 días de congelado.



Figura 33: Cambio de agua en el remojo de tubérculos de mashua.



Figura 34: Tubérculos blandos y con sabor picante mínimo.



Figura 35: Tubérculos de mashua después de la extracción de agua mediante estrujado.



Figura 36: Cortado de tubérculos de mashua para secado.



Figura 37: Tubérculos de mashua cortados en proceso de secado.



Figura 38: Tubérculos de mashua almacenados después del secado.



Figura 39: Tubérculos de mashua deshidratados empaquetado para pesado y molienda.



Figura 40: Molienda de tubérculos de mashua deshidratados.



Figura 41: Producto final, harina de mashua.



Anexo 2

Informe del procedimiento, resultados e interpretación de cuantificación de isotiocianatos en muestra de 100 gr de tubérculos secos de mashua.



FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341
Jesús María (Lima 11) – PERÚ - Tlf. 4231669
Email: fractal@fractalquimicos.com

www.fractalquimicos.pe

■ ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FISICOQUIMICA Y ANALITICA – I+D EN QUIMICA – ASESORIA Y CAPACITACION – APARATOS Y REACTIVOS ■

ENSAYOS Y ANÁLISIS QUÍMICO DE PRODUCTOS NATURALES

I10954 – 032022

(INFORME DEL PROCEDIMIENTO, RESULTADOS E INTERPRETACIÓN)

SOLICITANTE : KLEVER ANDRÉ PARISACA LÓPEZ

Bachiller en Agronomía

DNI: 71706423

Código de alumno:131181

Universidad Nacional san Antonio Abad del Cusco

Facultad de Agronomía y Zootecnia

Escuela de Agronomía

MUESTRA : MASHUA/AÑU – TESIS || Procedencia: CUSCO

TIPO DE ANÁLISIS : CUANTIFICACIÓN DE ISOTIOCIANATOS

INFORME : PROCEDIMIENTO, RESULTADOS E INTERPRETACION

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : FQ.18-02-2022.

FECHA DE ANÁLISIS : 19-02-2022 al 20-03-2022.

FECHA DE INFORME : 29-03-2022 //13-12-2022.



FRACTAL QUÍMICOS E.I.R.L.

RUC:20602077811 - Mariscal Luzuriaga 341
Jesús María (Lima 11) - PERÚ - Tlf. 4231669
Email: fractal@fractalquimicos.com

www.fractalquimicos.pe

■ ENSAYOS Y CERTIFICACION EN FISICOQUIMICA Y ANALITICA - I+D EN QUIMICA - ASESORIA Y CAPACITACION - APARATOS Y REACTIVOS ■

CUANTIFICACIÓN DE ISOTIOCIANATOS EN ESPECIE VEGETAL

MASHUA/AÑU

Tropaeolum tuberosum

(PROCEDIMIENTO, RESULTADOS E INTERPRETACIÓN)

FUNDAMENTO DEL ANALISIS

Los **isotiocianatos** (ISTC) de fórmula $S=C=N-R$ (R: alil, 2-feniletíl, ...) así como el tiocianato amónico (NH_4SCN), reaccionan cuantitativamente con iones de Ag^+ en medio ligeramente ácido (HNO_3). La formación de la especie $AgSCN$ (precipitado) se relaciona estequiométricamente con la especie SCN o el ISTC. Una valoración indirecta de la concentración de iones Ag^+ por valoración de cloruros potenciométricamente, posibilita la determinación de la concentración de iones Ag^+ reaccionado con la especie SCN y con ello la cuantificación del NH_4SCN o el ISTC.

La especie vegetal nativa *Tropaeolum tuberosum* (**MASHUA** o **AÑU**), contiene **glucosinolatos**, que por hidrólisis enzimática con **mirosinasa**, produce **glucosa** y una **oxina-sulfatada**; esta última, por transposición de Lossen en medio neutro a alcalinoda ISTC, objetivo analítico del presente informe. Las referidas reacciones se muestran en las figuras 42, 43, 44 y 45.

REACCIONES DE CUANTIFICACIÓN

Figura 42. Reacciones de hidrólisis enzimática con **mirosinasa** y la formación de la **oxima sulfatada**.

