

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LOS  
COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN DOS ACCESIONES DE  
MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* R&P)**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**DELIA LUZMILA CATUNTA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PROMOCION: 2013 - II**

**PUNO – PERÚ**

**2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

“EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LOS  
COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN DOS ACCESIONES DE  
MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* R&P)”

PRESENTADA POR:

DELIA LUZMILA CATUNTA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACION: 30 DE SETIEMBRE DEL 2016

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :

  
Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

PRIMER MIEMBRO

  
Ing. Marienela CALSÍN CUTIMBO

SEGUNDO MIEMBRO

  
Ing. Raúl Ivon PAUCARA RAMOS

DIRECTOR DE TESIS

  
Ing. M. Sc. F. Víctor CHOQUEHUANCA CÁCERES

ASESOR DE TESIS

  
Ing. D. Sc. Rosario E. ORTEGA BARRIGA

PUNO – PERÚ

2016

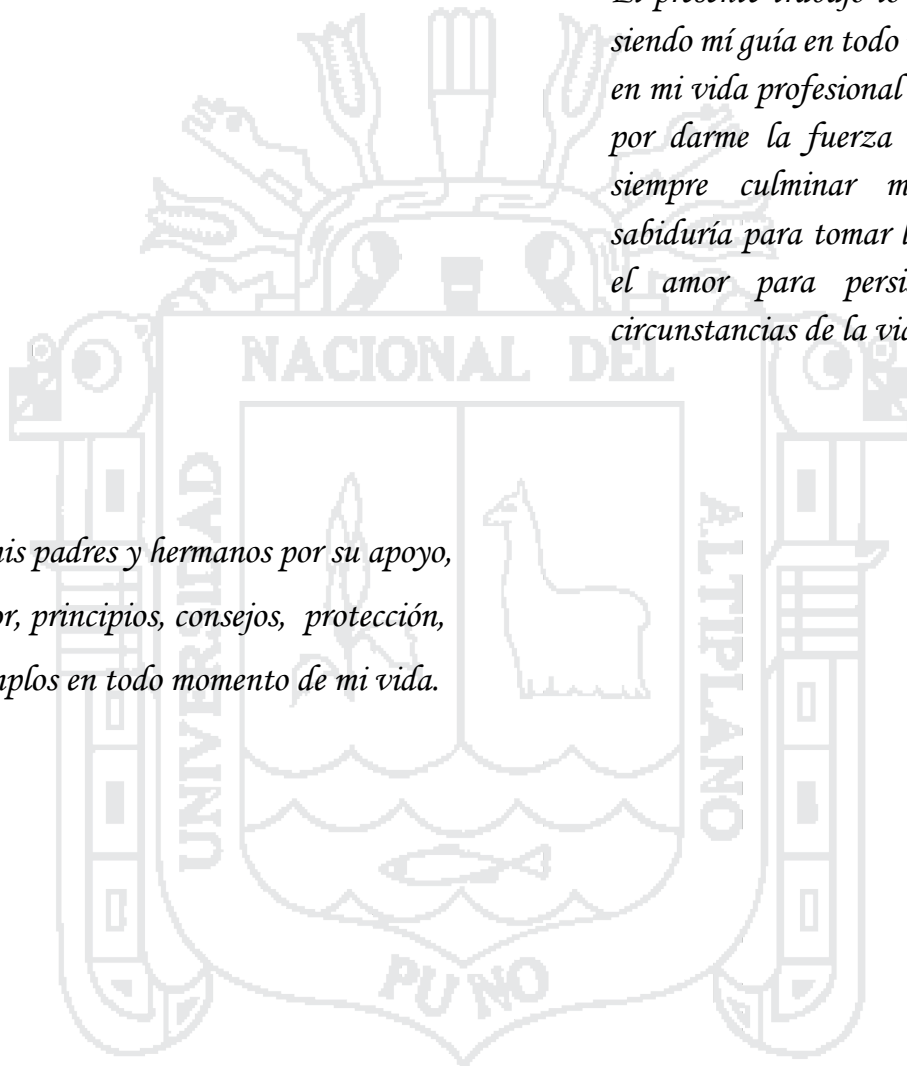
Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

## DEDICATORIA

*El presente trabajo lo dedico a Dios, siendo mi guía en todo momento tanto en mi vida profesional como personal, por darme la fuerza necesaria para siempre culminar mis metas, la sabiduría para tomar las decisiones y el amor para persistir ante las circunstancias de la vida.*

*A mis padres y hermanos por su apoyo, amor, principios, consejos, protección, ejemplos en todo momento de mi vida.*



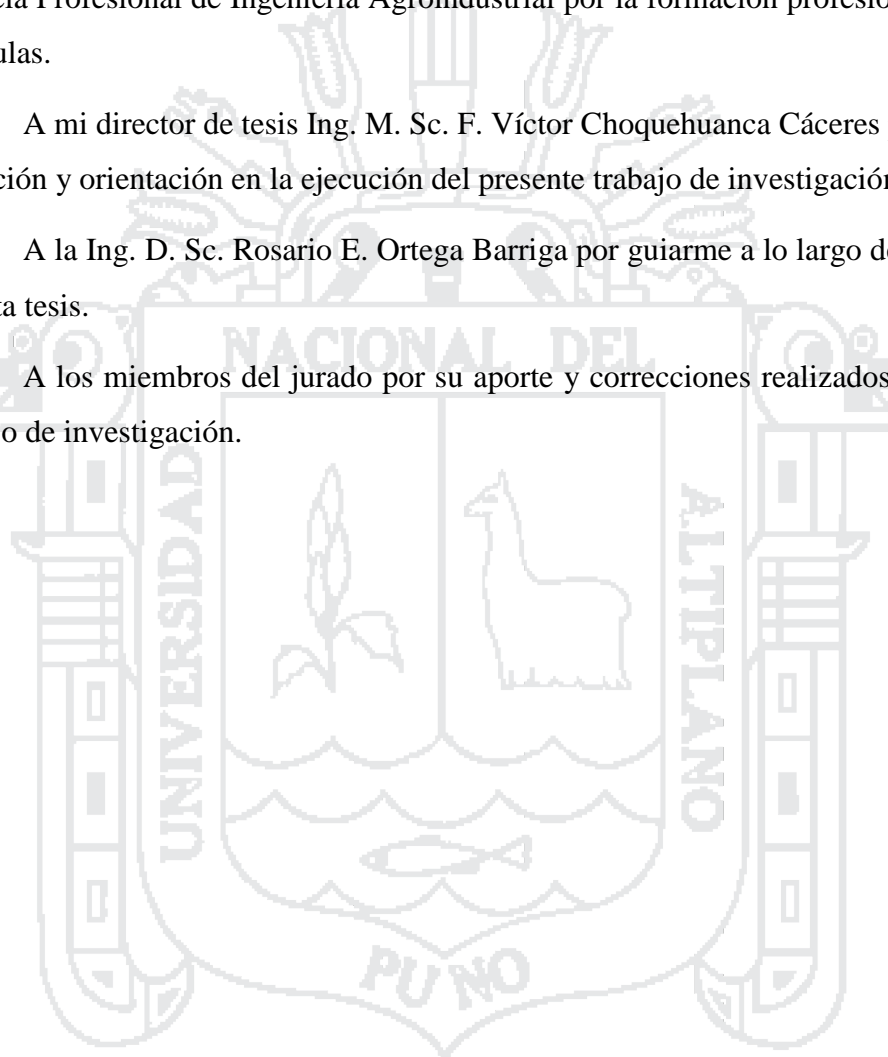
## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias y la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por la formación profesional recibida en sus aulas.

A mi director de tesis Ing. M. Sc. F. Víctor Choquehuanca Cáceres por su acertada dirección y orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Ing. D. Sc. Rosario E. Ortega Barriga por guiarme a lo largo de la realización de esta tesis.

A los miembros del jurado por su aporte y correcciones realizados en el presente trabajo de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

Pág.

ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. MASHUA ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P) .....	2
2.1.1 Generalidades.....	2
2.1.2 Clasificación Taxonómica de la mashua.....	2
2.1.3 Descripción Botánica de la Mashua .....	3
2.1.4 Formas de utilización del tubérculo de mashua.....	4
2.1.5 Producción de la mashua en la región Puno.....	4
2.1.6 Composición química de la mashua.....	5
2.2. ANTIOXIDANTES .....	6
2.2.1 Clasificación de los Antioxidantes.....	7
2.2.2 Antioxidantes Naturales .....	8
2.2.3 Antioxidantes sintéticos .....	9
2.2.4 Usos de los antioxidantes en alimentos.....	9
2.3. COMPUESTOS FENÓLICOS .....	10
2.3.1. Clasificación de Compuestos Fenólicos.....	11
2.3.2. Efecto del tratamiento térmico en los antioxidantes y compuestos fenólicos .....	12
2.4. VITAMINA C .....	13
2.5. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	14
2.5.1. Factores que afectan a la Deshidratación Osmótica.....	16
2.5.2. Mecanismo de Transporte en Tejidos Vegetales .....	18

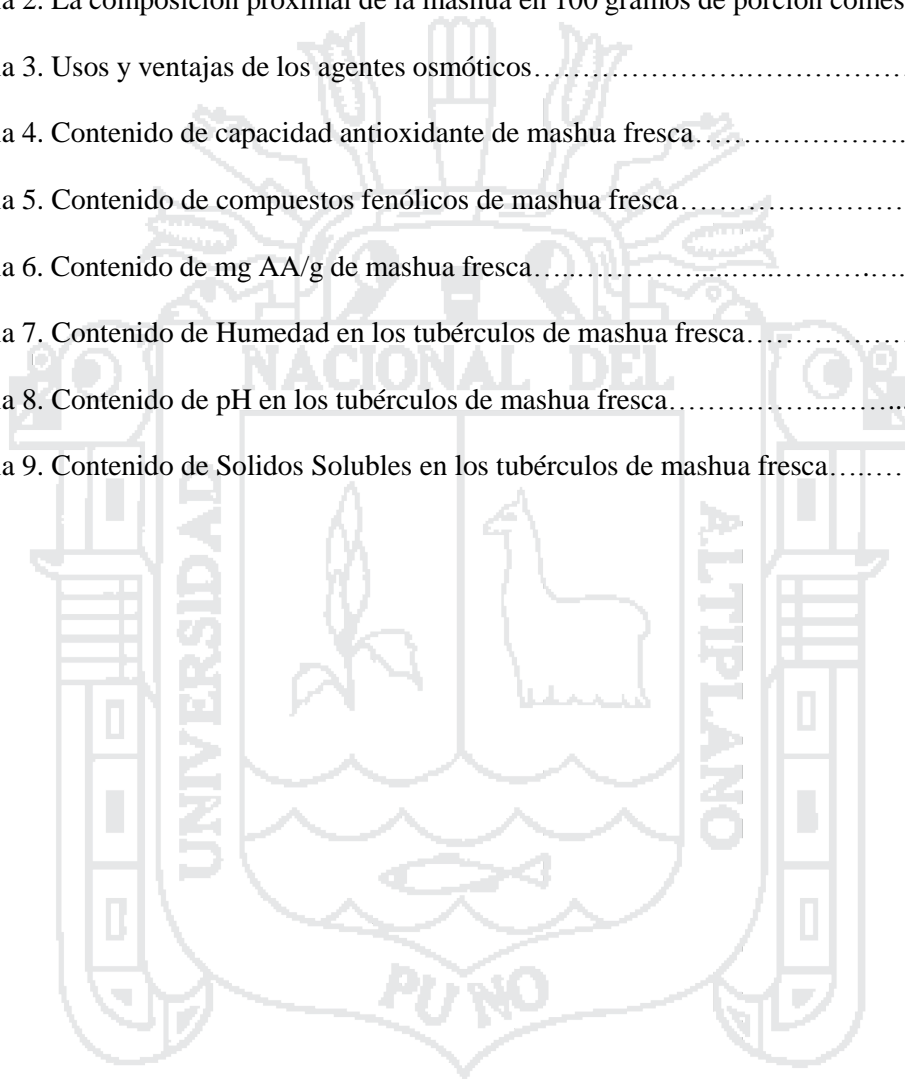
	Pág.
2.6 Cloruro de Sodio .....	19
2.7 Miel de Abeja .....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Lugar de Ejecución .....	21
3.2 Materia Prima e Insumos. ....	21
3.2.1 Materia Prima .....	21
3.3 Materiales, Equipos y Reactivos.....	21
3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	22
3.4.1. Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación de dos accesiones de mashua. ....	23
3.4.2. Evaluar la humedad, pH, °Brix y color durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.....	25
3.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS. ....	25
3.5.1 Determinación de la capacidad antioxidante.....	25
3.5.2 Determinación de compuestos fenólicos.....	26
3.5.3 Determinación de contenido de Vitamina C .....	27
3.5.4 Determinación de humedad.....	28
3.5.5 Determinación de pH .....	29
3.5.6 Determinación de Solidos Solubles.....	29
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	29
3.6.1. Evaluación del contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación de dos accesiones de mashua.....	29
<input type="checkbox"/> Variables de respuesta .....	30
3.6.2. Para evaluar la humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua. ....	30
<input type="checkbox"/> Variables de respuesta .....	30
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>31</b>

4.1 Características de la Materia Prima.....	31
4.1.1. Capacidad Antioxidante .....	31
4.1.2 Compuestos Fenólicos.....	32
4.1.3. Vitamina C .....	33
4.1.4. Humedad .....	33
4.1.5. pH.....	34
4.1.6. Solidos Solubles (°Brix).....	34
4.2. Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua. ....	35
4.2.1. Capacidad antioxidante.....	35
4.2.2. Compuestos fenólicos .....	37
4.2.3. Vitamina C.....	39
4.3. Evaluar la humedad, pH, °Brix y color durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua. ....	41
4.3.1. Humedad.....	41
4.3.2. pH .....	43
4.3.3. Solidos Solubles.....	44
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	49



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción de la Mashua en la región Puno.....	5
Tabla 2. La composición proximal de la mashua en 100 gramos de porción comestible.....	6
Tabla 3. Usos y ventajas de los agentes osmóticos.....	17
Tabla 4. Contenido de capacidad antioxidante de mashua fresca.....	31
Tabla 5. Contenido de compuestos fenólicos de mashua fresca.....	32
Tabla 6. Contenido de mg AA/g de mashua fresca.....	33
Tabla 7. Contenido de Humedad en los tubérculos de mashua fresca.....	33
Tabla 8. Contenido de pH en los tubérculos de mashua fresca.....	34
Tabla 9. Contenido de Sólidos Solubles en los tubérculos de mashua fresca.....	35





## ÍNDICE DE FIGURAS

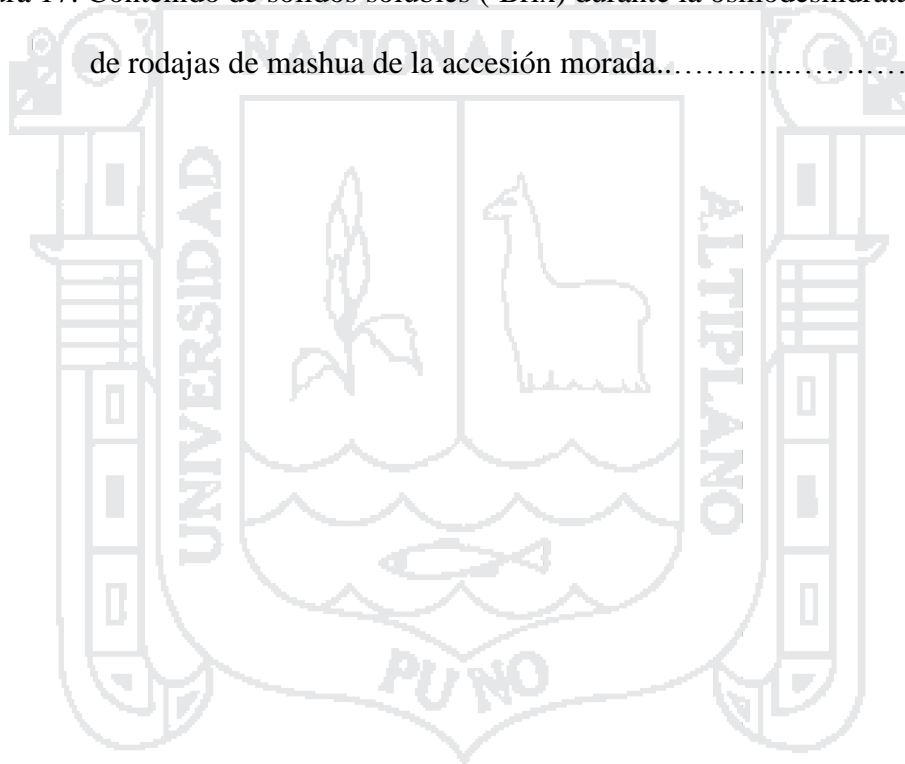
	Pág.
Figura 1: Diferentes accesiones del tubérculo mashua.....	3
Figura 2: Cambios en la actividad antioxidante debido a eventos diferentes y simultáneos en una matriz vegetal sometida a calentamiento.....	10
Figura 3: Principios de la deshidratación osmótica, y cambios de flujo de masa, Solutos y agua.....	15
Figura 4: Tipos de transporte en el tejido vegetal: Apoplástico (AP), simplástico (SP) y transmembrana(TM).....	19
Figura 5: Diagrama de flujo para la obtención de osmodeshidratato de mashua.....	24
Figura 6. Contenido de capacidad antioxidante durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión Amarilla.....	35
Figura 7. Contenido de capacidad antioxidante durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión Morada.....	36
Figura 8. Contenido de compuestos fenólicos durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.....	37
Figura 9. Contenido de compuestos fenólicos durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.....	38
Figura 10. Contenido de Vitamina C (mg AA/g) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.....	39
Figura 11. Contenido de Vitamina C (mg AA/g) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.....	40
Figura 12. Contenido de humedad durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.....	41
Figura 13. Contenido de humedad durante la osmodeshidratación de rodajas mashua de la accesión morada.....	42

Figura 14. Contenido de pH durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.....43

Figura 15. Contenido de pH durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.....44

Figura 16. Contenido de solidos solubles (°Brix) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.....45

Figura 17. Contenido de solidos solubles (°Brix) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.....45



## RESUMEN

El aprovechamiento de los cultivos nativos de interés agroalimentario es un tema de investigación actual, por el valor nutricional con el que cuentan cada uno de ellos, sin embargo estos no son consumidos por una falta de difusión. Actualmente muchos de estos cultivos son considerados alimentos funcionales, porque no solo nutren al ser humano si no al ser consumidos cumplen funciones específicas como prevenir enfermedades. El presente trabajo de investigación titulado efecto de la deshidratación osmótica sobre los compuestos antioxidantes en dos accesiones de mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P) se evaluó el contenido de los compuestos antioxidantes, humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica; el efecto de la concentración de solución osmótica (50-60 °Brix) y tiempo de inmersión (60, 120 y 180min). Para el contenido de capacidad antioxidante se empleó la metodología ABTS utilizando la espectrofotometría para su lectura, para los compuestos fenólicos el método Follin Ciocalteu, vitamina C por titulación con 2,6 diclorofenolínol, determinación de porcentaje de humedad por método gravimétrico, pH por lectura directa con pH-metro y °Brix por lectura con brixometro, obteniendo como resultados que la accesión amarilla tuvo un contenido de capacidad antioxidante de 4.64  $\mu\text{mol trolox eq/g}$  (b.h.) , 94.28 mg de ácido gálico/100g de compuestos fenólicos, 1.18 mg ácido ascórbico/100 ml de vitamina C, 49.07% de humedad, pH 7.11 y 53.67 °Brix mientras en la accesión morada 4.50  $\mu\text{mol trolox eq /g}$  (b.h.) de capacidad antioxidante, en el contenido de compuestos fenólicos 111.31 mg de ácido gálico/100g, en vitamina C 5.31mg ácido ascórbico/100 ml; por contenido de humedad 43.09%, 7.56 de pH y 54.53 °Brix siendo estos los mejores tratamientos. Concluyendo que en el proceso de osmodeshidratación a mayor tiempo de inmersión en la solución osmótica mayor es también la pérdida de los compuestos antioxidantes.

**Palabras claves:** Antioxidantes, Compuestos fenólicos, Vitamina C, osmodeshidratación y mashua.

## I. INTRODUCCIÓN

Existe un interés creciente en el uso de los antioxidantes, para la prevención y el tratamiento de enfermedades, es por esto que desempeñan un papel importante las dietas ricas en antioxidantes que previenen el desarrollo de algunas enfermedades patológicas (Beltrán, A. 2014).

La pérdida de capacidad antioxidante natural, durante el procesado de los alimentos se ha vuelto un problema, debido a su baja resistencia contra el oxígeno, catálisis del ion de metal, temperaturas altas, luz, secado y grado higrométrico; por lo tanto se debe buscar procesos que minimicen la pérdida de estos compuestos bioactivos (Cuya, 2009).

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos vegetales por inmersión en una solución hipertónica, enteras o en trozos por un cierto periodo de tiempo en una solución de azúcares y/o sales de alta presión osmótica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad. El manejo de los parámetros óptimos de dicho proceso conduce a la extensión de la vida útil y reducción de los tiempos de procesado, como método novedoso de preservación mejora además las características organolépticas y nutricionales del producto (Rastogi & Raghavarao, 1996).

Estudios recientes indican que la mashua es fuente importante de actividad antioxidante y es comparado con frutas como la tuna y arándano que tiene un alto contenido de antioxidantes determinando por esto ser excelente (Beltrán, A. 2014). Teniendo en cuenta que éste tubérculo sólo se produce una vez al año y posteriormente ya no se encuentra disponible en el mercado, es necesario realizar una transformación que nos permita tenerlo a disposición y que este tratamiento no vaya en desmedro de sus propiedades antioxidantes (Chirinos *et al.*, 2007).

En consecuencia, la mashua puede desempeñar un papel preponderante en el desarrollo sustentable del área alimenticia, implementándose procesos tecnológicos que sean aprovechados en beneficio y bienestar de nuestros pueblos.

Con este propósito se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.
- Evaluar la humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* R&P)

#### 2.1.1 Generalidades

La mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), es uno de los tubérculos más importantes después de la papa, olluco y oca; se cultiva en los valles húmedos de la zona andina de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Nacional Research Council, 1989).

Meza *et al.*, (1997), mencionan que la planta hereditaria es de la Meseta Peruano-Boliviano. Pero ahora puede encontrarse en lugares tan lejanos como Canadá, Europa y Nueva Zelanda (Nacional Research Council, 1989). Entre los tubérculos andinos, la mashua es de mayor rendimiento, se encuentra entre 9 y 70 toneladas por hectárea (Caicedo, C. & Ayala, G. 1999).

Crece en alturas de 3000 a 4000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm. Tineo (1993), menciona que los rendimientos de la mashua supera a la papa de dos por uno y crece en suelos pobres y sin fertilizantes.

#### 2.1.2 Clasificación Taxonómica de la mashua

Temoche *et al.*, (2004) menciona que la ubicación taxonómica de las mashua es la siguiente:

Reino: *Vegetal*.

Clase: *Angiopermas*.

Sub clase: *Dicotiledoneas*.

Orden: *Geraniales*.

Familia: *Tropaeolaceae*.

Género: *tropaeolum*.

Especie: *tuberosum R. et P.*

Nombre Científico: *Tropaeolum tuberosum R.et P.*

Nombres comunes: *mashua, añu, cubios, navios, isaño.*

### 2.1.3 Descripción Botánica de la Mashua

Es una planta herbácea de 20 a 80 cm de alto, de tallos aéreos, cilíndricos y delgados de 2 a 4 mm de diámetro, ramificados de color púrpura. Tiene hojas de color verde oscuro brillante en el haz y verde claro en el envés, las flores son solitarias de diferentes colores que van de anaranjadas o rojizas (Hernández & León, 1992).

Hernández & León (1992) señala que la planta es inicialmente erecta, aunque a la madurez es semi postrada la forma de la hoja es ovalada, la cara superior es verde y la cara inferior de un verde claro. Puede ser de tres, cuatro o cinco lóbulos. Las flores solitarias nacen en las axilas o elipsoidal. La mashua a diferencia de la oca y del olluco, tiende a formar gran cantidad se semillas viables. Según su coloración se puede clasifican en:

- Tubérculos de color uniforme generalmente blanco, amarillo o anaranjado
- Tubérculos con pigmentos de antocianina ubicados solo en las yemas
- Tubérculos muy coloreados en las yemas con antocianinas
- Tubérculos con yemas pigmentadas y con franjas longitudinales rojas o moradas

Hernández & León (1992), describe dos variaciones dentro de la misma especie. Como se visualiza en la Figura 1.

- *T. tuberosum* var. *Pilifer*, de tubérculos blancos, delgados, de ápice violáceo y ojos o yemas provistos de pelos delgados, procedentes de Colombia,
- *T. tuberosum* var. *lineomaculata*, de tubérculos profundamente manchados de líneas coloreadas, cultivados sobre todo en Perú y Bolivia.



Figura. 1: Diferentes accesiones del tubérculo mashua (Hermann, 1991).

#### 2.1.4 Formas de utilización del tubérculo de mashua.

Hernández & León (1992), describen algunos usos del tubérculo de mashua.

- Alimento: Los tubérculos se consumen cocidos. Los brotes tiernos y las flores se comen cocidos como verduras
- Medicinal: Contra los cálculos renales. Como antibiótico contra *Cándida albicans*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus*, muy buena contra las dolencias genito urinarias.
- Antiafrodisiaco: Disminuye la cantidad de testosterona y dihidrotestosterona en la sangre. Se dice que reduce el instinto sexual y se cuenta que las tropas de los incas llevaban la mashua como fiambre para olvidarse de sus mujeres.

Más allá de su utilidad como repelentes de muchos insectos, nemátodos y otros patógenos. La mashua se destina una cierta cantidad para el consumo animal y otra cantidad se destina para el consumo humano, y se utiliza como ingredientes en sopas, guisos, encurtidos, mermelada, postres (Ortega, 1992).

En Nueva Zelanda, aparte de consumir sus tubérculos en sopas y estofados, también son consumidas las hojas jóvenes y las flores (Nacional Research Council, 1989).

Por su valor diurético y nutritivo es consumida con agrado por adultos y niños del área rural sancochada en una pachamanca, o en el horno, adquiere un sabor especial semejante al camote (Salas, 1998).

Actualmente la mashua es muy escasa debido a que tiene poco valor comercial, ya que no es muy apetecido por el hombre porque tiene un sabor picante cuando está cruda, debido a los isotiocianatos en cocido pierde esta característica, pero aún es rechazada por las personas de sexo masculino porque se dice que es anafrodisiaco; aunque estudios realizados en ratas muestran que no afecta la fertilidad sin embargo hay un descenso en los niveles de testosterona. (Hernández & León, 1992)

Esta especie se considera única, dentro de los alimentos se le incluye propiedades de reprimir el deseo sexual (Tapia *et al.*, 2007).

#### 2.1.5 Producción de la mashua en la región Puno

Según las informaciones adquiridas de la Dirección Regional Agraria-Puno (DRA) fue como se muestra en la Tabla 1:



Tabla 1. Producción de la Mashua en la región Puno

AÑOS	PRODUCCION(t)
2003/2004	4322
2004/2005	4566
2005/2006	3636
2006/2007	4845
2007/2008	4899
2008/2009	5105
2009/2010	4322
2010/2011	4754
2011/2012	4932
2012/2013	5260

FUENTE: Boletín Informativo Dirección Regional Agraria-Puno (2013)

### 2.1.6 Composición química de la mashua

La composición química de la mashua depende principalmente de las características genéticas, sin embargo, tubérculos de la misma planta pueden diferir notablemente en la composición química. Además, la composición se ve afectada por varios factores como: accesión, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madurez de la cosecha, etc. La mashua puede contener apreciables cantidades de carotenos (vitamina A) y de Vitamina C (77mg en 100 gramos de materia fresca comestible), siendo cuatro veces más que la cantidad de esta vitamina encontrada en la papa (Tapia *et al.*, 2007). En la Tabla 2 se presenta la composición química de la mashua estudio realizado por los diferentes autores que a continuación se detalla por cada 100 gramos de mashua.

Tabla 2. La composición proximal de la mashua en 100 gramos de porción comestible

Componentes	Base húmeda (B H)			Base seca (B S)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Rango	Promedio	Promedio	Rango	Promedio
Humedad (%)	79,10-88,8	87,4	86	78,3-92,4	-
Carbohidratos (g)	-	9,8	11	-	78,6
Proteína (g)	1,13-2,65	1,5	1,6	6,9-15,7	11,4
Grasa (g)	-	0,7	0,6	0,1-1,4	4,3
Cenizas (g)	0,56-1,08	0,6	0,8	4,2-6,5	5,7
Fibra (g)	-	0,9	0,8	7,8-8,6	-
Azúcares (g)	5,37-9,33	-	-	-	-
Potasio (mg)	1,28-1,76	-	-	-	-
Fósforo (mg)	0,61-0,83	29	42	-	300
Calcio (mg)	-	12	7	-	50
Hierro (mg)	-	1,0	1,2	-	8,6
Vitamina. A (mg)	-	15		-	214
Tiamina (mg)	-	0,10	0,06	-	0,46
Riboflavina. (mg)	-	0,12	0,08	-	0,57
Niacina (mg)	-	0,67	0,6	-	4,3
Vitamina C (mg)	-	77,5	67	-	476

FUENTES: (1) Tapia *et al* (2007); (2) Collazos *et al.*, (1993); (3) Meza *et al.*, (1997); (4) King (1986) citado por Ramallo (1999); (5) National Reserach Council (1989).

## 2.2. ANTIOXIDANTES

Fennema (2000), menciona que los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar el inicio o reducir la velocidad de oxidación de las sustancias auto-oxidables. Pokorny *et al.*, (2001) agregan además que los antioxidantes retardan el desarrollo de sabores inadecuados prolongando el periodo de inducción por lo que su adición al final de este período no consigue retardar el desarrollo del enranciamiento. Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la

oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Debido a esto es que los antioxidantes son a menudo agentes reductores tales como tioles o polifenoles (Valdebenito, 2005).

Los antioxidantes se encuentran contenidos en los vegetales, tubérculos, cítricos, frutas, raíces, etc. Aunque las reacciones de oxidación son cruciales para la vida, también pueden ser perjudiciales, por lo tanto las plantas y los animales mantienen complejos sistemas de múltiples tipos de antioxidantes, tales como glutatión, vitamina C, y vitamina E, así como enzimas tales como la catalasa, superóxido dismutasa y varias peroxidases. Los niveles bajos de antioxidantes o la inhibición de las enzimas antioxidantes causan estrés oxidativo y pueden dañar o matar las células. El estrés oxidativo ha sido asociado a la patogénesis de muchas enfermedades humanas, es por ello que el uso de antioxidantes en farmacología es estudiado de forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas (Valdebenito, 2005).

Sin embargo, se desconoce si el estrés oxidativo es la causa o la consecuencia de tales enfermedades. Los antioxidantes también son ampliamente utilizados como ingredientes en suplementos dietéticos con la esperanza de mantener la salud y de prevenir enfermedades tales como el cáncer y la cardiopatía isquémica. Aunque algunos estudios han sugerido que los suplementos antioxidantes tienen beneficios para la salud, otros grandes ensayos clínicos no detectaron ninguna ventaja para las formulaciones probadas y el exceso de la suplementación puede de vez en cuando ser dañino (Valdebenito, 2005).

### 2.2.1 Clasificación de los Antioxidantes

Valdebenito (2005), menciona que los antioxidantes se clasifican en dos amplios grupos, dependiendo de si son solubles en agua (hidrofilicos) o en lípidos (hidrofóbicos). En general los antioxidantes solubles en agua reaccionan con los oxidantes en el citoplasma celular y el plasma sanguíneo, mientras que los antioxidantes liposolubles protegen las membranas de la célula contra la peroxidación de lípidos.

Pokorny *et al.*, (2001), mencionan que los antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación de dos formas: captando radicales libres, en cuyo caso se denominan antioxidantes primarios o por mecanismos que no estén relacionados con la captación de radicales libres, en cuyo caso se conocen como antioxidantes secundarios. Los antioxidantes primarios incluyen compuestos fenólicos, y se destruyen durante el período de inducción. Los antioxidantes

secundarios operan a través de un cierto número de mecanismos, incluyendo su unión a metales pesados, captación del oxígeno, conversión de hidroperóxidos a especies no radicales, absorción de la radiación UV. Los antioxidantes secundarios solo poseen actividad antioxidante en presencia de un segundo componente minoritario, lo cual puede observarse en el caso de agentes secuestradores, tal como el ácido cítrico, que sólo es efectivo en presencia de iones metálicos, y agentes reductores tal como el ácido ascórbico que sólo es efectivo en presencia de tocoferoles u otros antioxidantes primarios.

Ruíz (2009), detalla los mecanismos enzimáticos y no enzimáticos a través de los cuales los antioxidantes actúan:

- **Mecanismos enzimáticos:** Se trata de enzimas que proporcionan una función protectora frente a los oxidantes biológicos, disminuyendo la concentración intracelular de radicales libres. Entre ellas destacan la catalasa, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, NADPH-quinona oxidoreductasa y la epóxido hidrolasa entre otras. Las enzimas descritas constituyen la primera línea de defensa celular frente al daño oxidativo.
- **Mecanismos no enzimáticos:** La segunda línea de defensa está compuesta por secuestradores de radicales libres residuales que no fueron neutralizados por las enzimas antioxidantes. Entre ellos podemos citar: glutatión, ácido úrico, transferrina, lactoferrina, taurina, ceruloplasmina, ubiquinol, bilirrubina, carotenoides como la vitamina A, E, C, butilhidroxitolueno (BHT).

## 2.2.2 Antioxidantes Naturales

Es difícil de poder definir a los antioxidantes naturales principalmente se refiere a las que se presentan en la mayoría de los vegetales, microorganismos hongos e incluso tejidos animales. Las plantas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especies reactivas y ciertos productos naturales podrían desempeñar un papel preventivo debido a sus características antioxidantes. La mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos, y su eficacia depende de la reacción del hidrogeno fenólico con los radicales libres, de la estabilidad de los radicales antioxidantes formados durante la reacción con los radicales libres y de las sustituciones químicas presentes en su estructura básica, que probablemente es el factor que contribuye la actividad de los antioxidantes naturales estables (Pokorny *et al.*, 2005).

Entretanto investigaciones de la actividad antioxidante de varias fuentes naturales demuestran que son eficaces y seguros, así extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos despiertan un interés en la industria alimenticia porque retardan la degradación oxidativa de

lípidos y mejoran las cualidades de los alimentos. Además se están estableciendo metodologías de extracción, identificación de compuestos activos, y evaluación de su eficacia de estos compuestos activos en la oxidación de aceites y alimentos, constatándose que la capacidad antioxidante de una fuente natural es influenciada por diferentes factores como: región en donde la planta es cultivada, el solvente o técnica de extracción empleados, o el sustrato lipídico utilizado en el ensayo (Frankel *et al.*, 1996).

### 2.2.3 Antioxidantes sintéticos

Se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos lo más usados son los compuestos fenólicos como hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico (Frankel *et al.*, 1996).

Los antioxidantes sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar su solubilidad en grasas y aceites. Son muy estables al calor y se usan a menudo para estabilizar las grasas de los productos cocinados y fritos. Pero desde el punto de vista de la seguridad alimentaria están sujetos a constantes cuestionamientos y restricciones dado a que se ha reportado que serían carcinogénicos de acuerdo a las normas el uso de estos cuatro antioxidantes sintéticos esta limitados al 0.02% del contenido de grasa o aceite del alimento para suprimir el desarrollo de peróxidos durante el almacenamiento. La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad, aconsejan mantener cierta precaución. En este caso los antioxidantes naturales se presentan como sustancias más saludables (Frankel *et al.*, 1996).

### 2.2.4 Usos de los antioxidantes en alimentos

Los antioxidantes se utilizan como los aditivos alimenticios para ayudar a preservar los alimentos. La exposición al oxígeno y la luz del sol son los dos factores principales que causan la oxidación de alimentos, así que el alimento es preservado manteniéndolo en la oscuridad y sellándolo en envases o aun cubriéndolo en cera, como con los pepinos. Sin embargo, como el oxígeno es también importante para la respiración de la planta, almacenar los materiales de planta en condiciones anaerobias produce sabores y colores desagradables.

Que los niveles de compuestos antioxidantes pueden variar considerablemente dentro de la misma especie vegetal, e incluso entre sus variedades, debido a factores genéticos y ambientales que condicionan la germinación, el crecimiento y calidad del cultivo (Scalbert & Williamson, 2000).

La Figura 2 muestra un ejemplo de las diferentes reacciones que pueden suceder en una matriz vegetal sometida a tratamiento térmico. Para los tratamientos térmicos cortos una

reducción en la propiedad antioxidante general debido a la pérdida de antioxidantes de origen natural y/o la formación de prooxidantes de la reacción de Maillard pueden ser detectados. Prolongando el tiempo de calentamiento, esta pérdida puede ser minimizada por una recuperación o incluso una mejora de la actividad antioxidante debido a la formación de MRPs avanzados (Severini & Lericci, 1995; citados por Nicoli *et al.*, 1999).

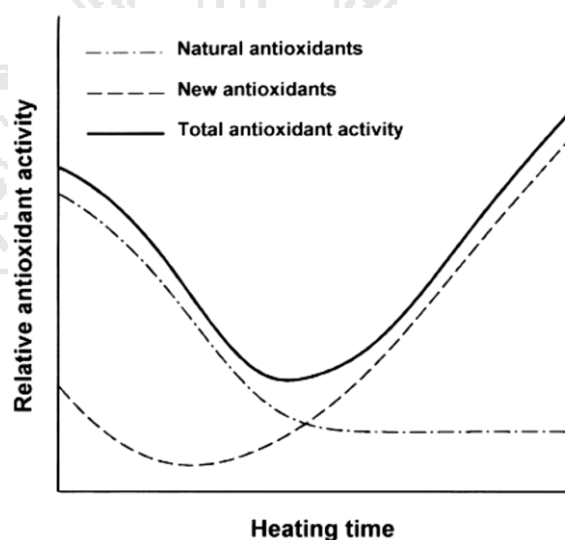


Figura 2: Cambios en la actividad antioxidante debido a eventos diferentes y simultáneos en una matriz vegetal sometida a calentamiento (Nicoli *et al.*, 1999).

### 2.3. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos se refieren a un grupo de sustancias que poseen en común un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilos, y que se presentan frecuentemente como glicósidos, combinados con unidades de azúcar. Dada la naturaleza aromática de estos compuestos fenólicos, ellos muestran intensa absorción en la región UV del espectro, siendo esta característica importante para su identificación y análisis cuantitativo (Estrella, 2004). Aunque el grupo fenólico hidrófobo es común a todos, Olmedilla & Granado (2008), mencionan que la glicosilación con azúcares como glucosa, ramnosa, galactosa y arabinosa los hace solubles en agua (Nicoli *et al.*, 1999).

Los compuestos fenólicos se caracterizan por ser uno de los grupos de compuestos presentes en el reino vegetal, siendo parte importante de la dieta tanto humana como animal. Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 800 compuestos distintos. Actualmente se ha despertado un gran interés por estos compuestos debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana, tales



como el tratamiento y prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías de carácter inflamatorio (Martínez-Valverde, 2000).

### 2.3.1. Clasificación de Compuestos Fenólicos

#### a) No Flavonoides

Los no flavonoides se subdividen en compuestos como los ácidos fenólicos, estilbenos y taninos hidrosolubles, los ácidos fenólicos distinguen dos familias distintas, la serie benzoica y la serie cinámica que se pueden encontrar en forma libre o esterificada con azúcares. La actividad antioxidante de los ácidos fenólicos se debe también a los hidrógenos fenólicos, la posición de los grupos hidroxilo y el grado de hidroxilación determina en gran medida la actividad antioxidante, la presencia de un segundo grupo hidroxilo aumenta la capacidad antioxidante (García, 2005).

#### b) Flavonoides

Se han descrito más de 4000 flavonoides diferentes que se clasifican en varias familias según cambios en su estructura básica. Son compuestos polifenólicos tanto de bajo como de elevado peso molecular que comparten el esqueleto común de difenil piranos: dos anillos benceno unidos a través de un anillo pirona o pirano heterocíclico, que pueden poseer varios grupos hidroxilo (OH) unidos a esta estructura de anillos (García, 2005).

Los flavonoides es el grupo más ampliamente distribuido (flavonoles, flavonas, isoflavonas, antocianinas y flavanonas) (Pokorny *et al.*, 2005 citado por; Calsin, 2007), estos son constituyentes naturales de los alimentos vegetales y proporcionan, en gran medida, el sabor, color y textura de estos alimentos. Los flavonoides más abundantes en los vegetales son los flavonoles y las flavonas (un subgrupo de flavonoles) y los glucosidos de ambos.

Los flavonoles poseen una coloración amarillenta, estos compuestos pueden ser identificados claramente por la existencia de un grupo carbonilo en  $C_4$ . Según el grado de oxidación de la molécula pueden distinguirse diferentes tipos de compuestos.

La actividad antioxidante de la antocianina, está fuertemente condicionada por el sistema utilizado como sustrato y las condiciones de catálisis de la oxidación (Pokorny *et al.*, 2005, citado por Calsin, 2007).

Estrella (2004), afirma que los compuestos fenólicos o polifenoles provienen del metabolismo secundario de las plantas. Existe una gran variedad de compuestos fenólicos, y se clasifican en flavonoides y no flavonoides.



Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo, fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante (Espín, J. & Barberán, F. 2005).

Fennema (2000), menciona que la mayoría de los flavonoides se caracterizan por ser hidrosolubles y estables al calor. Potter & Hotchkiss (1995), manifiestan que son susceptibles a los cambios químicos (maduración de las frutas), a los físicos en el procesamiento de los alimentos: picado y trituración (estos forman parte de la organización tisular y de estructuras, que al romperse se lixivian y se destruyen parcialmente en contacto con el aire), y a los cambios térmicos, ya que el calor excesivo altera los pigmentos de los alimentos y son sensibles al cambio de pH, tendiendo hacia un amarillo intenso en medio alcalino.

Boateng *et al.*, (2008) afirman que últimamente, las proantocianidinas o taninos condensados (que son polímeros formados por unidades de antocianidina (flavonoide) y que han sido hidrolizados), han demostrado ser efectivos antioxidantes con actividad aún mayor que los fenoles simples.

Con respecto a los no flavonoides, éstos son compuestos benzoicos y cinámicos, llamados comúnmente ácidos fenólicos Santos & Soriano (2006), afirman que están formados por un anillo aromático con al menos un grupo hidroxilo y con grupos aldehído, alcohol o ácido, solos o esterificados con ácidos orgánicos o unidos a azúcares. Dentro de éstos destacan los lignanos, estilbenos y compuestos polifenoles polimerizados: taninos y ligninas. Sin embargo, Estrella (2004), menciona a los estilbenos, taninos, ligninas y lignanos como otros compuestos de naturaleza polifenólica, además de los flavonoides y no flavonoides. Algunas de las propiedades de los productos de origen vegetal, como color, astringencia y aroma son debidas a la presencia de compuestos de este tipo.

Maestri *et al.*, (2006) citado por Miranda *et al.*, (2010), mencionan que los ácidos fenólicos son otro grupo de sustancias con propiedades antioxidantes, cuya actividad antioxidante se debe principalmente a sus propiedades redox, que les permiten actuar como agentes reductores, donadores de hidrógeno y captadores de oxígeno.

No existe una ingesta diaria recomendada para este tipo de compuestos. Sin embargo, como una estimación aproximada, la ingesta total de polifenoles generalmente se podría encontrar entre los 150-1000 mg/día (Espín, J. & Barberán, F. 2005).

### **2.3.2. Efecto del tratamiento térmico en los antioxidantes y compuestos fenólicos**

La mayor parte de los alimentos son malos conductores del calor. Los procesos de calentamiento o enfriamiento pueden acortarse mediante operaciones de reducción de tamaño. La conductividad térmica de un alimento está fuertemente influenciada por la composición, al igual

que por el calor específico, siendo el agua la que ejerce la mayor influencia. La conductividad térmica disminuye a medida que el alimento se va secando (Lewis, 1993).