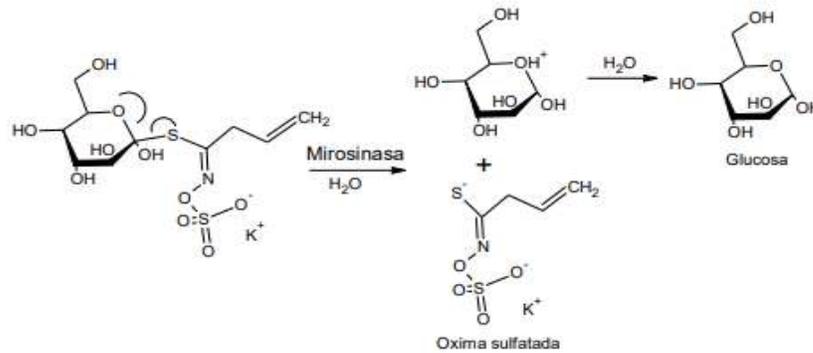


Figura 43. Reacción de transposición de Lossen, formación y destilación del ISTC para su atrapamiento sobre solución de nitrato de plata valorada.

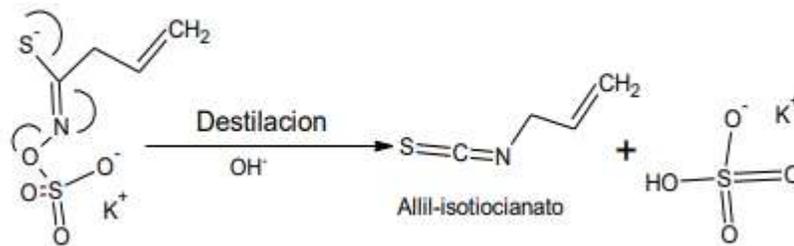


Figura 44. Reacción de liberación y atrapamiento del ISTC sobre solución de AgNO_3 .

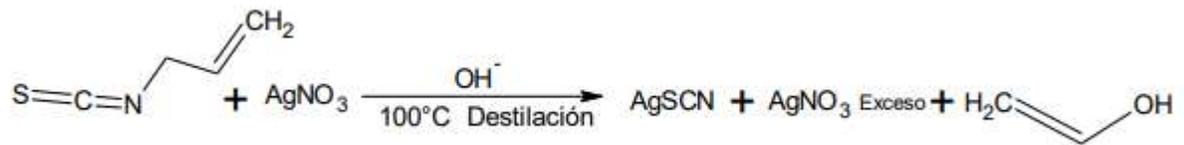
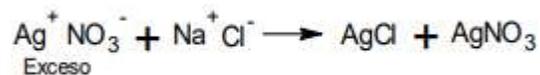


Figura 45. Reacción de cuantificación del exceso de Ag^+ con solución de Cl^- valorado.



MUESTRA - ESPECIE VEGETAL

La muestra corresponde a una especie vegetal proveniente del departamento de Cusco (Perú) y fue proporcionado por el Bachiller en Agronomía Klever Andre Parisaca Lopez.

Características de la muestra:

Denominación: **MASHUA/AÑU** (Sin identificación taxonómica)

Procedencia: Cusco

Figura 46. Porción de muestra de muestra original MASHUA/AÑU secado al ambiente

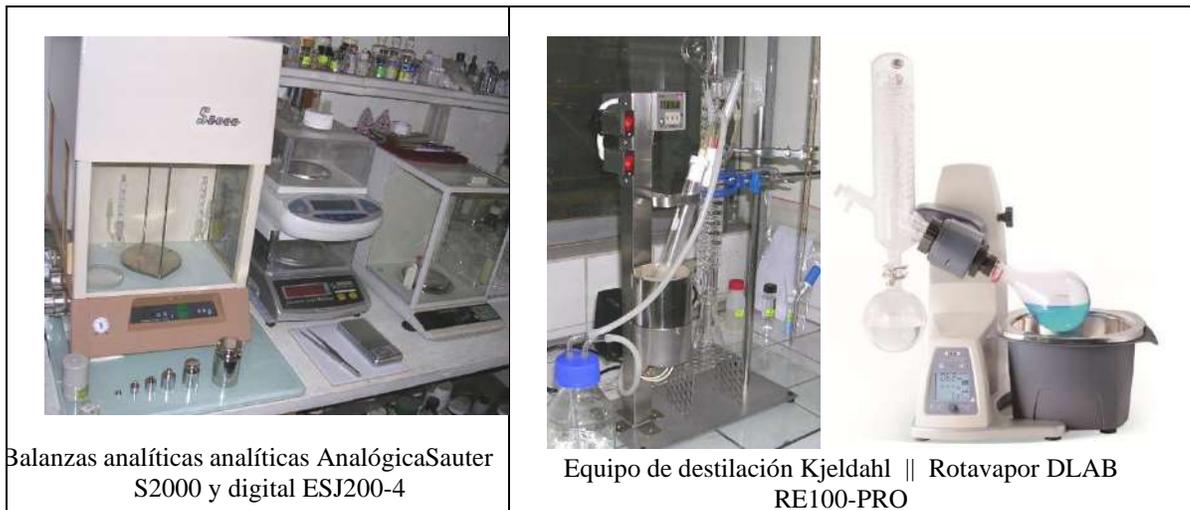


REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS

- Agua – grado HPLC ($K < 1,5\mu\text{S}$)
- Sinigrina hydrate $\geq 99,0\%$ (TLC) – Sigma Aldrich
- Tiocianato amónico – 99,8% Merck
- Nitrato de plata de (AgNO_3) QP – 99,8% Merck