Nicoli *et al.*, (1999) señalan que los posibles efectos en el potencial antioxidante que pueden llevarse a cabo consecutiva o simultáneamente durante el procesamiento de alimentos, son los siguientes:

- La pérdida de antioxidantes naturales.
- Mejora de las propiedades antioxidantes de los compuestos naturales.
- Formación de nuevos compuestos con actividad antioxidante (es decir, productos de la reacción de Maillard).
- Las interacciones entre los diferentes compuestos (por ejemplo, los lípidos y antioxidantes naturales, los lípidos y los productos de la reacción de Maillard), el aumento de compuestos fenólicos debido al tratamiento térmico podría deberse a la liberación de ácidos fenólicos unidos a los constituyentes celulares, seguido de alguna polimerización y oxidación de éstos constituyentes fenólicos (Boateng *et al.*, 2008). Randhir *et al.*, (2008) señala que la aglicosilación también puede ser causa del aumento de la actividad antioxidante; así como los efectos aditivos y sinérgicos entre otros fitoquímicos y fenólicos alterados térmicamente.

Como ejemplo se puede señalar que en el caso del maíz dulce sometido a tratamiento térmico, el aumento de la actividad antioxidante total se explica por el aumento de los ésteres del ácido ferúlico solubilizado y la liberación de compuestos fenólicos ligados a la matriz de la célula (Dewanto *et al.*, 2002; citados por Randhir *et al.*, 2008). El tratamiento térmico de semillas de uva liberó compuestos fenólicos, la condición de calentamiento y la forma de la semilla afectó la actividad antioxidante del extracto obtenido (Kim *et al.*, 2006).

Para los cultivares de mashua morada Pérez (2005), determinó altos coeficientes de correlación entre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante determinada por el método ABTS. Wen *et al.*, (2010), afirman que la cantidad de compuestos fenólicos posee una buena correlación con la capacidad antioxidante total. Kuljarachanan *et al.*, (2009), también encontraron que los compuestos fenólicos son los mayores contribuyentes de la capacidad antioxidante del producto. Con esto se corroboraría que los compuestos fenólicos de la mashua morada son los mayores contribuyentes de la actividad antioxidante del producto.

## 2.4. VITAMINA C

La vitamina C está formado por seis átomos de carbono. Es un componente nutricional importante de la alimentación, su actividad se da por la unión del ácido L-ascórbico y su forma oxidada es el ácido deshidroascórbico (Rojas, D., 2008).

La vitamina C es el antioxidante más importante para evitar la peroxidación lipídica es de origen hidrosoluble permitiendo regular los procesos oxidativo dentro de la célula evitando así el envejecimiento celular impidiendo la formación de radicales libres. Y al no poder ser sintetizado dentro del organismo humano tiene que ser ingerido a través de los diferentes tipos de alimentos (Entrala, 1994).

Melo & Cuamatzi (2006), afirman que existen diversas fuentes de ácido ascórbico como frutas cítricas, vegetales y patatas que son de fácil deterioro a pesar de mantenerse almacenados en espacios cerrados.

La ausencia de dicha vitamina produce la enfermedad conocida como escorbuto que se presenta en forma de sangrado de encías, moretones en la piel y problemas musculares que pueden llegar a producir la muerte, por eso la importancia de su consumo en bajos niveles (Xammar & Donnamaría, 2005).

Se ha determinado que en la mashua existe aproximadamente 77,37 mg de vitamina C por cada 100 g de materia fresca, lo que le hace unos de los tubérculos con mayor contenido de ácido ascórbico (Espín, S., Villacres, E., & Brito, B., 2004).

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

Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E., & Bornierbale, M., (2008), mencionan que los escaldados de diferentes variedades de papa detuvieron un 54% de la concentración inicial de ácido ascórbico a diferencia de procesos de horneado y microondas que ocasionaron menor retención de vitaminas.

## 2.5. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La deshidratación osmótica se le conoce como la concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica ya sea azúcar o sal y otros (Barbosa C., & Vega, M., 2000), que tienen una presión osmótica mayor que la del alimento, el agua pasa de alimento a la solución debido a la influencia del gradiente de la presión osmótica (Brennan, 2008).

La deshidratación osmótica de alimentos incluye dos tipos de transferencia de masa: la difusión del agua del alimento a la solución y la difusión de solutos de la solución al alimento. En el primer tipo, la fuerza conductora de la transferencia de masa es la diferencia de presión osmótica, mientras en la segunda es la diferencia de concentraciones (Barbosa C., & Vega, M., 2000).

La osmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas. Los mecanismos por lo que se consigue la deshidratación osmótica no es simple (Barbosa C., & Vega, M., 2000).

Sin embargo, estas membranas no son completamente selectivas y algunos solutos, tales como azúcares, sales, ácidos orgánicos y vitaminas pueden perderse de las células, mientras que solutos de la solución pueden penetrar dentro del alimento. Los daños que ocurren durante la preparación de los trozos, por los cortes, incrementaría el movimiento de los sólidos solubles (Brennan, 2008).

En el proceso de deshidratación osmótica hay tres flujos continuos de masa (Figura 3):

- Un flujo de salida de agua desde el alimento hacia la solución.
- Un flujo del soluto desde la solución hacia el alimento.
- Una lixiviación de solutos propios del alimento (azúcares, ácidos orgánicos vitaminas, minerales).

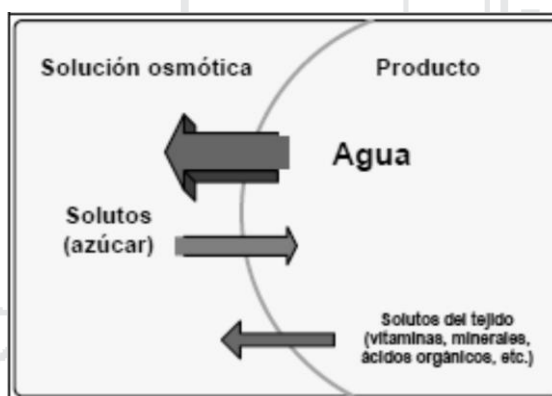


Figura 3: Principios de la deshidratación osmótica, y cambios de flujo de masa, solutos y agua. (Bekele & Ramaswamy, 2010)

La fuerza motriz para que se lleva a cabo la deshidratación osmótica es debido a la diferencia de potencial químico entre el alimento y la solución osmótica (Barbosa C., & Vega, M., 2000). La fuerza impulsora para la transferencia de masa está relacionada con la actividad de agua del alimento y de la solución de la siguiente manera (Raoult-Wack *et al.*, 1991).

$$\mu = \mu^0 + RT \ln a_w$$

Donde:

$\mu$  = Potencial químico

$\mu^0$  = Potencial químico en el estado de referencia

R = Constante de los gases

T = Temperatura

$a_w$  = Actividad de  $H_2O$

El proceso de osmosis llega a su término hasta que los potenciales químicos del alimento y de la solución lleguen al equilibrio (Barbosa C., & Vega, M., 2000). De este modo se puede observar que la actividad de agua de la solución osmótica debe ser menor a la del alimento para que se pueda llevar a cabo el proceso.

### 2.5.1. Factores que afectan a la Deshidratación Osmótica

Los factores que pueden afectar la deshidratación osmótica son los siguientes:

**Naturaleza del Alimento:** La permeabilidad del tejido varía con la madurez, estructura física, condiciones de almacenamiento, compactación de tejido, contenido de sólidos solubles y espacios intercelulares (Torreggiani, 1996). Está demostrado que el daño producido en las células vegetales debido a operaciones de pretratamiento, como el calentamiento, congelación/descongelación, entre otros resulta en la captación extensiva de sólidos de la solución osmótica (Lazarides & Mavroudis, 1995). Se ha sugerido el uso de revestimientos como un medio de prevenir la ganancia de sólidos (Matuska, et al., 2006). La finalidad de estos revestimientos es favorecer la salida de agua del alimento al medio disminuyendo la incorporación de solutos provenientes de la solución que sirve para realizar la deshidratación osmótica.

**Tipo de solución Osmótica:** El tipo de agente osmótico afecta los parámetros de pérdida de agua y ganancia de sólidos (Argaiz *et al.*, 1994). La selección del soluto o solutos para la deshidratación osmótica está basada en tres factores importantes (Marcotte, 1998): (1) características sensoriales del producto, (2) el costo de los solutos, y (3) el peso molecular de los solutos. En la Tabla 3 podemos observar los agentes osmóticos más utilizados y sus ventajas.

**Concentración de la Solución Osmótica:** Los intercambios de masa son favorecidos al utilizar soluciones de alta concentración. (Cortez, 1998) obtuvo resultados similares al reducir el tamaño de la partícula del alimento hasta un cierto nivel. Al incrementar la concentración de la solución, la proporción de pérdida de agua entre ganancia de sólidos se incrementa. (Raoult-Wack *et al.*, 1991).

Tabla 3. Usos y ventajas de los agentes osmóticos

Nombres	Usos	Ventajas
Cloruro de Sodio	Principalmente carnes y vegetales. Soluciones hasta 10 %	Gran capacidad de deprimir aw
Sacarosa	Principalmente en frutas	Reduce el oscurecimiento y aumenta la retención de volátiles
Lactosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial por Sacarosa
Glicerol	Frutas y vegetales	Mejora la textura
Combinación	Frutas, vegetales y carnes	Mejora las características sensoriales, combina gran capacidad de depresión de Aw de sales, con una gran capacidad de remoción de agua de azúcares

Fuente: Barbosa C., & Vega, M., (2000).

**Temperatura:** La temperatura es un factor importante ya que la transferencia de masa en el proceso se ve afectado por este. Sin embargo las velocidades de deshidratación se incrementan con el aumento en la temperatura, por arriba del 49° C se inicia el oscurecimiento enzimático y el deterioro del sabor (Cortez, 1998). Está demostrado que la temperatura del proceso, la concentración de la solución osmótica y el tamaño del soluto juegan un papel central en la captación del soluto (Lazarides *et al.*, 1995).

**Tiempo de Proceso:** El incremento en el tiempo de contacto de la solución con el alimento da como resultado una deshidratación más efectiva. Se ha observado que en las primeras 2 horas del proceso, las velocidades de pérdida de agua y ganancias de sólidos son altas, a partir de las siguientes horas las velocidades sufren una dramática disminución (Cortez, 1998).

**Aditivos en la solución osmótica:** Algunos aditivos contribuyen a mejorar la calidad del producto final; como la adición de calcio en la solución ya que permite mejorar la textura del producto (Shi, 1995). También, la inclusión de 0.5-2% de sal en la solución puede aumentar la velocidad de osmosis (Brennan, 2008).

**Geometría del producto:** La geometría, el tamaño y la forma del producto influyen en el proceso de deshidratación osmótica. Trozos pequeños de alimento se concentran más rápido, debido a la mayor área superficial además el agua tiene una corta distancia para viajar del interior de la pieza de alimento hacia la superficie (Brennan, 2008; Shi, 1995).



**Relación producto/jarabe y agitación de la solución:** Brennan (2008), manifiesta que se emplean proporciones de 1:4 a 1:5. A menor relación peso del alimento/solución, mayor es la pérdida de agua y la ganancia de sólidos.

La agitación periódica del sistema produce un aumento de la deshidratación; a medida que avanza el tiempo de contacto de alimento con el jarabe este se rodea de su propia agua, la cual se va difundiendo lentamente por el jarabe concentrado; provocando que la diferencia de concentraciones entre jarabe y la pared celular se haga menor (Olarte, G., Ortegón, M., & Cortés, J., 2002).

Una mezcla vigorosa podría provocar daño en la célula; para ello se podría mejorar la velocidad de secado recirculando la solución del tanque por medio de una bomba (Brennan, 2008).

### 2.5.2. Mecanismo de Transporte en Tejidos Vegetales

Los mecanismos del transporte de masa en el interior del tejido vegetal, sometido a tratamiento osmótico, pueden ser de tres tipos:

- **El transporte apoplástico (AP)**, Se realiza en el exterior de la membrana celular y puede visualizarse como una difusión de moléculas en la pared celular y los espacios intercelulares.
- **El transporte simplástico (SP)**, Se realiza en el interior del plasmalema y se caracteriza por el movimiento de moléculas de una célula a otra a través de delgados conductos (Plasmodesmos).
- **El transporte transmembrana (TM)**, Tiene lugar a través del mecanismo osmótico, es un intercambio entre el protoplasma y el espacio libre que comprende el espacio intercelular y la pared celular.

El comportamiento del tejido vegetal es igual al de una sola célula. La velocidad de encogimiento o hinchamiento del tejido durante la OD dependerá tanto de la difusión extracelular como de la permeabilidad de la membrana celular, sin embargo, si se tiene en cuenta la interacción entre células, el cambio en el medio circundante repercutirá en las primeras capas de células, de esta forma, las más cercanas a la interface estarán completamente plasmolizadas, mientras que aquellas más alejadas permanecerán completamente turgentes (Figura 4) (Le Maguer, 1997; citado por Torres, 2007).



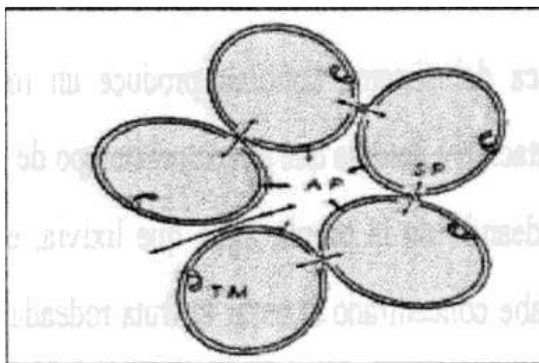


Figura 4: Tipos de transporte en el tejido vegetal: Apoplástico (AP), simplástico (SP) y transmembrana (TM). (Adaptado de Albors, 2002; Citado por Torres, 2007).

Algunos autores han demostrado que la membrana es parcialmente selectiva y algo del soluto puede atravesar la misma. Esto se debe a que la membrana y la pared celular en los productos vegetales, son unidades biológicas vivas que pueden encogerse o estirarse bajo la influencia del crecimiento o de la turgencia generada dentro de la célula (Bolm *et al.*, 1983; citado por Torres, 2007).

## 2.6 Cloruro de Sodio

Ese el nombre químico de la conocida sal de mesa o la que se utiliza en la cocina. La sal fue el aditivo más antiguo y más utilizado de todos los tiempos, desde hace más de 5000 años se usaba para curar y conservar carnes y pescados. Su efecto conservante se debe al fuerte poder deshidratante que tiene sobre los tejidos y sus células; la deshidratación no permite que se desarrollen los microorganismos responsables de la putrefacción. Estos microorganismos necesitan de una cierta cantidad de agua, de una concentración de ácidos y de una temperatura y tiempo determinado para crecer favorablemente. El agregado de sal modifica el medio que ellos pueden utilizar y por esa causa no se prospera y su crecimiento se inhibe este proceso es muy conveniente para conservar un alimento por largo tiempo (Who/Fao, 1998).

## 2.7 Miel de Abeja

Su gran contenido en hidratos de carbono, principalmente en forma de glucosa y fructosa hacen de la miel un alimento energético de gran calidad (Barlow, S., 1990).

Para ser absorbidos, los hidratos de carbono se transforman en azúcares simples, como son la glucosa y la fructosa. La ingestión de la miel permite, por tanto, una alimentación inmediata e intensiva de todo el sistema muscular, especialmente, del corazón, al que la glucosa llega rápidamente (Barlow, S., 1990).

Sin embargo, la fructosa contenida en la miel es un azúcar de absorción digestiva lenta, que es atraída por el hígado, donde se almacena en forma de glucógeno para ser utilizada cuando el organismo lo necesite. Esta fuente de energía es muy indicada para los atletas, el organismo

puede absorber grandes cantidades de miel y además facilita la digestión de otros alimentos (Barlow, S., 1990).

Es importante también para el desarrollo infantil, porque además de pasar rápidamente a la sangre, ejerce una buena influencia en la asimilación del calcio y del magnesio (Barlow, S., 1990).

La miel posee la mayoría de los elementos minerales esenciales para el organismo humano. Conociendo la importancia de las funciones biológicas que desempeñan estos elementos minerales no es de extrañar que la miel se recomiende como sustituta de otros azúcares refinados que sólo poseen valor energético (Barlow, S., 1990).

Además, también contienen vitamina C y varias del grupo B, en pequeñas cantidades, pero que ayudan a llegar a los niveles mínimos necesarios, junto con el resto de la dieta (Barlow, S., 1990).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de Ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Evaluación Nutricional y el laboratorio de Pos-cosecha, instalaciones pertenecientes a la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

#### 3.2 Materia Prima e Insumos.

##### 3.2.1 Materia Prima

Se utilizó dos accesiones de mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P) “amarillo y morado”, proveniente de la Provincia de Yunguyo, Departamento de Puno.

#### 3.3 Materiales, Equipos y Reactivos

##### 3.3.1 Materiales

- Baguetas de vidrio
- Cuchillo de acero inoxidable
- Erlenmeyer de 50, 100 y 250 ml.
- Fiolas de 50 y 100 ml.
- Lunas de reloj
- Micropipetas de 5-50  $\mu$ L, 100-1000  $\mu$ L.
- Mortero y pilón de porcelana
- Papel Absorbente
- Papel de aluminio
- Pipetas de 1, 2, 5, 10 y 20 ml.
- Probetas de 10, 20, 50, 100 y 250 ml.
- Tabla para cortar
- Tubos de ensayo
- Viales de vidrio color Ámbar

##### 3.3.2 Equipos

- Agitador eléctrico OVAN.
- Balanza analítica KERN. Capacidad 0 – 220g sensibilidad +/- 0.0001g.
- Baño María (MEMMERT).
- Brixómetro marca HANNA de 0-80°Brix.

- Centrífuga (CENTRIFUGE MODEL CH90 – 2 KERT LAB)
- Computadora TOSHIBA.
- Espectrofotómetro (UNICO SQ2600 UV)
- Estufa (Vacumm Oven, Modelo 1400E, rango 0 - 300 °C).
- Licuadora (INTERNATIONAL).
- pH-metro digital ATC modelo PH-009.
- Refrigerador Doméstico

### 3.3.3 Reactivos

- 2,2 Azino bis (3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid) (ABTS) (Sigma Aldrich)
- 2,6- Dichloroindophenol Sodium Salt Hydrate ( BioReagent, Vitamin C determination)
- Ácido Ascórbico 99.7%
- Ácido Oxálico 0.5%
- Carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) (J.T. Baker)
- Etanol  $C_2H_6O$  (Sigma Aldrich)
- Folin- Ciocalteau (Merck)
- Metanol  $CH_4O$  (Sigma Aldrich)
- Persulfato de potasio (Sigma Aldrich)

### 3.3.4. Insumos

- Miel de abeja: 84% de Pureza
- Cloruro de sodio al 99% (QP)
- Agua destilada

## 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

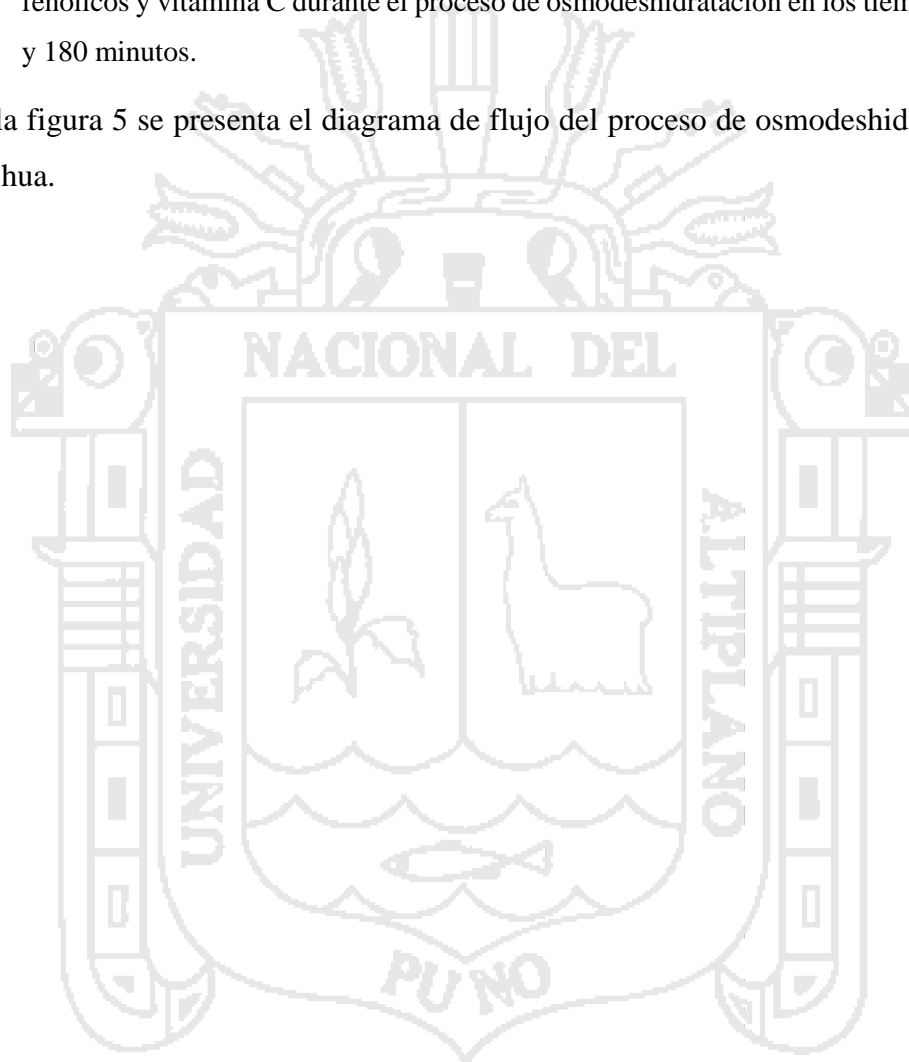
El presente trabajo se realizó en dos etapas:

- En la primera etapa se evaluó el contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C durante la deshidratación osmótica de rodajas de mashua, así como también en la materia prima.
- En la segunda etapa se evaluó la humedad, pH y °Brix durante el proceso de deshidratación osmótica de rodajas de mashua, de la misma manera en la materia prima.

### 3.4.1. Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación de dos accesiones de mashua.

Durante esta etapa se obtuvo rodajas de 0.05mm de mashua osmodeshidratadas, utilizando dos concentraciones de solución osmótica (50 °Brix y 60 °Brix), como se muestra en la figura 5 evaluando el contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C durante el proceso de osmodeshidratación en los tiempos de 60, 120 y 180 minutos.

En la figura 5 se presenta el diagrama de flujo del proceso de osmodeshidratación de la mashua.