- Cloruro de sodio (NaCl) – 99,9% Scharlau
- Hidróxido de sodio 6,00N FQ-Norm.
- Mirosinasa estándar (Sigma Aldrich UK) – **Una unidad (un) de myrosinase** = cantidad de enzima que produce 1μmol de glucosa por minuto (25°C, pH 7,5) con el sustrato **sinigrina** [Olukayode Adediran Okunade, et al. *Food Chemistry* **187** (2015) 485 – 490].
- Soluciones valoradas de HCl-0,1N; NaOH-0,1N
- Balanza analítica electrónica Digital Precisión ESJ200-4 ($\pm 0,0001$ g) con pesas int/extde calibración.
- Centrífuga KertLab XC-2000, 4000rpm
- Ultrasonido 25K42-500ml
- Rotavapor DLAB RE100-PRO
- Material volumétrico de vidrio (pipetas 1, 2, 5 ml; fioles 25, 50, 100ml) Fortuna DIN A
- Micropipetas automáticas variables de 10, 100 y 1000 μL – Brand-Germany
- Jeringas 6ml y filtros de nylon y PTFE de 0,45μm (uso GC y HPLC)
- Viales HPLC 2ml
- **Procesador** para molienda de café Bosch.
- Equipo de filtración milipore 250 ml (membrana de nylon de 0,45micras y Ø 45mm)
- Estufa de secado 110°C $\pm 0,1$
- Desecador con gel de sílice y control de presión negativa.
- Equipo de destilación tipo Kjeldahl (vol de balón 50 ml, matraz colector de 50ml)
- Equipo de valoración potenciométrica para argentometría (Electrodo de Plata, referencia Ag/Cl, potenciómetro digital, bureta de valoración 10,00 $\pm 0,05$ ml)

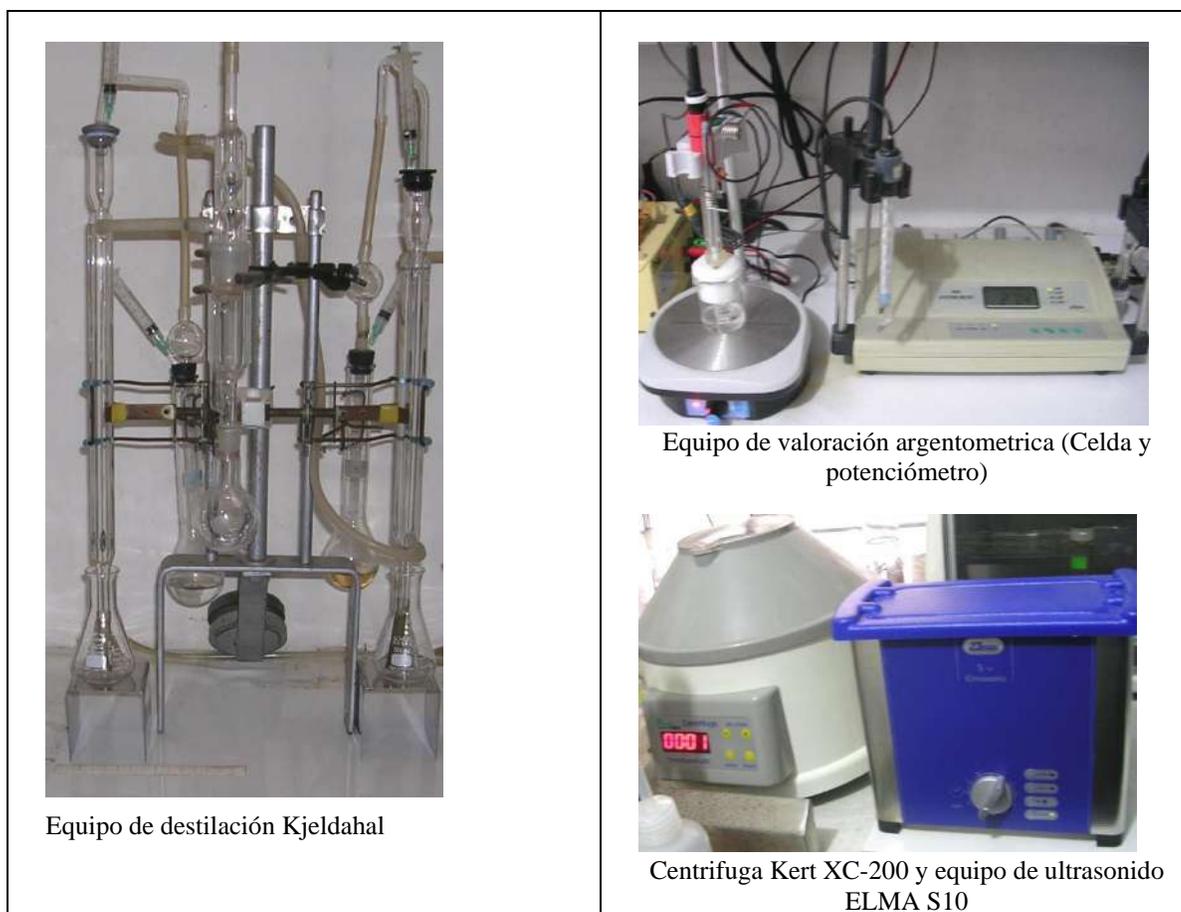
Figura 47. Aparatos y equipos para el análisis de ISTC en Mashua/Año.