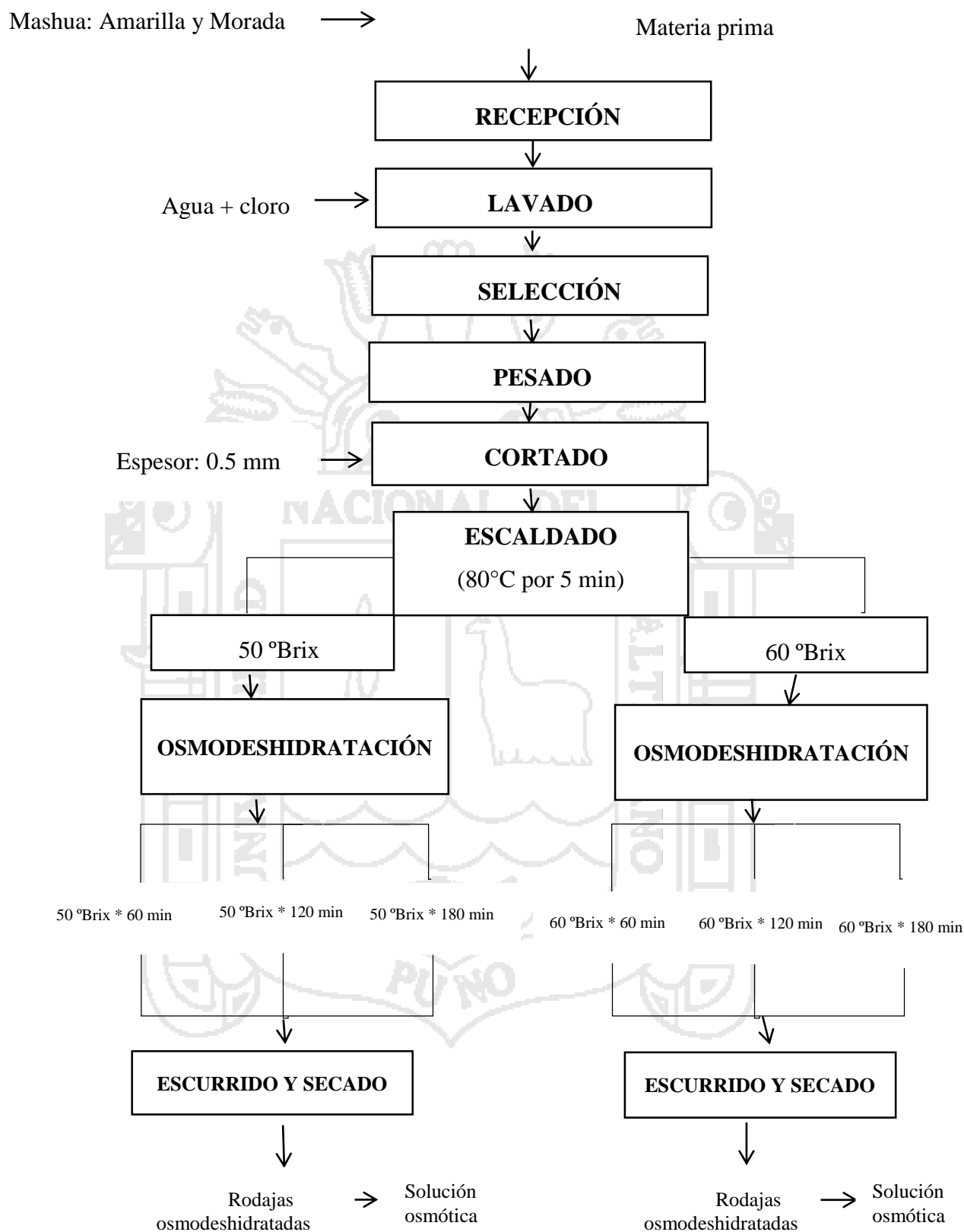


Figura 5: Diagrama de flujo para la obtención de osmodeshidratato de mashua.

### **Descripción General del Proceso de Deshidratación Osmótica de la Mashua**

- **Recepción:** La mashua se recibió en el Laboratorio de Post - Cosecha de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.
- **Lavado:** Los tubérculos fueron sometidos a un lavado con agua potable con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas, suciedad y restos de tierra seguidamente se realizó el desinfectado en una solución de agua y desinfectante (cloro a concentración 50ppm), por un lapso de cinco minutos.
- **Selección:** Se seleccionaron los tubérculos con aspecto uniforme en cuanto a color y tamaño, descartando aquellas que manifestaron daños por golpes o defectos fisiológicos.
- **Pesado:** Se procede al pesado y separación de los defectuosos.
- **Cortado:** Se realizó cortes en forma de rodajas de 5mm de espesor. El corte se realizó con ayuda de un cortador con las dimensiones mencionadas anteriormente.
- **Escaldado:** Los tubérculos rodajados fueron sometidos a escaldado con agua a 80°C por 5 minutos. La finalidad de este tratamiento térmico fue evitar el pardeamiento enzimático, y así mantener el color del producto final.
- **Deshidratación Osmótica:** Las muestras fueron colocadas en las soluciones osmóticas correspondientes (miel de abeja y sal) según diseño experimental, por períodos entre 60, 120 y 180 min. La relación tubérculo - solución osmótica es de 1 a 5. Este proceso se llevó a cabo en el equipo baño maría a una temperatura constante de 40° C.
- **Ecurrido y secado:** Las muestras se retiraron después de permanecer tiempos de 60 min, 120 min y 180 min en la solución osmótica. Luego de esto las muestras se enjuagaron con agua destilada con la finalidad de remover el exceso del agente osmótico en la superficie y finalmente secadas con papel toalla absorbente.

#### **3.4.2. Evaluar la humedad, pH, °Brix y color durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.**

A las rodajas obtenidos durante el proceso de osmosis (50 °Brix y 60 °Brix), como se muestra en la figura 5 mencionada anteriormente, se evaluaron la humedad, pH y °Brix durante el proceso de deshidratación osmótica en los tiempos de 60, 120 y 180 minutos.

### **3.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS.**

#### **3.5.1 Determinación de la capacidad antioxidante**

Se utilizó la metodología reportado por Arnao *et al.*, (2001), El procedimiento fue el siguiente: la solución de ABTS se preparó diluyendo 78.4 mg y se enrasó a 10 ml de agua destilada



en una fiola (reactivo A). Por otro lado, también se preparó una solución de persulfato de potasio (reactivo B). Para lo cual se pesó 26.4 mg y se enrasó a 20 ml en un fiola con agua destilada. Ambas soluciones se almacenaron a temperatura ambiente en un frasco oscuro.

Luego se preparó la solución madre de ABTS empleando volúmenes iguales de los reactivos A y B (relación 1:1), se mezclaron bien y se dejó en reposo en la oscuridad por 12 horas a temperatura ambiente, antes de ser usada. La solución madre solo se utilizó las 4 horas después.

De la solución madre se preparará una solución diluida de  $ABTS^{+2}$  y se adiciono 60 ml de etanol al 98%. Esta solución debe de dar una lectura de absorbancia a 734 nm de  $1.1 \pm 0.02$ , de lo contrario debe corregirse agregando etanol o solución madre, según sea el caso (conservar en un frasco ámbar). Se llevó a cero el espectrómetro con metanol.

Para proceder a la cuantificación de la capacidad de antioxidante se tomó 150  $\mu$ L de los extractos obtenidos, se adiciono 2850  $\mu$ L de solución de ABTS diluida, se agito por 2 horas y 30 minutos; ya que en este tiempo se mantiene constante a temperatura ambiente. Luego se procedió a realizar la lectura de absorbancia a 734 nm. Las lecturas deben estar comprendidas entre 0.1 y 1.05. Se preparó el blanco y se utilizó el metanol para blanquear el espectrofotómetro. La actividad antioxidante se estimó utilizando un curva estándar teniendo como patrón el Trolox, el cual es una sustancia hidrosoluble análoga de la vitamina E. los resultados se expresaran como  $\mu$ mol Trolox equivalente/g de mashua.

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

$$\mu\text{mol Trolox equivalente/mL} = 0.7836 \times Abs - 0.001$$

Ecuación de la capacidad de antioxidantes es

$$Y = ((0.7836 \times \Delta Abs) - 0.001) \times Fd \times A$$

Dónde:

Y :  $\mu$ mol Trolox equivalente/g de muestra fresca.

$\Delta Abs$  : absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra (734)

Fd : factor de dilución

A : (volumen (ml) de solvente utilizado + peso de la muestra (g)) / peso de la muestra

### 3.5.2 Determinación de compuestos fenólicos

Se utilizó el método espectrofotométrico reportado por Singleton y Rossi (1965), el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica del complejo coloreado formado por la reacción

entre los compuestos fenólicos y el Folin-Ciocalteu. El procedimiento fue el siguiente: Se prepararon soluciones de carbonato de sodio y de Folin- Ciocalteu.

Para cuantificar los compuestos fenólicos totales se depositó en tubos de prueba de 500  $\mu\text{L}$  de los extractos obtenidos, a ello se le añadió 250  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin – Ciocalteu 1N y se adiciono 1250  $\mu\text{L}$  de la solución de carbonato de sodio, se homogenizo el conjunto y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, luego se hizo la lectura a la longitud de onda de 755nm. Paralelamente se preparó un blanco con metanol en lugar del extracto y se trabajó bajo las mismas condiciones, el blanco sirvió para llevar a cero el espectrofotómetro.

Se determinó la concentración de ácido gálico a 725 nm usando una curva estándar. Los resultados se expresaron como mg. Ácido gálico/100g de mashua, en base húmeda (b.h.)

La ecuación para la cuantificación de compuestos fenólicos fue la siguiente:

$$Y=0.0345 \times Abs - 0.0018$$

Donde Y, es el contenido de mg ácido gálico/ml

El contenido de compuestos fenólicos totales se calculó con la siguiente ecuación:

$$mg.acido\ gálico/100g = ((0.0345 \times Abs) - 0.0018) \times Fd \times A \times 100$$

Donde:

Abs: Absorbancia de la muestra medidas a 755 nm

Fd: Factor de dilución.

A: Volumen (ml) de solvente utilizado + peso de la muestra. (g)/ peso de la muestra (g).

### 3.5.3 Determinación de contenido de Vitamina C

La determinación de la Vitamina C, se efectuó de acuerdo a la metodología recomendada por la (A.O.A.C. 2000, 967.21), mediante el método de la titulación. Metodología que se basa en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol por una solución de ácido ascórbico.

El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución estándar de colorantes determinados por titulación. El procedimiento fue el siguiente:

- a) Estándar de Trabajo: Disolver 100 mg de ácido ascórbico en 100 ml de una solución de ácido oxálico al 0.5% en una fiola de 100 ml. Esta solución contiene 0.1 % de ácido ascórbico y es inestable por lo que deberá utilizarse inmediatamente.

- b) Solución de 2,6 Diclorofenolindofenol: Disolver 100 mg de 2,6 diclorofenolindofenol en 100 ml de agua destilada. Se utilizó agua destilada hirviendo y se enrasó a 100 ml cuando se enfrió. Se almacenó en botella de color oscuro y en refrigeración.

Luego se realizó el análisis del estándar de trabajo el cual consistió en tomar 1 ml de la solución estándar y colocarla en un erlenmeyer de 50 ml se agregó 10 ml de una solución de ácido oxálico al 0.5 % y se tituló con la solución de 2,6 diclorofenolindofenol. Al final de la titulación se observó un cambio de color rosado débil, color que persistió por 10-15 s . Lecturas a mayor tiempo dan coloración algo más rosada lo cual es una fuente de error.

El cálculo del equivalente (T) en ácido ascórbico por ml de solución 2,6 diclorofenolindofenol.

$$T = \frac{\text{mg de ácido ascórbico}}{\text{ml de solución 2,6 diclorofenolindofenol}}$$

Para el análisis de la muestra se centrifugó la muestra luego se tomó 2 ml del sobrenadante y se colocó en un erlenmeyer posteriormente se le adiciono 10 ml de ácido oxálico al 0.5 % finalmente se realizó la titulación con 2,6 diclorofenolindofenol hasta obtener un color rosado persistente; del mismo modo hicimos la titulación del blanco sobre 10 ml de la solución de ácido oxálico al 0.5 % con 2,6 diclorofenolindofenol para así poder restar este valor al gasto de la muestra problema.

$$\text{mg de ácido ascórbico}/100\text{ml} = \frac{V * T * 100}{W}$$

Donde:

V = ml de 2,6 diclorofenolindofenol utilizados para titular la alícuota de muestra.

T = Equivalente en ácido ascórbico de la solución 2,6 diclorofenolindofenol expresado en mg por ml de colorante.

W = g de muestra en la alícuota analizada.

### 3.5.4 Determinación de humedad

Se realizó por desecación a estufa a 65° C con una muestra de 2 gramos, hasta lograr peso constante durante 12 horas. La determinación de humedad se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (AOAC, 2000).

### 3.5.5 Determinación de pH

El pH se determinó utilizando un pH-metro, previamente calibrado utilizando solución buffer, para lo cual se preparó la muestra, seguidamente se procedió a introducir el electrodo y leer inmediatamente el valor (A.O.A.C., 2000).

### 3.5.6 Determinación de Sólidos Solubles

Se determinó utilizando un Brixometro, para lo cual se preparó 5 gramos de muestra, se trituró en un mortero para extraer el jugo de la mashua, luego cuidadosamente en el brixometro calibrado se colocó una gota de muestra procediendo a leer el valor inmediatamente (A.O.A.C., 2000).

## 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el presente trabajo de investigación, se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo factorial, con tres repeticiones por tratamiento y su variabilidad mediante la desviación estándar. También se realizó un análisis de varianza con la finalidad de determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos cuando el análisis de varianza indicó significancia se realizó la comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, como variables de respuesta se tiene el contenido capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, vitamina C, humedad, pH y °Brix. Para ello se trabajó con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.

### 3.6.1. Evaluación del contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación de dos accesiones de mashua

Se evaluó dos concentraciones de solución osmótica (50 °Brix y 60 °Brix) y tres tiempos de inmersión (60, 120 y 180 minutos) en el contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C de las muestras obtenidas, usando un diseño completo completamente al azar con un arreglo factorial de 2A x 3B con tres repeticiones realizado para cada accesión (Amarilla-Morada)

- **Factor A: Concentración de la solución osmótica**
  - ✓ 50 °Brix.
  - ✓ 60 °Brix.
  
- **Factor B: Tiempos de Inmersión**
  - ✓ 60 minutos
  - ✓ 120 minutos
  - ✓ 180 minutos

- **Variables de respuesta**

- ✓ Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$  de muestra)
- ✓ Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico/g)
- ✓ Vitamina C (%)

### 3.6.2. Para evaluar la humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.

Se evaluó dos concentraciones de solución osmótica (50 °Brix y 60 °Brix) y tres tiempos de inmersión (60, 120 y 180 min) en la humedad, pH y °Brix de las muestras obtenidas, usando un diseño completo completamente al azar con un arreglo factorial de  $2 \times 3 \times 3$  repeticiones realizado para cada accesión (MA: Mashua Amarilla, MM: Mashua Morada).

- **Factor A: Concentración de la solución osmótica**

- ✓ 50 °Brix.
- ✓ 60 °Brix.

- **Factor B: Tiempos de Inmersión**

- ✓ 60 minutos
- ✓ 120 minutos
- ✓ 180 minutos

- **Variables de respuesta**

- ✓ Humedad (%)
- ✓ pH (0-14)
- ✓ Sólidos Solubles (°Brix)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Características de la Materia Prima

Para el presente trabajo de investigación se empleó dos accesiones de mashua, que fueron elegidos en base a la pigmentación de color morado del tubérculo ya que presentan un alto contenido en compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y el de color amarillo con el fin de hacer una comparación. De estos la primera presenta coloración morada tanto en la cáscara como en la pulpa; mientras la segunda un color amarillo (Chirinos *et al.*, 2007). Con relación al tamaño y forma pudimos observar una gran variabilidad entre las accesiones y entre individuos de la misma accesión.

#### 4.1.1. Capacidad Antioxidante

Se trabajó con dos accesiones de mashua, los cuales fueron MA: Mashua amarilla y MM: Mashua morada, los resultados de dichas accesiones se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Contenido de capacidad antioxidante de mashua fresca.

Accesiones	$\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$
Mashua Amarilla	$175.433 \pm 1.56$
Mashua Morada	$163.773 \pm 1.12$

El análisis de varianza y la comparación múltiple de Tukey (Anexo I, Cuadro 1 y 2) muestran que existe diferencia estadísticamente significativa al 95% indicándonos que existe una variación entre accesiones en el contenido de capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante de las accesiones de mashua fresca obtenidos son  $163.773 \mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$  para la accesión morada y  $175.433 \mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$  para la accesión amarilla. Estos valores son mayores a los reportados por Calsín (2007), quien presenta valores promedios de la capacidad antioxidante de 30 a  $75 \mu\text{mol Trolox equivalente/g.}$  de materia fresca quien trabajo con genotipos de pulpa morada y amarilla. Al respecto (Gonzales A. 2010) afirma que los cultivos ancestrales andinos que presentan una pigmentación naranja – amarillo por la presencia de flavonoides, son los que presentan mayor contenido de capacidad antioxidante, seguido de los que presentan una pigmentación rojo-morado y rojo, debido a la presencia de antocianinas y licopeno respectivamente, mientras que los cultivos que presentan el menor contenido de capacidad antioxidante presentan una coloración amarilla por la presencia de xantofilas (Gonzales A. 2010).



Scalbert y Williamson (2000), afirman que los niveles de compuestos pueden variar considerablemente dentro de la misma especie vegetal, e incluso entre sus variedades, debido a factores genéticos y ambientales que condicionan la germinación, el crecimiento y calidad del cultivo.

Lana & Tijkens (2006), afirman que los tejidos cortados sufren estrés oxidativo, ocasionando daños en la membrana, la modificación en la capacidad antioxidante total del tejido. Además, hay que destacar que esta pérdida de capacidad antioxidante también se puede relacionar con la pérdida de vitaminas por su solubilidad en agua, transferencia de masa, sensibilidad al calor y la oxidación enzimática.

#### 4.1.2 Compuestos Fenólicos

Los resultados obtenidos de las accesiones morada y amarilla, se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Contenido de compuestos fenólicos de mashua fresca.

Accesiones	mg de ácido gálico/ 100g
Mashua Amarilla	128.263 ± 0.85
Mashua Morada	146.936 ± 0.79

El análisis de varianza y la comparación múltiple de Tukey (Anexo I, Cuadro 5 y 6) indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el contenido de compuestos fenólicos entre los tubérculos, presentando mayor contenido la accesión morada y valores inferiores la amarilla. La muestra fresca de la accesión amarilla tiene un contenido de polifenoles de 128.26 mg equivalente de ácido gálico/100g de mashua y la accesión morada 146.94 mg equivalente de ácido gálico/100g valores similares a los reportados por Chirinos *et al.*, (2006), con valores entre 174.9 – 374 mg. de ácido gálico/100g de mashua fresca.

Oki *et al.*, (2002), citado por Ríos (2004), al analizar diferentes cultivares de camote, observaron que una variedad a pesar de no ser de coloración morada presento un nivel elevado de compuestos fenólicos, siendo incluso superiores a los de coloración morada. Por lo tanto no se puede afirmar que existe una relación directa entre la coloración y el contenido de compuestos fenólicos.

### 4.1.3. Vitamina C

Tabla 6 se muestra los resultados obtenidos del contenido de vitamina C de las dos accesiones de mashua (morada y amarilla).

Tabla 6. Contenido de Vitamina C de mashua fresca

<b>Accesiones</b>	<b>Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100ml) (Fresco)</b>	<b>Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100ml) (Escaldado)</b>
Mashua Amarilla	44,18 ± 0,37	0,62 ± 0,12
Mashua Morada	34,30 ± 0,49	2,94 ± 0,88

El análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey (Anexo I, Cuadro 8 y 9) indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vitamina C entre un nivel de accesión y otro con un nivel del 95.0% de confianza, la mashua fresca tiene un valor de 44,18 mg de ácido ascórbico/100ml y 34,30 mg de ácido ascórbico/100ml en la accesión amarilla y morada respectivamente. Podemos ver que la mashua contiene valores por encima de la oca (38,4); arracacha (27,1); papa blanca (14,0); camote morado (13,6); camote blanco (12,9); olluco (11,5); papa amarilla (9,0) y maca (2,5). Todos expresados en mg/100g de los tubérculos, tal como lo reporta Collazos *et al.*, (1993). Sin embargo estos resultados difieren a los presentados por Ayala (sf) donde registra que el contenido de vitamina C en mashua fresca es de 77.50 mg de AA/100g de muestra fresca. Esta diferencia puede deberse al almacenamiento, el corte y pelado que produce estrés en el tubérculo dando origen a reacciones enzimáticas que lo degradan como menciona (Nicoli *et al.*, 1999).

### 4.1.4. Humedad

En la Tabla 7, se presenta el contenido de humedad y materia seca promedio de tres repeticiones evaluadas en tres tubérculos de las accesiones de mashua fresca.

Tabla 7. Contenido de Humedad en los tubérculos de mashua fresca.

<b>Accesiones</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Materia Seca (%)</b>
Mashua Amarilla	88.66 ± 0.23	11,35 ± 0,23
Mashua Morada	85,24 ± 0.14	14,76 ± 0,14

El análisis de varianza (Anexo I, Cuadro 11) indica que existen diferencias estadísticas significativas al 95% en el contenido de humedad entre los tubérculos de mashua. Resultando la accesión significativa en el contenido de humedad en consecuencia se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey (Anexo I, Cuadro 12) los cuales muestran valores de medias diferentes. Encontrándose el contenido de humedad de las accesiones de mashua en un rango de 85 – 88 % lo que coincide con lo reportado por Grau *et al.*, (2003), con valores de humedad entre 79 a 94% en muestra fresca; también son semejantes a los valores reportados por diversos investigadores como: Tapia (1984), Collazos *et al.*, (1993), Meza *et al.*, (1997), King (1986) citado por Ramallo (1999), & National Reserach Council (1989) tal como se visualiza en la Tabla 2. Asimismo el contenido de materia seca es muy variable encontrándose en un rango de 11-14%. Al respecto Vásquez (1998), señala que existen muchos factores que afectan el contenido de materia seca en los diferentes tubérculos, tal como la variedad, clima, época de siembra, tipo de suelo, prácticas culturales, presencia de plagas y enfermedades. Estos factores estarían relacionados con la etapa de tuberización de las plantas.

#### 4.1.5. pH

En la Tabla 8, se presenta el contenido de pH promedio de tres repeticiones evaluadas en tres tubérculos de mashua de accesión amarilla y morada.

Tabla 8. Contenido de pH en los tubérculos de mashua fresca

Accesiones	pH
Mashua Amarilla	7.02 ± 0,02
Mashua Morada	6.77 ± 0,05

El análisis de varianza (Anexo I, Cuadro 14) indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de accesión y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Encontrándose el pH de la accesión amarilla y morada en un rango de 6 a 7.02 respectivamente estos valores son cercanos a los reportados por Cuya (2009), quien en su investigación reporto un valor de pH igual a 6.22 para la accesión amarilla sin embargo estos valores son superiores a los reportados por Samaniego (2010), quien reporta valores promedios de pH en un rango de 5.56 - 6.21. Samaniego (2010), afirma que en los suelos de las zonas de producción de mashua el pH no varía.

#### 4.1.6. Sólidos Solubles (°Brix)

En la Tabla 9, se presenta el contenido de sólidos solubles promedios de tres repeticiones evaluadas en mashua fresca de las accesiones amarilla y morada.

Tabla 9. Contenido de Sólidos Solubles en los tubérculos de mashua fresca.

Accesiones	°Brix
Mashua Amarilla	8,8 ± 0,52
Mashua Morada	7 ± 0,1

El análisis de varianza y la comparación múltiple de Tukey (Anexo I, Cuadro 16 y 17) indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de sólidos solubles entre un nivel de accesión y otro, con un nivel del 95.0% de confianza encontrándose los valores de °Brix de la accesión amarilla y morada en un rango de 7 a 8.8 respectivamente estos valores son cercanos a los reportados por Paucar (2014), quien en su investigación reportó valores de °Brix en un rango de 6.61 – 10.10°Brix. Samaniego (2010), afirma que se debe al nivel de fertilización de los suelos de las zonas de producción de mashua.

#### **4.2. Evaluar el contenido de los compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.**

##### **4.2.1. Capacidad antioxidante**

Esta evaluación fue realizada para cada accesión las cuales son amarilla y morada. Los valores determinados de capacidad antioxidante se encuentran descritos en el Anexo II. Cuadros 1 y 7.

La Figura 6, muestra el contenido de la capacidad antioxidante durante la deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de accesión amarilla medida por el método ABTS; con la concentración de 50 °Brix, indica que desciende a medida que se transcurre el tiempo de deshidratación osmótica. El tratamiento de 60 °Brix muestra un comportamiento similar al primero. Observándose que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) tanto para la concentración como para el tiempo de inmersión (descrita en el anexo II, cuadro 2).

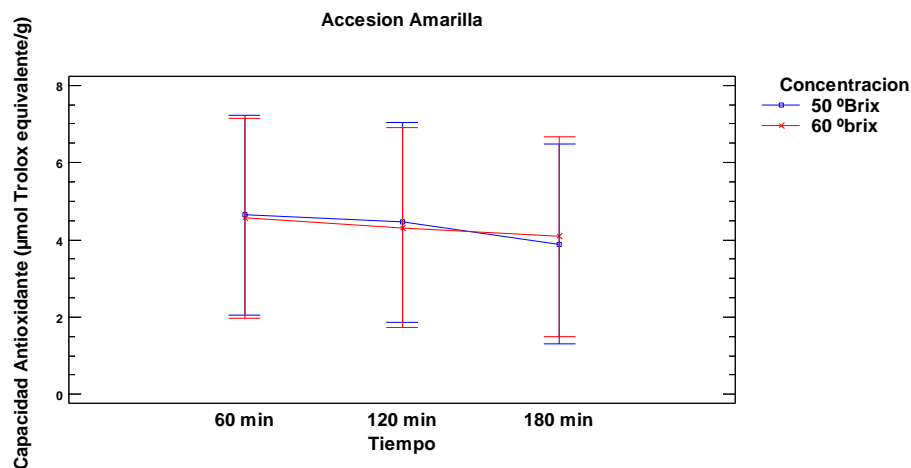


Figura 6. Contenido de capacidad antioxidante durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la aceción Amarilla.

Podemos afirmar que la segunda concentración evidencia menor porcentaje de perdida durante el proceso de osmodeshidratato y representa el mejor tratamiento para la conservación de la capacidad antioxidante.

La Figura 7, muestra el contenido de la capacidad antioxidante durante la deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de aceción morada medida por el método ABTS; con la concentración de 50 °Brix, indica que desciende a medida que se transcurre el tiempo de deshidratación osmótica. El tratamiento de 60 °Brix muestra un comportamiento similar al primero. Observándose que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) tanto para la concentración como para el tiempo de inmersión (descrita en el anexo II, cuadro 8).

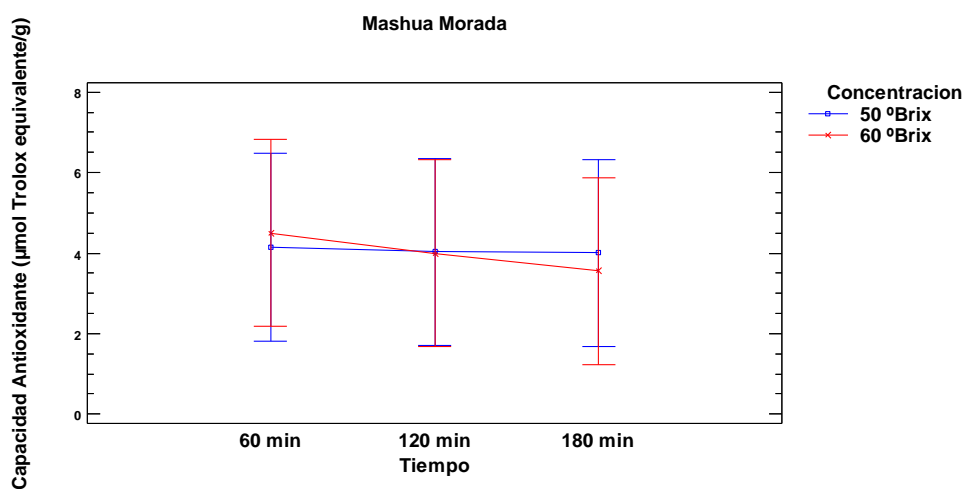


Figura 7. Contenido de capacidad antioxidante durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la aceción morada.

La pérdida de capacidad antioxidante también puede originarse por el corte realizado previo al escaldado, Agostini, L., Morón, M., Ramón, A., & Ayala, A. (2004), determinaron que el corte en tomate produjo la disminución de la capacidad antioxidante, resultados similares también fueron presentados por Nicoli *et al.*, (1999) donde indican que la pérdida de antioxidantes se debe a acciones enzimáticas que se dan por el estrés ocasionado por cortes, pelado y rebanado.

El análisis de varianza (Anexo II, Cuadro 2 y 8) muestra que no existen diferencias estadísticas significativas al 95% en el contenido de capacidad antioxidante, evidenciando que la concentración de la solución osmótica y el tiempo de inmersión no tienen efecto significativo en el contenido de capacidad antioxidante; es así que después de la deshidratación osmótica las rodajas osmodeshidratadas presentaron una capacidad antioxidante inferior a las muestras frescas.

Después del proceso de osmodeshidratación se obtuvo una capacidad antioxidante 4.64  $\mu\text{mol eq. Trolox/g}$ , observando una disminución del 98% en el T1 y 4.50  $\mu\text{mol eq. Trolox/g}$ , teniendo una disminución del 97% en T4 de la capacidad antioxidante en comparación con la muestra fresca amarilla y morada respectivamente. Estos valores son cercanos a los hallados por (Paucar, 2014) quien reporto 6.641  $\mu\text{mol eq. Trolox/g}$  equivalente a una pérdida de 88.61% de la capacidad frente a la muestra fresca.

Calderón (2009), determinó que existen cuatro factores que influyen en la pérdida de capacidad antioxidante por sometimiento a deshidratación osmótica que son: la inmersión del producto a tratar sobre una solución azucarada y calentada a una temperatura determinada, la relación que existe entre el tiempo y temperatura del tratamiento, tiempo de exposición al jarabe y la agitación. Explicando que la pérdida puede darse debido a que la agitación y el remojo rompen la estructura interna permitiendo la salida de antioxidantes hacia el exterior.

Belitz & Grosch (1997), afirman que la disminución de antioxidantes por deshidratación osmótica puede deberse a que la glucosa en presencia de aminoácidos en el pre-tratamiento ocasionan la reacción de maillard que en su actividad puede dar como resultados componentes con un actividad prooxidante, causando la disminución de la actividad del producto tratado, disminución que se observa en la Figuras 6 y 7.

#### **4.2.2. Compuestos fenólicos**

Los valores registrados de compuestos fenólicos se encuentran descritos en el Anexo II. Cuadros 1 y 7.

La Figura 8, muestra el contenido de la compuestos fenólicos durante la deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de accesión amarilla; con la concentración de 50 °Brix, se observa que desciende ligeramente a medida que pasa el tiempo de deshidratación osmótica. El tratamiento de 60 °Brix muestra un comportamiento similar al primero sin embargo la



disminución es mayor. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) tanto para la concentración como para el tiempo de inmersión (descrita en el anexo II, cuadro 3 y 4).

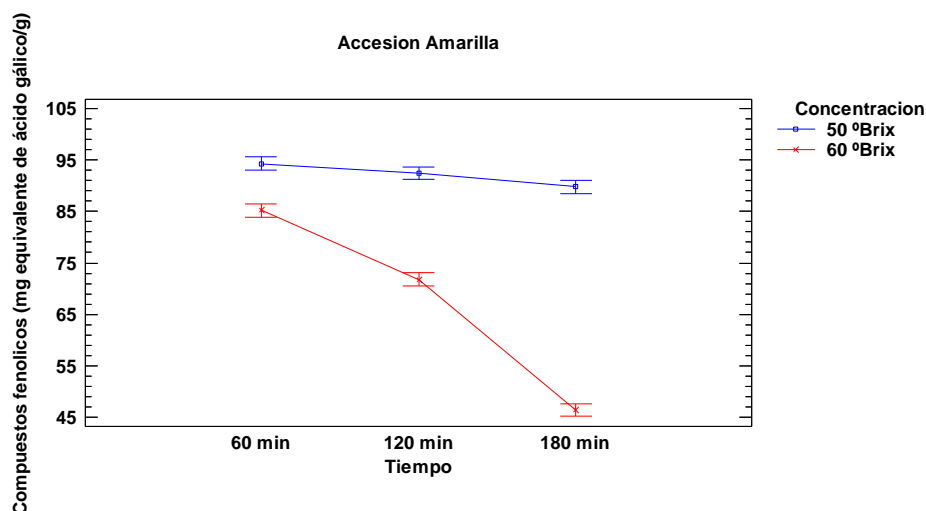


Figura 8. Contenido de compuestos fenólicos durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.

La Figura 9, muestra el contenido de los compuestos fenólicos durante la deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de accesión morada; con la concentración de 50 °Brix, se observa que desciende ligeramente a medida que pasa el tiempo de deshidratación osmótica. El tratamiento de 60 °Brix muestra un comportamiento similar al primero sin embargo la disminución es mayor. Muestra que existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) tanto para la concentración como para el tiempo de inmersión (descrita en el Anexo II, Cuadro 9 y 10).

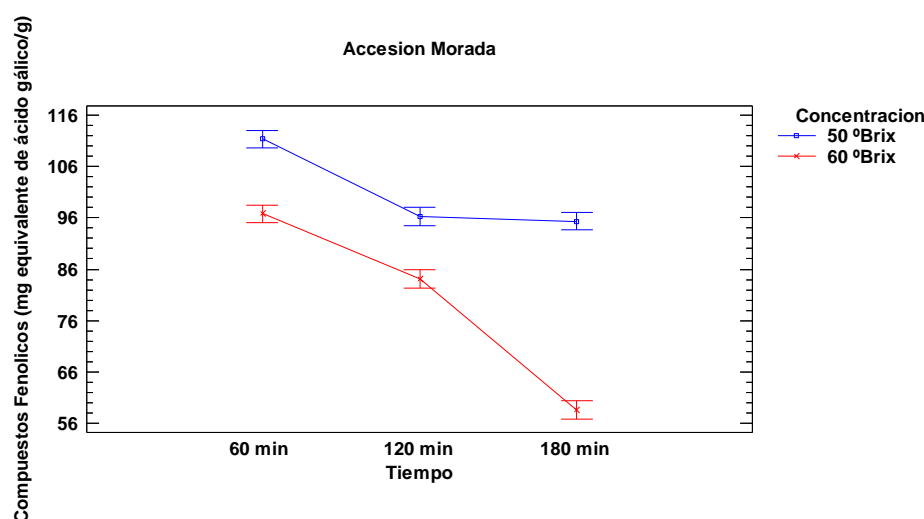


Figura 9. Contenido de compuestos fenólicos durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.

De acuerdo al análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey (Anexo II, Cuadro 3, 4, 9 y 10) existe diferencia estadísticamente significativa al 95% para el factor concentración de la solución osmótica y el tiempo de inmersión. Al aplicar la deshidratación osmótica el contenido de polifenoles se reduce significativamente en comparación a la muestra fresca, el T1 igual a 94.28 mg equivalente de ácido gálico/100g (disminución del 26.5%) respecto a la muestra fresca en la accesión amarilla y T1 con 111.31 mg equivalente de ácido gálico/g (disminución del 24.24%) respecto a la muestra fresca en la accesión morada. Son los tratamientos que tienen menor porcentaje de pérdida de compuestos fenólicos.

El contenido de compuestos fenólicos se fue reduciendo a medida que transcurría el tiempo, en la accesión amarilla como en la morada al comparar los T1 y T6 existe una diferencia entre ambos, donde T1 siendo el tratamiento con menor exposición de tiempo a la solución osmótica tiene contenido de polifenoles superiores a T6 que representa el tiempo más prolongado de exposición a la solución osmótica.

En estudios como el realizado por Toor & Savage (2005), indican que la deshidratación osmótica al ser un tratamiento térmico produce la degradación de los compuestos fenólicos ya que la temperatura de trabajo en muchos casos sobrepasa los 50°C, y los polifenoles comienzan a degradarse a los 40°C como lo explica Natella *et al.*, (2010).

De acuerdo a Maillard & Berset (1995), existen 3 aspectos que pueden eliminar el contenido de polifenoles al aplicar escaldado o una deshidratación a altas temperaturas y son; por simple degradación al estar sometidos a altas temperaturas, la degradación de lignina que deriva en la liberación de ácidos fenólicos y la ruptura de enlaces que unen polifenoles.

Vinson, J., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, J. (2005), aplicaron métodos de deshidratación en varias frutas como higos, uvas y ciruelas las cuales perdieron aproximadamente el 84% de los polifenoles debido a que en el proceso térmico los polifenoles son destruidos o sufren procesos de transformación la misma tendencia es observada en cada una de los tratamientos realizados a las rodajas de mashua.

#### **4.2.3. Vitamina C**

Esta evaluación fue realizada para cada accesión las cuales son amarilla y morada. Los valores determinados de vitamina C se encuentran descritos en el Anexo II. Cuadros 1 y 7.

La figura 10, muestra el contenido de vitamina C durante el osmodeshidratado de rodajas de mashua de la accesión amarilla; con la primera concentración (50 °Brix), donde este desciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) también se observa un descenso. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

para la concentración de la solución osmótica, mas no para el tiempo de inmersión (Anexo II. Cuadros 5 y 6).

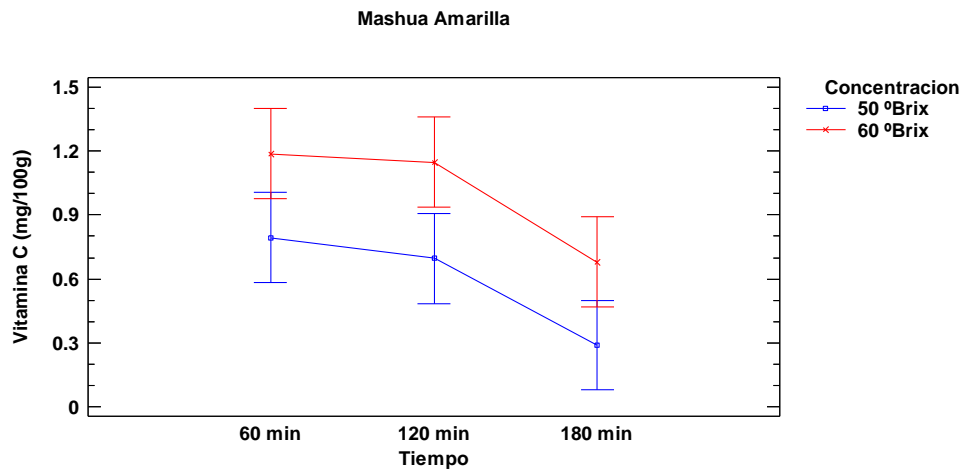


Figura 10. Contenido de Vitamina C (mg/100g) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.

La figura 11, muestra el contenido de vitamina C durante el osmodeshidratado de rodajas de mashua de la accesión morada; con la primera concentración (50 °Brix), donde este desciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) también se observa un descenso. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo II. Cuadros 11 y 12).

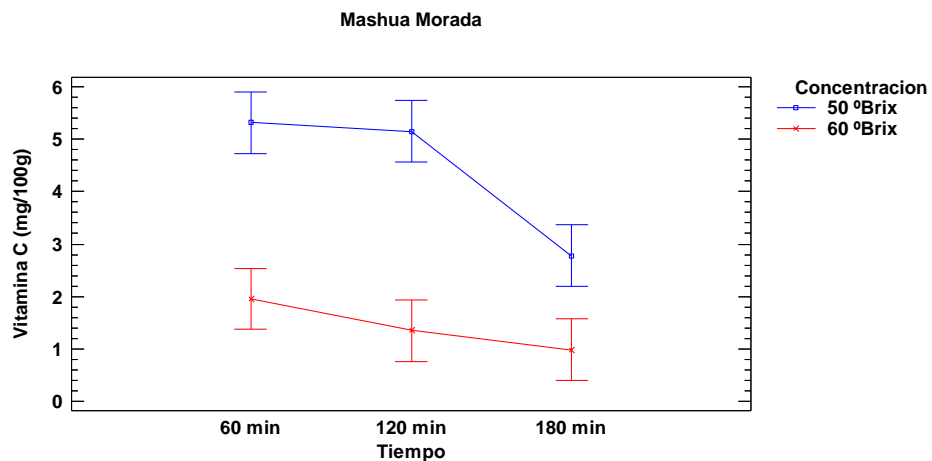


Figura 11. Contenido de Vitamina C (mg/100g) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.

El análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey (Anexo II, Cuadro 5, 6, 11 y 12) indica que existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza para concentración de la solución osmótica y tiempo de inmersión, podemos de este modo afirmar que la Vitamina C (ácido ascórbico) sufre cambios significativos en todas las etapas del proceso de

osmodeshidratación, teniendo al final rodajas osmodeshidratadas con menor contenido de ácido ascórbico con respecto a la muestra fresca.

La deshidratación osmótica redujo significativamente el contenido de vitamina C en las dos accesiones de mashua es así que el T4 tuvo menor pérdida logrando obtener 1.18 mg de ácido ascórbico/g en la accesión amarilla representando una pérdida del 97.32% (anexo IV, cuadro 1) de vitamina en relación al tubérculo fresco; en la accesión morada el T1 con 5.31 mg de ácido ascórbico/g el cual representa un 84.52% de pérdida (anexo IV, cuadro 2).

Fan, P., Zhang, M., & Mujundar, S. (2006), realizaron estudios del efecto de tratamientos como el blanqueo, la deshidratación osmótica y el secado por aire sobre el contenido de carotenoides y la vitamina C en zanahoria sometida a fritura al vacío, determinando que el contenido de estos compuestos disminuye conforme se aplica cada tratamiento. El blanqueo lo realizaron por 10 minutos mientras que la deshidratación osmótica fue por 30 minutos obteniendo pérdidas de Vitamina C mayores a las muestras sometidas al blanqueo más deshidratación osmótica que las sometidas solo a blanqueo, explicando que la pérdida de vitamina C, se debe a su inestabilidad ante el calor, a la luz y al oxígeno, esto concuerda con el trabajo realizado donde se sometió la mashua a un escaldado por 5 minutos a temperatura de 80° C y la osmodeshidratación a una temperatura constante de 40°C por 3 periodos de tiempo 60, 120 y 180 minutos y se registraron pérdidas del contenido de ácido ascórbico en la mayoría de casos casi al 100%. Gao Fen *et al.*, (2009), explica que la pérdida de vitamina C también puede darse en la deshidratación osmótica porque existe un intercambio del agua interna del producto con el medio, el agua migra hacia el exterior de las paredes celulares e ingresan solutos hacia el interior de estas. El agua que sale va arrastrando por lixiviación varios compuestos, entre ellos la vitamina C.

#### **4.3. Evaluar la humedad, pH, °Brix y color durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.**

##### **4.3.1. Humedad**

La evaluación de humedad (%) fue realizada para cada accesión las cuales son amarilla y morada. Los valores determinados para la humedad se encuentran descritos en el anexo III. Cuadros 1 y 9.

En la figura 12, muestra el contenido de humedad durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión amarilla; con la primera concentración (50 °Brix), donde este desciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) se observa una disminución mayor que la primera.

Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III. Cuadros 2 y 3).

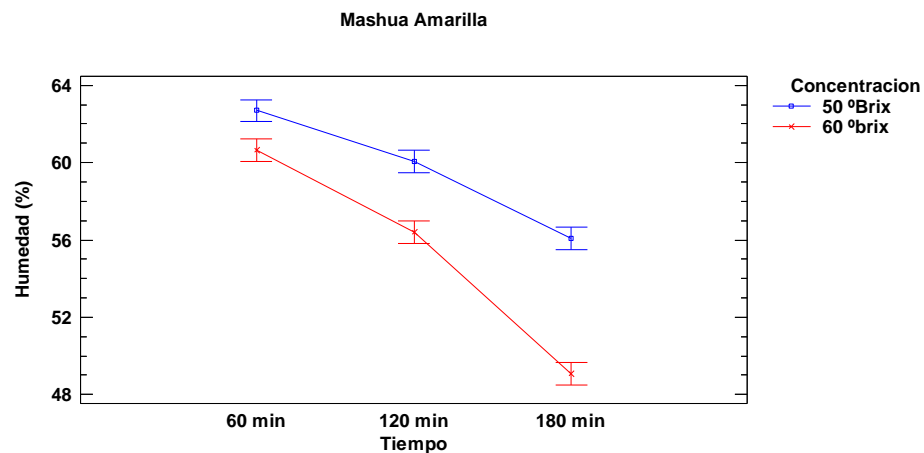


Figura 12. Contenido de humedad durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.