Balanzas analíticas analógica Sauter S2000 y digital ESJ200-4

Equipo de destilación Kjeldahl || Rotavapor DLAB RE100-PRO

Figura 48. Aparatos y equipos para el análisis de ISTC en Mashua/Año.



Equipo de destilación Kjeldahl



Equipo de valoración argentométrica (Celda y potenciómetro)



Centrifuga Kert XC-200 y equipo de ultrasonido ELMA S10

- f) Toma de muestra y **extracción de glucosinolato** con metanol-agua (70:30) y alternativamente buffer fosfato (20 mM) en medio acuoso a pH = 7,20 y 100°C.

Muestra: 10g (muestra en polvo y anhidro)

Metanol-agua (70:30): 50 ml

Sonicación: 5 minutos

Filtración al vacío: Equipo de filtración milipore con membrana de nylon 0,45μ.

Rotavapor: Evaporación de solvente a 2ml y microfiltración conmembrana de 0,45micras.

Muestra conteniendo allil-ISTC + glucosa (**A-ISTC+G**).

Hidrólisis enzimática con Mirosinasa según Olukayode et al. 2015. [Olukayode Adediran Okunade, et al. Food Chemistry 187 (2015) 485 – 490. || Clarke, D. B. (2010). Glucosinolates, structure and analysis in food. Analytical Methods, 2 (4), 310.

<https://doi.org/10.1039/b9ay00280d>]. Ver secuencia de reacciones en figuras 1 y 2.

- g) **Destilación** del total de A-ISTC+G + 5ml Agua + 1ml-NaOH-6N, destilado colectadosobre 10 ml de solución valorada de AgNO₃ – 0,00500-N-bureta (Valoración potenciométrica con solución valorada de NaCl (Cl⁻) – 0,00250-N-Matraz).
- h) **Valoración** de las soluciones de AgNO₃ blanco y después de la destilación. La diferencia entre el volumen de AgNO₃- blanco y el volumen de AgNO₃-muestra después de la destilación, representa la cantidad de AgNO₃ estequiométricamente relacionada con las especies (SCN)⁻ y el ISTC, según las ecuaciones de las figuras 43,44 y 45.
- i) La cantidad de **ISTC determinado estequiométricamente** y relacionada con el pesode la muestra en polvo multiplicada por 100, representa el porcentaje de ISTC y a partir de esta expresado en miligramos por 1-kilogramo de muestra es el valor reportado en el informe: **56,7 microgramos/1-kilogramo** de muestra seca. De los resultados por triplicado en la valoración se ha obtenido la desviación de ± **4,0**.
- j) El resultado del contenido de ISTC en 100gr muestra es de 567 miligramos por kilogramo con variaciones en el orden de 40 mg.

La metodología desarrollada ha sido consistente con los fundamentos y reacciones químicas.

Referencias usadas por el laboratorio

1. Clarke, D. B. (2010). Glucosinolates, structure and analysis in food. *Analytical Methods*, 2 (4), 310. <https://doi.org/10.1039/b9ay00280d>.
2. Olukayode Adediran Okunade, et al. *Food Chemistry* 187 (2015) 485 – 490.
3. Piekarska A. Kusznierevich, *Industrial Crops and Products*. Vol.50, (2013), p.58-67. DOI:10.1016/j.indcrop.2013.06.048.
4. Limaymanta C. Efecto del estrés abiotico post-cosecha en la síntesis de glucosinolatos ... *Tropaeolum tuberosum*. Tesis UNALM, Lima (Peru), 201

Lima, 13 de diciembre 2022.