En la figura 13, muestra el contenido de humedad durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión morada; con la primera concentración (50 °Brix), donde esta desciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) también se observa una disminución. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III. Cuadros 10 y 11).

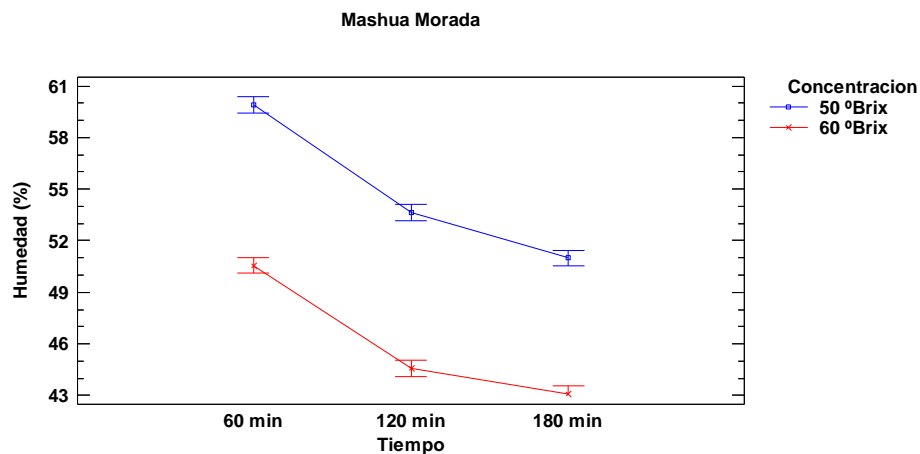


Figura 13. Contenido de humedad durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.

El análisis de varianza (Anexo III, Cuadro 2 y 10) indican que existe diferencia estadística significativa al 95% entre los tratamientos por la concentración de la solución osmótica y tiempo de inmersión en el contenido de humedad de las rodajas de mashua, esto se corrobora con la comparación múltiple de Tukey (Anexo III, Cuadro 3 y 11) muestra que los valores promedios son diferentes; el tratamiento que tuvo mayor pérdida de humedad en la accesión amarilla fue T6

teniendo una pérdida total del 44,65% (anexo IV, cuadro 3) y en la accesión morada fue también T6 con una pérdida del 49,5% (anexo IV, cuadro 4) la pérdida de humedad se debe a que en el proceso de deshidratación osmótica, el contenido de agua en el alimento fue eliminado hacia la solución osmótica, de esta forma al haber menor cantidad de agua se garantizaría una conservación adecuada lo cual es indicado por Paredes (2010). Rastogi & Raghavarao (1996), afirman que esta disminución de humedad se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la solución y por el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el sólido a deshidratar.

#### 4.3.2. pH

La evaluación de pH fue realizada para cada accesión las cuales son amarilla y morada. Los valores determinados para este parámetro se encuentran descritos en el anexo III. Cuadros 1 y 9.

En la figura 14, muestra el pH durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión amarilla; con la primera concentración (50 °Brix), donde este asciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) se observa un mayor incremento con el transcurrir del tiempo. Observándose que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III. Cuadro 4).

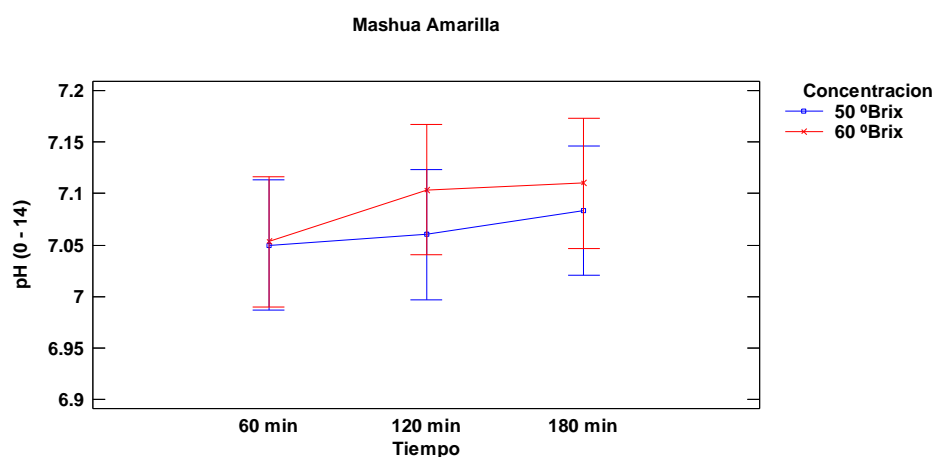


Figura 14. Contenido de pH durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.



En la figura 15, se muestra el pH durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión morada; con la primera concentración (50 °Brix), donde este asciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60 °Brix) se observa un incremento con el transcurrir del tiempo. Observándose que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III. Cuadro 12).

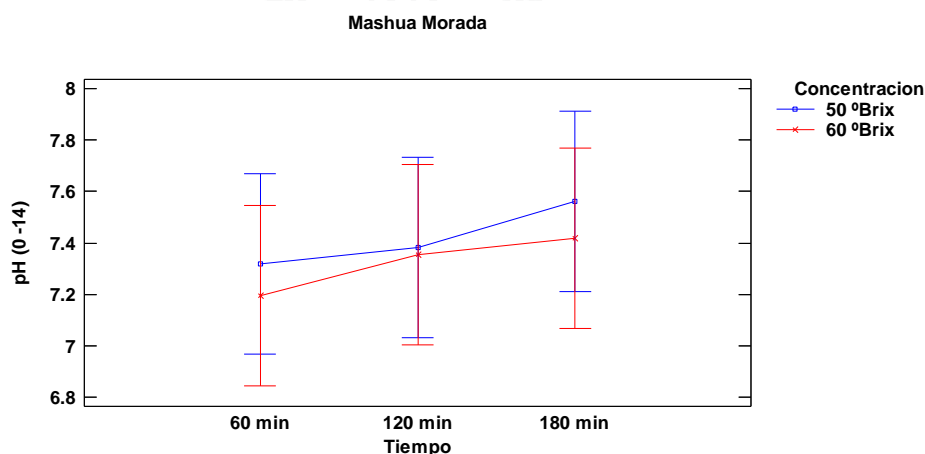


Figura 15. Contenido de pH durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.

Los análisis de varianza (Anexo III, Cuadro 4 y 12) muestran que no existen diferencias estadísticas significativas al 95% entre los tratamientos por efecto de la concentración de la solución osmótica y tiempo de inmersión en los valores del pH de las accesiones de mashua osmodeshidratadas; los valores de pH se incrementaron luego del proceso de deshidratación osmótica para la accesión amarilla el T6 con 7.11 y T3 de la morada con 7.56, tuvieron un mayor incremento de pH. Este aumento podría atribuirse a la composición de la solución osmótica y las diversas relaciones tiempo – temperatura que determinan el grado en que se producen estos cambios (Quelal, 2012). Grau, *et al.*, (2003), mencionan que la mashua recién cosechada presenta un sabor picante, desagradable al paladar que sin embargo procesos como la cocción, ayudan a hidrolizar metabolitos secundarios con lo cual se reduce el sabor picante disminuye la acidez y aumenta el pH resultados similares se reportaron en la oca donde el pH aumento de 4,5 a 5,7 (Cajamarca, 2010).

#### 4.3.3. Sólidos Solubles

La evaluación de los sólidos solubles (°Brix) fue realizada para cada accesión las cuales son amarilla y morada. Los valores determinados para este parámetro se encuentran descritos en el anexo III. Cuadros 1 y 9.

En la figura 16, se muestra los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión amarilla; con la primera concentración (50  $^{\circ}$ Brix), donde este asciende a medida que se incrementa el tiempo de inmersión. Con respecto a la segunda concentración (60  $^{\circ}$ Brix) se observa también un incremento con el transcurrir del tiempo. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III. Cuadros 5 y 6).

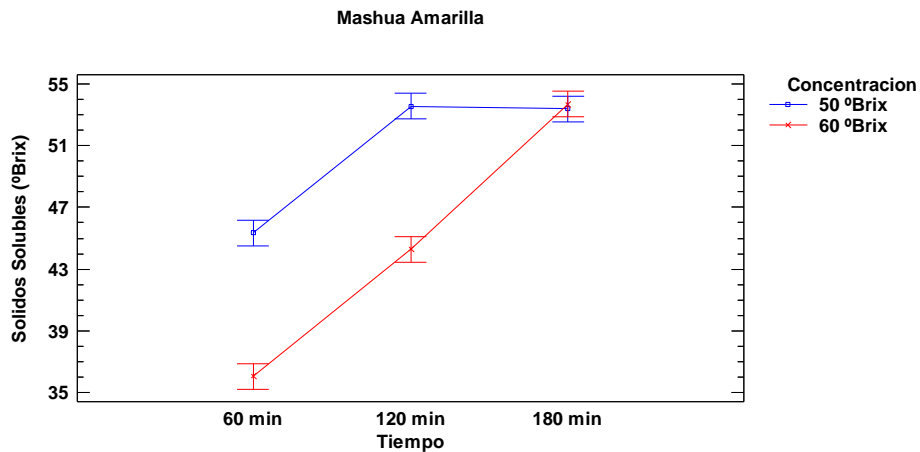


Figura 16. Contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión amarilla.

En la Figura 17, se muestra los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) durante el proceso de deshidratación osmótica de las rodajas de mashua de la accesión morada; con la primera concentración (50  $^{\circ}$ Brix) los sólidos solubles ascienden a medida que se incrementa el tiempo de inmersión y la segunda concentración (60  $^{\circ}$ Brix) se observa también un incremento con el transcurrir del tiempo. Observándose que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la concentración de la solución osmótica y para el tiempo de inmersión (Anexo III, Cuadros 13 y 14).

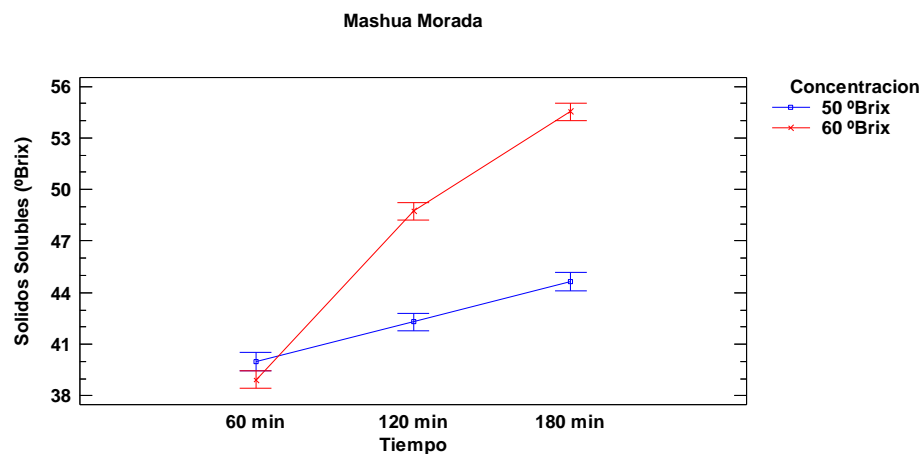


Figura 17. Contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) durante la osmodeshidratación de rodajas de mashua de la accesión morada.

El análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey (anexo III, Cuadro 5, 6,13 y 14) muestran diferencias estadísticas significativas en el contenido de los sólidos solubles de las dos accesiones de mashua los valores aumentaron considerablemente luego de la deshidratación osmótica indicándonos que tanto la concentración de la solución osmótica como el tiempo de inmersión tienen efecto en el contenido de sólidos solubles, un mayor tiempo de inmersión propició una mayor concentración de sólidos solubles, la accesión que reportó mayor contenido de sólidos solubles después del proceso fue la morada en el T6 con 54.53 °Brix en la accesión amarilla también el T6 con 53.67 °Brix., este aumento se debe a que a medida que progresa la deshidratación el agua disminuye y los solutos se concentran. (Quelal, 2012) reportó valores similares en un rango de 24 – 26 °Brix indicando que este aumento es propiciado por el tiempo y la temperatura de inmersión en la solución osmótica, otros factores como el tratamiento térmico de las rodajas, su geometría, tamaño, espesor, facilitan la penetración de azúcares en las rodajas.

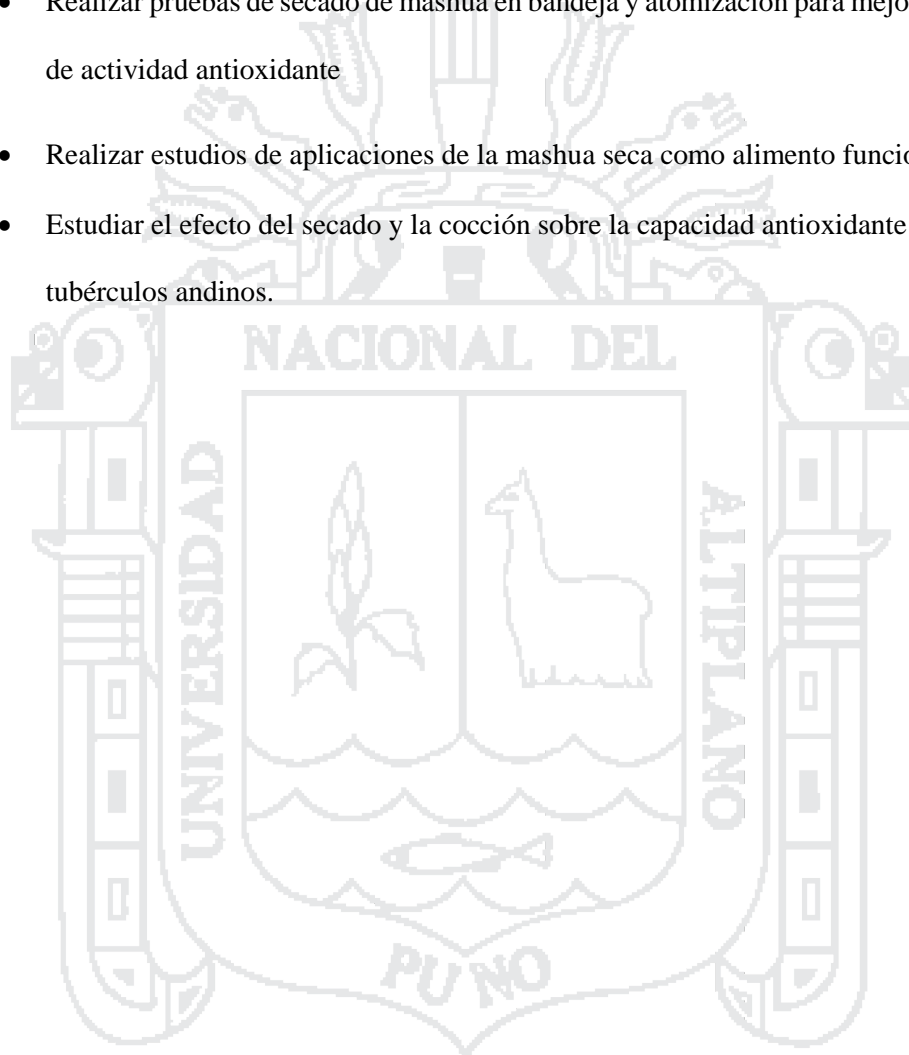
Al respecto (Brennan, 2008; Casp & Abril, 2003), señalan que la presión osmótica provoca una transferencia de solutos desde la solución hipertónica hacia el alimento y desde éste la salida de agua, lo que se traduce en una disminución de la actividad de agua, la humedad y un incremento de azúcares del producto. Estudios similares se reportaron en cebolla paiteña, que luego de 25 días de secado presentó 14,3 ° Brix en comparación al día 1 que presentó valores de 13,5 °Brix (López, 2012).

## V. CONCLUSIONES.

- El proceso de deshidratación osmótica en soluciones osmóticas de (50 °Brix – 60 °Brix) afectó el contenido de compuestos antioxidantes en las accesiones de mashua, a medida que el tiempo transcurrió (60, 120 y 180 minutos) los compuestos antioxidantes (capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y vitamina C) disminuyeron en mayor medida. Esto debido a la degradación de los antioxidantes ocasionado por el tiempo de exposición a la solución osmótica y la concentración de la misma.
- El proceso de deshidratación osmótica tiene efecto en el contenido de humedad de las dos accesiones de mashua lo cual es indicador que este proceso garantiza su conservación, la deshidratación osmótica eleva el pH y los °Brix de las rodajas de las dos accesiones de mashua brindando mejores características de palatabilidad.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos utilizando otras soluciones osmodeshidratantes para estudiar las reacciones en el alimento a deshidratar analizando su microestructura y color.
- Realizar pruebas de secado de mashua en bandeja y atomización para mejorar la retención de actividad antioxidante
- Realizar estudios de aplicaciones de la mashua seca como alimento funcional.
- Estudiar el efecto del secado y la cocción sobre la capacidad antioxidante de este y otros tubérculos andinos.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (2000). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15 ed. EEUU. Association of Official Analytical Chemists.
- Agostini, L., Morón, M., Ramón, A., & Ayala, A. (2004). Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1).
- Argaiz, A. J. (1994). Alternativas de Proceso para Frutos Tropicales. Memorias de Simposio Nacional de Fisiología de Productos Hortícolas en México. Limusa (8-10) 12pp. 153-163. México.
- Arnao, M., Cano, A. & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*. 73, 239- 244.
- Ayala, G. (sf). Aporte de los Cultivos Andinos a la nutrición humana. Lima, Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
- Barbany, J., & Garces, J. (2006). Suplementación en Vitamina C y Rendimiento Deportivo. Revision, *Archivos de medicina del Deporte* (23), 111.
- Barbosa, C.G. & Vega, M.H. (2000). Deshidratación de alimentos Edit. Acribia Zaragoza, España.
- Barlow, S. (1990). *Foods Antioxidants*, 253-307. Londres: B. J. F. Hudson.
- Bekele, Y., & Ramaswamy, H. (2010). Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. Recuperado el 15 de julio de 2016, del Department of Food Science and Agricultural Chemistry, McGill University. Macdonald. <http://www.ju.edu.et/ejast/sites/all/themes>.
- Belitz, H., & Grosch, W. (1997). *Química de los Alimentos*. España.
- Beltran, A. (2013–2014). Elaboración del tubérculo mashua (*Tropaeolum tuberosum*) troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Químico. Universidad De Guayaquil. Facultad De Ingeniería Química. Guayaquil – Ecuador.
- Boateng, J., Verghese, M.; Walker, L.T. & Ogotu, S. (2008). Effect of processing on the antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L). *LWT-Food Science and Technology*. 41, 1541-1547.
- Brennan, J. (2008). *Manual de Procesado de Alimentos*. Edición en lengua Española. Zaragoza, España: Acribia, S.A.

- Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E., & Bornierbale, M., (2008). Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal and Food Composition and Analysis*. International Potato Center (CIP), P.O. Box 1558, Lima 12, Perú.
- Caicedo, C. & Ayala, G. (1999). Aproximación Agroecosistémica. El Agroecosistema Andino: problemas, limitaciones, perspectivas. *Anales del Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino*. CIP, Lima – Perú.
- Cajamarca, E. (2010). Evaluación nutricional de la oca (*Oxalis tuberosa sara-oca*) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas. Tesis previa a la obtención del título de Bioquímica Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
- Calderón, C. (2009). “Evaluación del efecto de procesos clásicos de transformación sobre las propiedades antioxidantes de la mora costarricense variedad „Vino con espinas“ (*Rubus adenotrichus Schlttdl.*)”. Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Calsín, M. (2007). Obtención de extracto antioxidantes de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y la evaluación de su eficacia en la oxidación de aceite refinado. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú.
- Casp, A., & Abril, J. (2003) *Procesos de conservación de los alimentos* (2ed ed.). Madrid, España, Mundi – Prensa.
- Chirinos, R., Campos, D., Betalleluz, I., Giusti, M. M., Schwartz, S. J., Tian, Q., Pedreschi, R. & Larondelle, Y. (2006). High- Performance liquid chromatography with photodiode array detection (HPLC- DAD)/ HPLC- Mass Spectrometry (MS) profiling of anthocyanins from Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón) and their contribution to the overall antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54, 7089- 7097.
- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rees, J.-F., Roetz, H., & Larondelle, Y. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post- harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity of Andean Mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 437- 446.
- Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Hernandez, E. & Arias, M. (1993). *Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. 6ta. Edición; Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima. Perú.



- Cortez, O. (1998). Efecto de las Películas de quitosano sobre la Transferencia de Masa en la deshidratación osmótica de Papaya. UDLA-P.
- Cuya, R. (2009). Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Entrala, A.M., (1994) Manual de Dietética, Aula Médica. Madrid – España.
- Espín, J. & Tomás-Barberán, F. (2005). Alimentos Funcionales. Fundación Española para la Ciencia y Tecnología.
- Espín, S., Villacres, E., & Brito, B. (2004). Caracterización físico - química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y su uso Sostenible en el Ecuador, 4, 91-114. Quito, Ecuador.
- Estrella, I. (2004). Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Fundación Alimentum. Disponible en <http://www.informacionconsumidor.org/Opinion/ArticuloOpinion/>. Revisado el 12 de enero del 2016.
- Fan, L.-P., Zhang, M., & Mujundar, S. (2006). Effect of Various Pretreatments on the Quality of Vacuum-Fried Carrot Chips. *Drying Technology*, 24, 1481-1486.
- Fennema, O. (2000). Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. España.
- Frankel, E., Waterhouse, A. & Teissedre, P. (1996). Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 890-894.
- Gao Fen, Y., Bo, S., Jing, Y., & Qiao-Mei, W. (2009). Efectos de diferentes métodos de cocción de los compuestos del brócoli que promueven la salud. *Journal of Zhejiang University*, 10(8), 580-588.
- García, B. (2005). Absorción in vivo de oligómeros de epicatequina Tesis Niversitat Rovira I Virgili. Tarragona.
- Grau, A., Ortega, D.R., Nieto, C.C., & Herman, M. (2003). Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz&Pavon). Centro Internacional de la Papa. 58pp. Lima – Perú.
- Hermann, M. & P. Cruz. (1991). Una taxonomía campesina de los años en el Departamento de Cusco. Unpublished. Perú.
- Hernández, B. & León, J. (1992). Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. 150 - 151.

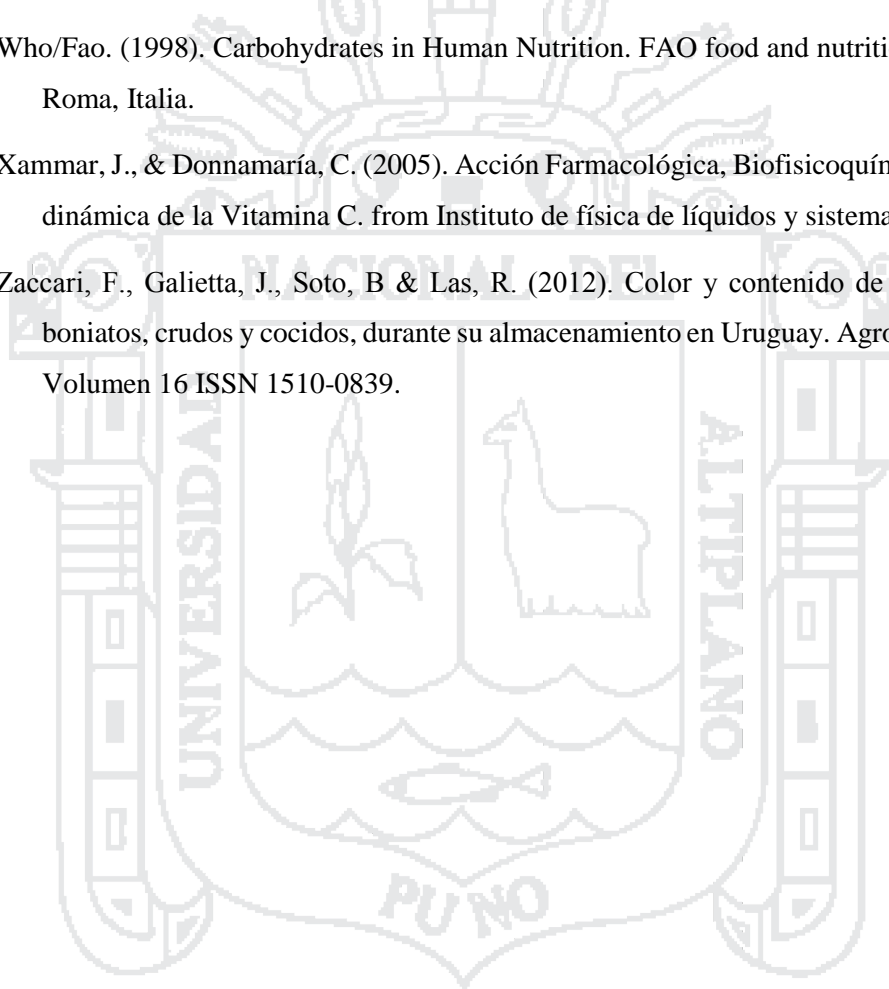
- González, A. I. (2010) Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) Colombiana. Tesis presentada para optar al título de Magister en Ciencias – Química. Bogotá – Colombia.
- Kim, S. Y., Jeong, S. M., Park, W. P., & Lee, S. (2006). Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chemistry*. 97, 472-479.
- Kuljarachanan, T., Devahastin, S. & Chiewchan, N. (2009). Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*. 113, 944-949.
- Lana, M.M. & Tijkens, L.M.M. 2006. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. *Food Chemistry*. 97,203 -211.
- Lazarides, H. N., & Mavroudis, N. (1995). Freeze/thaw effect on mass transfer rates during osmotic dehydration. *Journal of Food Science*, 60(4), 826-829.
- Lešková, E., Kubíková, J., Kováňíková, E., Košická, M., Porubská, P., & Holíková, K. (2006). Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*(19), 4.
- Lewis, M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- López, H. (2012). Determinación del período de transformación de almidones en azúcares y el porcentaje de corte en el bulbo en la cebolla paiteña (*Allium cepa* L.). Trabajo previo al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad técnica de Ambato. Ecuador.
- Maillard, M., & Berset, C. (1995). Evolution of Antioxidant Activity during Kilning: Role of Insoluble Bound Phenolic Acids of Barley and Malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1789-1793.
- Marcotte, M. (1998). Mass transport phenomena in osmotic processes; experimental measurements and theoretical considerations. Tesis de maestría, The University of Alberta, Department of Food Science. Edmonton, Alberta - Canadá.
- Martínez – Valverde. I., (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*.
- Matuska, M., Lenart, A., & Lazarides, H. N. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72, 85-91.
- Melo, V. & Cuamatzi (2006). Bioquímica de los procesos metabólicos. J. M. Macarulla

- Meza, G., Cortes, H., Zela, G. & Gonza, V. (1997). Cultivo de mashua. Universidad nacional de san Antonio Abad del Cusco. Centro de investigación en cultivos andinos. Asociación Arariwa. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Perú.
- Miranda, M.; Vega-Gálvez, A.; López, J.; Parada, G.; Sandersa, M.; Arandab, M.; Uribea, E. & Di Scala, K. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*. 32, 258–263.
- Natella, F., Belevi, F., Ramberti, A., & Scaccini, C. (2010). Microwave and traditional cooking methods: Effect of cooking on antioxidant capacity and phenolic compounds content of seven vegetables. *Journal of Food Biochemistry*, 34(4), 796-810.
- National Research Council (1989). *Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes With Promise For Worldwide Cultivation*. National Academy Press. Washington.
- Nicoli, M., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & technology*, 10(94-100).
- Nicoli, M.C.; Anese, M. & Parpinel, M.T. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. 10, 94-100.
- Olarte, G. C., Ortegón, M. Y., & Cortés, J. A. (2002). *Procesamiento y Conservación de Frutas*.
- Olmedilla, B. & Granado, F. (2008). *Alimentos Funcionales: Aproximación a una nueva alimentación*. Editorial: Instituto de Nutrición y trastornos alimentarios (INUTCAM).
- Ortega, L. (1992). *Usos y valor nutritivo de los andinos*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Agroindustria (INIAA). Programa de Investigación de Cultivos Andinos (PICA).
- Paredes, D. (2010). *Evaluación nutricional de Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) deshidratada por método de bandejas a tres temperaturas*. Tesis de grado para la obtención del título Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ecuador.
- Paucar, S. (2014). *Composición química y capacidad antioxidante de dos variedades mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Amarilla caucha y zapallo*. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniera de alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- Pérez, M. (2005). *Evaluación de las características funcionales de diez cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en 6 estados de crecimiento y diferentes períodos*

- de soleado. Tesis para optar el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. & Gordon, M. (2001). Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia Zaragoza. España.
- Potter, N. & Hotchkiss, J. (1995). Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia Zaragoza, S.A. España.
- Quelal, M. B. (2012). Obtención de rodajas fritas "chips" de mashua (*Tropaelum tuberosum*) aplicando la tecnología de fritura. Ingeniero en Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Ramallo, Z. (1999). Diseño de una planta procesadora de harina de Isaño como base de la alimentación porcina. Tesis. Universidad Privada de Bolivia. Bolivia.
- Randhir, R., Kwon, Y. & Shetty, K. (2008). Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9, 355–364.
- Raoult-Wack, A.; Lenart, A. & Guilbert, S. (1991). Recentces in dewatering though immersion in concentraded solutions. In: *Drying of Solids.*, 211-51. New York: Mujundar S. A. Iternational Science Publishers.
- Rastogi N., & Raghavarao, K., (1996). Kinetics of osmotic dehydration under vacuum. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology*. 29(7):669-672.
- Ríos, L. (2004). Contribución al estudio de algunos compuestos bioactivos y de la capacidad antioxidante presente en 10 genotipos de mashua y la evaluación de su estabilidad. Tesis UNALM. Perú.
- Rojas, D. N. (2008). Evaluación del contenido de vitamina C, Fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Memorias.
- Ruiz, B. (2009). Propiedades Antioxidantes de los productos de la reacción de Maillard y su influencia en la absorción de hierro y cobre. Relación con la capacidad quelante de metales. Tesis doctoral. Editorial de la Universidad de Granada.
- Salas, F. (1998). Procesamiento de raíces y tubérculos andinos: Fascículos. Centro Internacional de la Papa (CIP) pp. 14-17. Lima - Perú.

- Samaniego, L. (2010). Caracterización de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en el Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en industrialización de alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- Santos, G. & Soriano, J. (2006). Nutrición básica humana. Editorial Universidad de Valencia. España.
- Scalbert, A. & Williamson G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. The journal of nutrition, 130, 2073-2085
- Shi, X., Fito, P. & Chiralt, A. (1995). Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits Food Research International, 28(5), 445-454.
- Singleton, V.L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144-158.
- Tapia, M. Fries, A. Mazar, I. & Rosell, C. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos FAO-Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima, PE: 209
- Temoche, M., Campos, D., Chirinos, R. & Cisneros, L. (2004). Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua. Revistas Científicas UNALM. Lima – Perú.
- Tineo, J. (1993). Cultivo de mashua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Folleto N° 6-93, pp. 1-9. Lima – Perú.
- Toor, R., & Savage, G. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res Int*, 38, 487-494.
- Torreggiani, D. (1996). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International (59-68), 26.
- Torres, J. (2007). Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera Indica* L.). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Valencia, España.
- Uquiche, E & Cisneros, L. (2002). Efecto del escaldado y recubrimiento higroscópico sobre la calidad de la zanahoria (*Daucus carota* var. *Chantenay*) pre-cortadas durante el almacenamiento. Archivos Latinoamericanos de nutrición. Volumen 52, No 2. pág. 187-192.
- Valdebenito A. (2005) Antioxidantes como transferentes de cadena en la polimerización de monómeros vinílicos. Tesis Doctoral en química. Chile. Universidad de Santiago de Chile.

- Vásquez, V. (1998). *Mejoramiento Genético de la Papa*. Amari Editores. México.
- Vinson, J., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, J. (2005). Dried Fruits: Excellent in Vitro and in Vivo Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(1), 44-50.
- Wen, T.N.; Prasad, K.N.; Yang, B. e Ismail, A. 2010. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of raw and blanched vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11, 464–469.
- Who/Fao. (1998). *Carbohydrates in Human Nutrition*. FAO food and nutrition Paper, N° 66. Roma, Italia.
- Xammar, J., & Donnamaría, C. (2005). *Acción Farmacológica, Biofísicoquímica y Estructura dinámica de la Vitamina C*. from Instituto de física de líquidos y sistemas Biológicos.
- Zaccari, F., Galieta, J., Soto, B & Las, R. (2012). Color y contenido de  $\beta$ - carotenos en boniatos, crudos y cocidos, durante su almacenamiento en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. Volumen 16 ISSN 1510-0839.





## VIII. ANEXOS

## ANEXO I.

## Resultados de la caracterización de las dos accesiones de mashua fresca

- **Capacidad Antioxidante.**

## Cuadro 1. Resultados de Capacidad antioxidante

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	176.08	163.14
<b>R2</b>	174.14	165.56
<b>R3</b>	176.07	162.62
<b>Promedio</b>	175.43	163.77
<b>DS</b>	1.12	1.57

## Análisis de Varianza para capacidad antioxidante de mashua fresca

**Variable dependiente:** Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$ )

**Factores:** Accesoión (Amarillo – Morado)

## Cuadro 2. Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F - Calculado	F-Tabulado	Signif.
Entre grupos	203.936	1	203.936	109.85	0.0005	**
Intra grupos	7.42603	4	1.85651			
Total (Corr.)	211.362	5				

CV = 0.8024%

## Cuadro 3. Prueba de comparación de medias

Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Accesión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
B	3	163.773	a
A	3	175.433	b

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.



- **Compuestos fenólicos**

**Cuadro 4. Resultados de compuestos fenólicos**

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	128.9	147
<b>R2</b>	128.6	147.7
<b>R3</b>	127.3	146.1
<b>Promedio</b>	128.3	146.9
<b>DS</b>	0.79	0.84

**Análisis de Varianza para compuestos fenólicos de mashua fresca****Variable dependiente:** Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico /100g)**Factores:** Accesión (Amarillo – Morado)**Cuadro 5. Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
Entre grupos	523.014	1	523.014	781.25	0.0000	**
Intra grupos	2.67783	4	0.669458			
Total (Corr.)	525.692	5				

CV = 0.5946%

**Cuadro 6. Prueba de comparación de medias**Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$ 

Accesión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A	3	128.263	a
B	3	146.936	b

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.

- **Vitamina C**

**Cuadro 7: Resultados de Vitamina C**

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	44.10	33.81
<b>R2</b>	44.59	34.30
<b>R3</b>	43.86	34.79
<b>Promedio</b>	<b>44.18</b>	<b>34.30</b>
<b>DS</b>	<b>0.37</b>	<b>0.49</b>

**Análisis de Varianza para la Vitamina C de mashua fresca**

**Variable dependiente:** Vitamina C (mg. de ácido ascórbico /100ml)

**Factores:** Accesión (Amarillo – Morado)

**Cuadro 8.** Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
Entre grupos	146.52	1	146.52	774.15	0.0000	**
Intra grupos	0.757067	4	0.189267			
Total (Corr.)	147.277	5				

CV = 1.108%

**Cuadro 9.** Prueba de comparación de medias

Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Accesión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
B	3	34.3	a
A	3	44.1833	b

Esta Tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.

- **Humedad**

**Cuadro 10.** Resultados para humedad.

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	88.87	85.38
<b>R2</b>	88.41	85.24
<b>R3</b>	88.69	85.1
<b>Promedio</b>	<b>88.66</b>	<b>85.24</b>
<b>DS</b>	<b>0.23</b>	<b>0.14</b>

**Análisis de Varianza**

**Variable dependiente:** Contenido de humedad (%)

**Niveles:** Accesiones

**Cuadro 11.** Análisis de Varianza (ANVA)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Significancia
Entre grupos	17.5104	1	17.5104	477.56	0.0000	**
Dentro grupos	0.146667	4	0.0366667			
Total (Corr.)	17.6571	5				

CV = 0.2202%

**Cuadro 12. Prueba de comparación de medias**

Prueba de Tukey  $\alpha = 0.05$

Accesión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morada	3	85.24	a
Amarilla	3	88.6567	b

Esta Tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.

- **pH**

**Cuadro 13. Resultados de pH**

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	7.17	6.61
<b>R2</b>	7.03	6.81
<b>R3</b>	7.03	7.03
<b>Promedio</b>	<b>7.08</b>	<b>6.81</b>
<b>DS</b>	<b>0.08</b>	<b>0.21</b>

**Análisis de Varianza para el pH de mashua fresca**

**Variable Dependiente:** pH

**Factor:** Accesión (Amarilla –Morada)

**Cuadro 14. Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	F Calculado	F-Tabulado	Signif.
Entre grupos	0.1014	1	0.1014	4.00	0.1160	n.s.
Intra grupos	0.101333	4	0.0253333			
Total (Corr.)	0.202733	5				

**CV = 2.2917%**

- **Solidos Solubles**

**Cuadro 15. Resultados de solidos solubles**

Accesiones	Amarilla	Morada
<b>R1</b>	8.5	6.9
<b>R2</b>	8.5	7.1
<b>R3</b>	9.4	7
<b>Promedio</b>	<b>8.80</b>	<b>7.0</b>
<b>DS</b>	<b>0.52</b>	<b>0.10</b>

**Análisis de Varianza para los sólidos solubles de las accesiones de mashua fresca****Variable Dependiente:** Solidos Solubles (°Brix)**Factor:** Acesión**Cuadro 16. Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F- Calculado	F - Tabulado	Signif.
Entre grupos	4.86	1	4.86	34.71	0.0041	*
Intra grupos	0.56	4	0.14			
Total (Corr.)	5.42	5				

CV = 4.736%

**Cuadro 17. Pruebas de Comparación de medias**Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$ 

Accesión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morada	3	7.0	a
Amarilla	3	8.8	b

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.

ANEXO II.

**Resultados de la evaluación del contenido de compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.**

**Cuadro 1.** Resultados de la evaluación del contenido de compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de la accesión amarilla

Concentración de la solución osmótica	Tiempo de inmersión (Minutos)	Repeticiones	Cap. antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$ )	Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico/g)	Contenido de vitamina C (mg/100 ml)
50 °Brix	60 minutos	R1	3.44	93.46	0.74
		R2	6.99	94.80	0.86
		R3	3.51	94.58	0.78
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.64</b>	<b>94.28</b>	<b>0.79</b>
		<b>DS</b>	<b>2.03</b>	<b>0.72</b>	<b>0.06</b>
	120 minutos	R1	3.33	92.34	0.74
		R2	6.60	92.78	0.61
		R3	3.43	92.11	0.74
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.45</b>	<b>92.41</b>	<b>0.69</b>
		<b>DS</b>	<b>1.86</b>	<b>0.34</b>	<b>0.07</b>
	180 minutos	R1	2.91	91.44	0.25
		R2	5.87	88.98	0.37
		R3	2.87	88.75	0.25
		<b>PROMEDIO</b>	<b>3.89</b>	<b>89.72</b>	<b>0.29</b>
		<b>DS</b>	<b>1.72</b>	<b>1.49</b>	<b>0.07</b>
60 °Brix	60 minutos	R1	3.47	85.39	1.23
		R2	6.95	85.84	1.18
		R3	3.26	84.27	1.15
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.56</b>	<b>85.17</b>	<b>1.18</b>
		<b>DS</b>	<b>2.07</b>	<b>0.81</b>	<b>0.04</b>
	120 minutos	R1	3.22	70.82	1.13
		R2	6.46	72.17	1.23
		R3	3.27	72.39	1.08
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.32</b>	<b>71.80</b>	<b>1.14</b>
		<b>DS</b>	<b>1.86</b>	<b>0.85</b>	<b>0.07</b>
	180 minutos	R1	3.05	46.18	0.49
		R2	6.11	47.30	0.47
		R3	3.09	45.73	1.08
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.08</b>	<b>46.40</b>	<b>0.68</b>
		<b>DS</b>	<b>1.76</b>	<b>0.81</b>	<b>0.35</b>

**Cuadro 2.** Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	0.000272222	1	0.000272222	0.00	0.9932	n.s.
B:Tiempo	1.18681	2	0.593406	0.17	0.8484	n.s.
INTERACCIONES						
AB	0.0990111	2	0.0495056	0.01	0.9862	n.s.
RESIDUOS	42.7217	12	0.0356014			
TOTAL (CORREGIDO)	44.0078	17				

CV = 4.3646%

**Cuadro 3.** Análisis de Varianza para Compuestos Fenolicos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	2668.15	1	2668.15	3276.73	0.0000	**
B:Tiempo	1448.64	2	724.32	889.53	0.0000	*
INTERACCIONES						
AB	908.932	2	454.466	558.13	0.0000	*
RESIDUOS	9.77127	12	0.814272			
TOTAL (CORREGIDO)	5035.49	17				

CV= 1.1%

**Cuadro 4.** Prueba de comparación de medias

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	67.7878	0.30079	a
1	9	92.1378	0.30079	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	68.0633	0.368391	a
2	6	82.1017	0.368391	b
1	6	89.7233	0.368391	c

**Cuadro 5.** Análisis de Varianza para Vitamina C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	0.760556	1	0.760556	8.00	0.0152	*
B:Tiempo	0.0221778	2	0.0110889	0.12	0.8910	n.s.
INTERACCIONES						
AB	0.0240444	2	0.0120222	0.13	0.8824	n.s.
RESIDUOS	1.1414	12	0.0951167			
TOTAL (CORREGIDO)	1.94818	17				

CV = 3.855%

**Cuadro 6. Prueba de comparación de medias**

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	0.593333	0.102803	a
2	9	1.00444	0.102803	b

**Cuadro 7.** Resultados de la evaluación del contenido de compuestos antioxidantes durante la deshidratación osmótica de la accesión morada.