Dr. Jesús A. Cjuno H. RCQP. Nro.452

ANEXO 3

Registro fotográfico de la prueba de palatabilidad y exhibición de la Harina de mashua

Figura 50: Proceso de preparación de la mazamorra de harina de mashua



Figura 51: Pesado de gr de harina para cálculo de la mezcla en la mazamorra.

Figura 52: Ingredientes listos para la mazamorra.

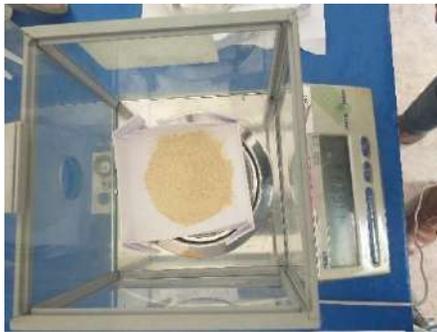


Figura 53: Mezcla de la harina para la mermelada.

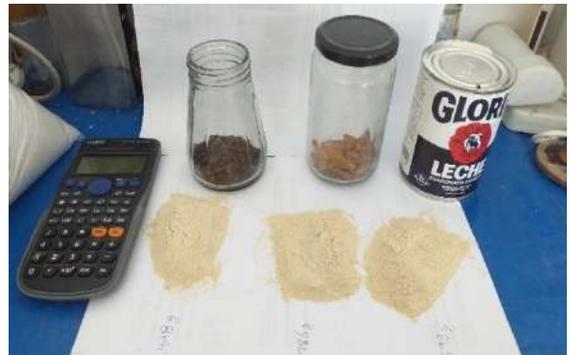


Figura 54: Empaquetado de harina de mashua: 500gr, para exhibición.



Figura 55: Muestras de mazamorra de mashua



Figura 56: Degustación: prueba de palatabilidad.



Figura 57: Cartillas de prueba de palatabilidad marcadas después de la degustación.

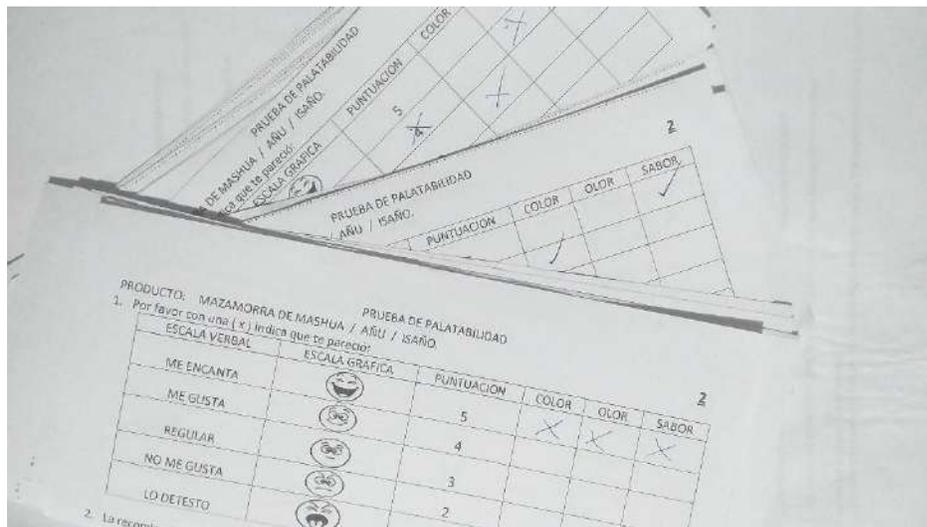


Figura 58: Registro fotográfico de la cartilla de prueba de palatabilidad.

PRUEBA DE PALATABILIDAD

PRODUCTO: MAZAMORRA DE MASHUA / AÑU / ISAÑO. **1**

1. Por favor con una (x) indica que te pareció:

ESCALA VERBAL	ESCALA GRAFICA	PUNTUACION	COLOR	OLOR	SABOR
ME ENCANTA		5		X	X
ME GUSTA		4	X		
REGULAR		3			
NO ME GUSTA		2			
LO DETESTO		1			

2. La recomiendas? SI () NO () *Felicidad mayor de siempre*

Figura 59: Degustación de la mazamorra y prueba de palatabilidad.



Figura 60: Exhibición de la harina de mashua y su procesamiento.



Figura 61: Exhibición de mazamorra de harina de mashua.