Concentración de la solución osmótica	Tiempo de inmersión (Minutos)	Repeticiones	Cap. antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$ )	Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico/g)	Contenido de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 ml)
50 °Brix	60 minutos	R1	3.18	111.16	5.39
		R2	6.19	110.94	5.15
		R3	3.07	111.83	5.39
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.15</b>	<b>111.31</b>	<b>5.31</b>
		<b>DS</b>	<b>1.77</b>	<b>0.46</b>	<b>0.14</b>
	120 minutos	R1	3.09	97.04	5.88
		R2	5.89	95.47	4.90
		R3	3.11	96.15	4.66
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.03</b>	<b>96.22</b>	<b>5.15</b>
		<b>DS</b>	<b>1.61</b>	<b>0.79</b>	<b>0.65</b>
	180 minutos	R1	3.10	95.70	2.21
		R2	5.91	95.70	3.68
		R3	3.00	94.58	2.45
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.01</b>	<b>95.33</b>	<b>2.78</b>
		<b>DS</b>	<b>1.65</b>	<b>0.65</b>	<b>0.79</b>
60 °Brix	60 minutos	R1	3.50	96.82	1.96
		R2	6.76	95.47	2.01
		R3	3.25	97.94	1.91
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.50</b>	<b>96.74</b>	<b>1.96</b>
		<b>DS</b>	<b>1.96</b>	<b>1.20</b>	<b>0.05</b>
	120 minutos	R1	3.09	83.82	1.23
		R2	5.91	84.05	1.35
		R3	3.00	84.50	1.47
		<b>PROMEDIO</b>	<b>4.00</b>	<b>84.12</b>	<b>1.35</b>
		<b>DS</b>	<b>1.65</b>	<b>0.35</b>	<b>0.12</b>
	180 minutos	R1	2.70	61.63	0.98
		R2	5.26	56.93	0.96
		R3	2.70	57.38	1.03
		<b>PROMEDIO</b>	<b>3.55</b>	<b>58.65</b>	<b>0.99</b>
		<b>DS</b>	<b>1.48</b>	<b>2.59</b>	<b>0.04</b>



**Cuadro 8.** Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-calculado	F - Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	0.00760556	1	0.00760556	0.00	0.9598	n.s.
B:Tiempo	0.649744	2	0.450956	0.16	0.8563	n.s.
INTERACCIONES						
AB	0.740478	2	0.244156	0.09	0.9190	n.s.
RESIDUOS	34.4319	12	0.0286932			
TOTAL (CORREGIDO)	35.8297	17				

CV=4.19%

**Cuadro 9.** Análisis de Varianza para Compuestos Fenolicos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	2006.19	1	2006.19	1250.22	0.0000	**
B:Tiempo	2193.93	2	1096.97	683.61	0.0000	*
INTERACCIONES						
AB	549.72	2	274.86	171.29	0.0000	*
RESIDUOS	19.2561	12	1.60467			
TOTAL (CORREGIDO)	4769.1	17				

CV= 1.4%

**Cuadro 10.** Prueba de comparación de medias

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	79.8378	0.422252	a
1	9	100.952	0.422252	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	76.9867	0.517151	a
2	6	90.1717	0.517151	b
1	6	104.027	0.517151	c

**Cuadro 11.** Análisis de Varianza para Vitamina C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-calculado	F - Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	39.932	1	39.932	222.46	0.0000	**
B:Tiempo	10.1414	2	5.07069	28.25	0.0000	*
INTERACCIONES						
AB	3.32991	2	1.66496	9.28	0.0037	*
RESIDUOS	2.15407	12	0.0179506			
TOTAL (CORREGIDO)	55.5574	17				

CV= 4.583%

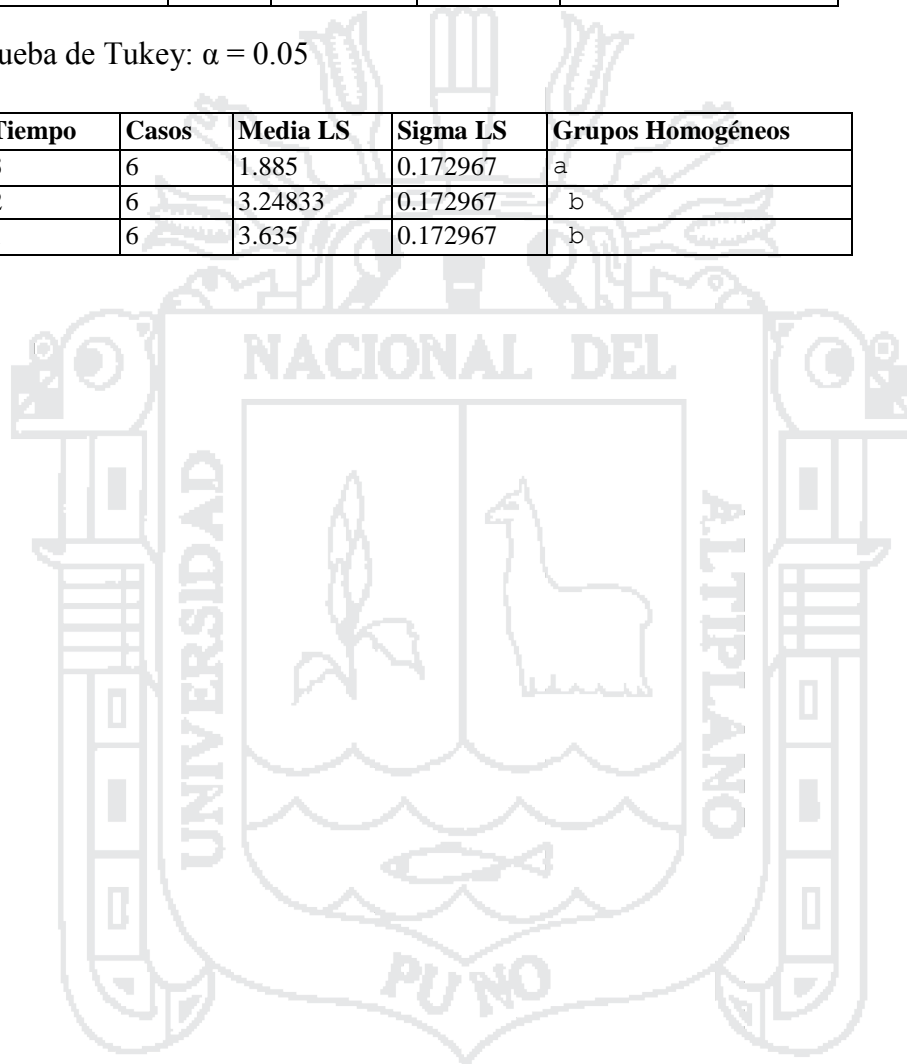
**Cuadro 12.** Prueba de comparación de medias.

Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	1.43333	0.141227	a
1	9	4.41222	0.141227	b

Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	1.885	0.172967	a
2	6	3.24833	0.172967	b
1	6	3.635	0.172967	b



ANEXO III.

Resultados de la evaluación de la humedad, pH, °Brix y color durante la deshidratación osmótica de dos accesiones de mashua.

Cuadro 1. Resultados de la evaluación de la humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica de la accesión amarilla.

Concentración de la solución osmótica	Tiempo de inmersión (Minutos)	Repeticiones	Humedad (%)	pH (0 – 14)	°Brix
50 °Brix	60 minutos	R1	63.04	7.13	44.5
		R2	62.10	7	45.5
		R3	62.92	7.02	46
		PROMEDIO	<b>62.68</b>	<b>7.05</b>	<b>45.33</b>
		DS	<b>0.51</b>	<b>0.07</b>	<b>0.76</b>
	120 minutos	R1	60.39	7.06	53.1
		R2	59.89	7.02	53.3
		R3	59.93	7.1	54.2
		PROMEDIO	<b>60.07</b>	<b>7.06</b>	<b>53.53</b>
		DS	<b>0.27</b>	<b>0.04</b>	<b>0.59</b>
	180 minutos	R1	55.90	7.12	53.2
		R2	56.00	7.04	53.4
		R3	56.29	7.09	53.5
		PROMEDIO	<b>56.06</b>	<b>7.08</b>	<b>53.37</b>
		DS	<b>0.20</b>	<b>0.04</b>	<b>0.15</b>
60 °Brix	60 minutos	R1	59.95	7.03	35.5
		R2	60.94	7.05	36.8
		R3	61.00	7.08	35.9
		PROMEDIO	<b>60.63</b>	<b>7.05</b>	<b>36.07</b>
		DS	<b>0.59</b>	<b>0.03</b>	<b>0.67</b>
	120 minutos	R1	56.83	7.1	44.8
		R2	56.16	7.16	43.5
		R3	56.15	7.05	44.6
		PROMEDIO	<b>56.38</b>	<b>7.10</b>	<b>44.30</b>
		DS	<b>0.39</b>	<b>0.06</b>	<b>0.70</b>
	180 minutos	R1	49.00	7.11	53.2
		R2	49.53	7.08	53.5
		R3	48.68	7.14	54.3
		PROMEDIO	<b>49.07</b>	<b>7.11</b>	<b>53.67</b>
		DS	<b>0.43</b>	<b>0.03</b>	<b>0.57</b>

**Cuadro 2.** Análisis de varianza para la Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	1256.68	1	1256.68	92.53	0.0000	*
B:Tiempo	1327.09	2	663.544	48.85	0.0000	*
INTERACCIONES						
AB	2073.45	2	1036.72	76.33	0.0000	*
RESIDUOS	162.983	12	13.5819			
TOTAL (CORREGIDO)	4820.19	17				

CV= 6.41%

**Cuadro 3.** Prueba de comparación de medias.

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	56.6122	1.22846	a
2	9	73.3233	1.22846	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	52.8533	1.50455	a
2	6	70.3033	1.50455	b
3	6	71.7467	1.50455	b

**Cuadro 4.** Análisis de Varianza para el pH.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	0.00268889	1	0.00268889	1.27	0.2817	n.s.
B:Tiempo	0.0063	2	0.00315	1.49	0.2646	n.s.
INTERACCIONES						
AB	0.00121111	2	0.000605556	0.29	0.7562	n.s.
RESIDUOS	0.0254	12	0.00211667			
TOTAL (CORREGIDO)	0.0356	17				

CV= 0.64%

**Cuadro 5** Análisis de varianza para los °Brix.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
A:Concentracion	165.62	1	165.62	450.33	0.0000	**
B:Tiempo	505.881	2	252.941	687.75	0.0000	**
<b>INTERACCIONES</b>						
AB	91.2033	2	45.6017	123.99	0.0000	*
RESIDUOS	4.41333	12	0.367778			
TOTAL (CORREGIDO)	767.118	17				

**CV= 1.27%**

**Cuadro 6.** Prueba de comparación de medias.

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	44.6778	0.202149	a
1	9	50.7444	0.202149	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	40.7	0.247581	a
2	6	48.9167	0.247581	b
3	6	53.5167	0.247581	c

**Cuadro 9.** Resultados de la evaluación de la humedad, pH y °Brix durante la deshidratación osmótica de la accesión morada.

Concentración de la solución osmótica	Tiempo de inmersión (Minutos)	Repeticiones	Humedad (%)	pH (0 – 14)	°Brix
50 °Brix	60 minutos	R1	59.75	7.63	40.1
		R2	59.85	7.64	39.9
		R3	60	6.69	40
		<b>PROMEDIO</b>	<b>59.87</b>	<b>7.32</b>	<b>40</b>
		<b>DS</b>	<b>0.13</b>	<b>0.55</b>	<b>0.10</b>
	120 minutos	R1	53.72	7.23	42.6
		R2	53.44	7.54	41.8
		R3	53.83	7.38	42.5
		<b>PROMEDIO</b>	<b>53.66</b>	<b>7.38</b>	<b>42.3</b>
		<b>DS</b>	<b>0.20</b>	<b>0.16</b>	<b>0.44</b>
	180 minutos	R1	51.17	7.52	44.9
		R2	50.79	7.71	44
		R3	50.98	7.45	45
		<b>PROMEDIO</b>	<b>50.98</b>	<b>7.56</b>	<b>44.6</b>
		<b>DS</b>	<b>0.19</b>	<b>0.13</b>	<b>0.55</b>
60 °Brix	60 minutos	R1	50.44	7.06	39.2
		R2	50.86	7.12	38.6
		R3	50.40	7.4	39
		<b>PROMEDIO</b>	<b>50.57</b>	<b>7.19</b>	<b>38.9</b>
		<b>DS</b>	<b>0.26</b>	<b>0.18</b>	<b>0.31</b>
	120 minutos	R1	44.11	7.39	48.7
		R2	45.06	7.41	49
		R3	44.52	7.26	48.5
		<b>PROMEDIO</b>	<b>44.56</b>	<b>7.35</b>	<b>48.73</b>
		<b>DS</b>	<b>0.47</b>	<b>0.08</b>	<b>0.25</b>
	180 minutos	R1	43.07	7.53	54.1
		R2	42.60	7.4	54.5
		R3	43.61	7.32	55
		<b>PROMEDIO</b>	<b>43.09</b>	<b>7.42</b>	<b>54.53</b>
		<b>DS</b>	<b>0.51</b>	<b>0.11</b>	<b>0.45</b>

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para la Humedad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	345.845	1	345.845	3051.57	0.0000	**
B:Tiempo	217.574	2	108.787	959.89	0.0000	**
INTERACCIONES						
AB	1.74333	2	0.871667	7.69	0.0071	*
RESIDUOS	1.36	12	0.113333			
TOTAL (CORREGIDO)	566.523	17				

CV= 0.67%

**Cuadro 11.** Prueba de comparación de medias.

a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	46.0778	0.112217	a
1	9	54.8444	0.112217	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	47.05	0.137437	a
2	6	49.1	0.137437	b
1	6	55.2333	0.137437	c

**Cuadro 12.** Análisis de Varianza para el pH.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	0.045	1	0.045	0.69	0.4220	n.s.
B:Tiempo	0.161078	2	0.0805389	1.24	0.3247	n.s.
INTERACCIONES						
AB	0.0112333	2	0.00561667	0.09	0.9179	n.s.
RESIDUOS	0.781267	12	0.0651056			
TOTAL (CORREGIDO)	0.998578	17				

CV= 3.5%

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para los °Brix.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Calculado	F-Tabulado	Signif.
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Concentracion	116.536	1	116.536	809.90	0.0000	**
B:Tiempo	310.974	2	155.487	1080.61	0.0000	**
INTERACCIONES						
AB	94.2678	2	47.1339	327.57	0.0000	*
RESIDUOS	1.72667	12	0.143889			
TOTAL (CORREGIDO)	523.504	17				

CV= 0.856%



**Cuadro 14. Prueba de comparación de medias.**a) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$ 

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	42.3111	0.126442	a
2	9	47.4	0.126442	b

b) Prueba de Tukey:  $\alpha = 0.05$ 

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	39.4667	0.15486	a
2	6	45.5167	0.15486	b
3	6	49.5833	0.15486	c



**Anexo IV.**

**Resultados de porcentaje de perdida durante la deshidratación osmótica de compuestos antioxidantes, humedad, pH y °Brix de las dos accesiones de mashua.**

**Cuadro 1.** Datos obtenidos para el porcentaje de pérdida durante la deshidratación osmótica de compuestos antioxidantes en la accesión amarilla

TRATAMIENTO	REPETICION	Capacidad antioxidante (µmol Trolox equivalente/g )	Porcentaje de Perdida (%)	Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico/g)	Porcentaje de Perdida (%)	Contenido de vitamina C (mg/100ml)	Porcentaje de Perdida (%)
50 °Brix/60min	R1	3.44	98.04	93.46	29.23	0.25	99.45
	R2	6.99	96.02	94.80	26.09	0.37	99.17
	R3	3.51	98.00	94.58	26.26	0.25	99.45
50 °Brix/120min	R1	3.33	98.10	92.34	28.01	0.74	98.34
	R2	6.60	96.24	92.78	27.66	0.61	98.61
	R3	3.43	98.05	92.11	27.13	0.74	98.34
50 °Brix/180min	R1	2.91	98.34	91.44	28.71	0.74	98.34
	R2	5.87	96.65	88.98	30.63	0.86	98.06
	R3	2.87	98.36	88.75	30.8	0.78	98.23
60 °Brix/60min	R1	3.47	98.02	85.39	64	0.49	98.89
	R2	6.95	96.04	85.84	63.12	0.47	98.95
	R3	3.26	98.14	84.27	64.35	1.08	97.56
50 °Brix/120min	R1	3.22	98.16	70.82	44.78	1.13	97.45
	R2	6.46	96.32	72.17	43.73	1.23	97.23
	R3	3.27	98.14	72.39	43.55	1.08	97.56
60 °Brix/180min	R1	3.05	98.26	46.18	33.42	1.23	97.23
	R2	6.11	96.52	47.30	33.07	1.18	97.34
	R3	3.09	98.24	45.73	34.3	1.15	97.39
M. Fresca	R1	176.0893	-	128.8603	-	44.10	-
	R2	174.1387	-	128.636	-	44.59	-
	R3	176.0702	-	127.292	-	3.86	-
M. Escaldada	R1	1.8315	98.96	74.4102	41.98	0.71	98.39
	R2	2.9755	98.30	73.2898	42.86	0.49	98.89
	R3	2.6542	98.49	73.0658	43.03	0.66	98.50

**Cuadro 2.** Datos obtenidos para el porcentaje de pérdida durante la deshidratación osmótica de compuestos antioxidantes en la acesión morada.

TRATAMIENTO	REPETICION	Capacidad antioxidante (µmol Trolox equivalente/g )	Porcentaje de Perdida (%)	Compuestos fenólicos (mg. de ácido gálico/g)	Porcentaje de Perdida (%)	Contenido de vitamina C (mg/100 ml)	Porcentaje de Perdida (%)
50 °Brix/60min	R1	3.18	98.06	111.16	24.351	5.39	84.3
	R2	6.19	96.22	110.94	24.5	5.15	85.0
	R3	3.07	98.13	111.83	23.894	5.39	84.3
50 °Brix/120min	R1	3.09	98.11	97.04	33.959	5.88	82.9
	R2	5.89	96.40	95.47	35.028	4.90	85.7
	R3	3.11	98.10	96.15	34.565	4.66	86.4
50 °Brix/180min	R1	3.10	98.11	95.70	34.871	2.21	93.6
	R2	5.91	96.39	95.70	34.871	3.68	89.3
	R3	3.00	98.17	94.58	35.634	2.45	92.9
60 °Brix/60min	R1	3.50	7.86	96.82	34.109	1.96	94.3
	R2	6.76	95.87	95.47	35.028	2.01	94.1
	R3	3.25	98.02	97.94	33.347	1.91	94.4
50 °Brix/120min	R1	3.09	98.12	83.82	42.956	1.23	96.4
	R2	5.91	96.39	84.05	42.8	1.35	96.1
	R3	3.00	98.17	84.50	42.494	1.47	95.7
60 °Brix/180min	R1	2.70	98.35	61.63	58.058	0.98	97.1
	R2	5.26	96.79	56.93	61.256	0.96	97.2
	R3	2.70	98.35	57.38	60.95	1.03	97.0
M. Fresca	R1	163.1433	-	147.0103	-	33.81	-
	R2	165.5570	-	147.6826	-	34.30	-
	R3	162.6178	-	146.114	-	34.79	-
M. Escaldada	R1	1.651232	98.99	74.6343	49.208	3.92	88.57
	R2	1.494512	99.09	73.738	49.818	2.70	92.14
	R3	1.040024	99.36	75.0824	48.903	2.21	93.57

**Cuadro 3.** Datos obtenidos para el porcentaje de pérdida durante la deshidratación osmótica de humedad, pH, °Brix y color (Tonalidad) en la accesión amarilla.

TRATAMIENTO	REP.	Humedad (%)	Porcentaje de Pérdida (%)	pH (0 -14)	Porcentaje de Pérdida (%)	°Brix	Porcentaje de Pérdida (%)
50 °Brix/60min	R1	63.04	28.9	7.13	-	44.5	-
	R2	62.10	29.96	7	1.13	45.5	-
	R3	62.92	29.03	7.02	0.85	46	-
50 °Brix/120min	R1	60.39	31.89	7.06	0.28	53.1	-
	R2	59.89	32.44	7.02	0.85	53.3	-
	R3	59.93	32.41	7.1	-	54.2	-
50 °Brix/180min	R1	55.90	36.96	7.12	-0.56	53.2	-
	R2	56.00	36.84	7.04	0.56	53.4	-
	R3	56.29	36.51	7.09	-	53.5	-
60 °Brix/60min	R1	59.95	32.38	7.03	0.71	35.5	-
	R2	60.94	31.26	7.05	0.42	36.8	-
	R3	61.00	31.2	7.08	0.00	35.9	-
50 °Brix/120min	R1	56.83	35.9	7.1	-0.28	44.8	-
	R2	56.16	36.66	7.16	-	43.5	-
	R3	56.15	36.67	7.05	0.42	44.6	-
60 °Brix/180min	R1	49.00	44.73	7.11	-	53.2	-
	R2	49.53	44.13	7.08	0.00	53.5	-
	R3	48.68	45.09	7.14	-	54.3	-
M. Fresca	R1	88.87	-	7.17	-	8.5	-
	R2	88.41	-	7.03	-	8.5	-
	R3	88.69	-	7.03	-	9.4	-

**Cuadro 4.** Datos obtenidos para el porcentaje de pérdida durante la deshidratación osmótica de humedad, pH, °Brix y color (Tonalidad) en la accesión morada.

TRATAMIENTO	REP.	Humedad (%)	Porcentaje de Pérdida (%)	pH (0 -14)	Porcentaje de Pérdida (%)	°Brix	Porcentaje de Pérdida (%)
50 °Brix/60min	R1	59.75	29.9	7.63	-	40.1	-
	R2	59.85	29.8	7.64	-	39.9	-
	R3	60	29.6	6.69	-	40	-
50 °Brix/120min	R1	53.72	37.0	7.23	-	42.6	-
	R2	53.44	37.3	7.54	-	41.8	-
	R3	53.83	36.8	7.38	-	42.5	-
50 °Brix/180min	R1	51.17	40.0	7.52	-	44.9	-
	R2	50.79	40.4	7.71	-	44	-
	R3	50.98	40.2	7.45	-	45	-
60 °Brix/60min	R1	50.44	40.8	7.06	-	39.2	-
	R2	50.86	40.3	7.12	-	38.6	-
	R3	50.40	40.9	7.4	-	39	-
50 °Brix/120min	R1	44.11	48.3	7.39	-	48.7	-
	R2	45.06	47.1	7.41	-	49	-
	R3	44.52	47.8	7.26	-	48.5	-
60 °Brix/180min	R1	43.07	49.5	7.53	-	54.1	-
	R2	42.60	50.0	7.4	-	54.5	-
	R3	43.61	48.8	7.32	-	55	-
M. Fresca	R1	85.38	-	6.61	-	6.9	-
	R2	85.24	-	6.81	-	7.1	-
	R3	85.1	-	7.03	-	7	-

## ANEXO V

### METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE UTILIZANDO EL MÉTODO ABTS

#### **Preparación de muestra para la determinación de capacidad antioxidante y compuesto fenólicos en el tubérculo de mashua**

Se realizó la separación de los extractos de dos accesiones de mashua “amarilla y morada”. Para ello se utilizó el proceso de extracción optimizado por (Chirinos *et al.*, 2007), el procedimiento fue el siguiente:

Para la preparación de los extractos se pesaron 50g de muestra y se colocó en un matraz de 500 ml de capacidad, luego se añadió 300 ml de mezcla de solventes de metanol y agua (en relación 80,20 v/v), la mezcla de solventes se dejó agitando constantemente durante 60 minutos a temperatura ambiente, se centrifugo las muestras a 4000 rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante (S1) de la torta.

Se realizó una segunda extracción, la torta se colocó en el matraz de 500 ml de capacidad, donde se añadió 1500 ml de la mezcla de solventes, la solución se dejó agitando constantemente durante 15 minutos a temperatura ambiente, se centrifugo las muestras a 4000 rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante (S2) de la torta.

#### **Preparación de muestra para la determinación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos para las rodajas osmódeshidratadas de mashua**

Se pesó 5 gramos de osmódeshidratato de mashua y se colocó en un vaso precipitado de 100 ml de capacidad, luego se añadió 25 ml de metanol al 80% mezcla de solventes de metanol y agua (en relación 80,20 v/v), la solución se dejó agitando constantemente durante 60 minutos a temperatura ambiente, se centrifugo las muestras a 4000 rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante de la torta.



Anexo VI.

Panel Fotográfico



Mashua Negra



Mashua Amarilla



Determinación de Humedad



Osmodeshidratación de la mashua



Mashua Morada Osmodeshidratada



Mashua Amarilla Osmodeshidratada





**Lectura de pH**



**Acondicionamiento de Muestras**



**Agitador Magnético**



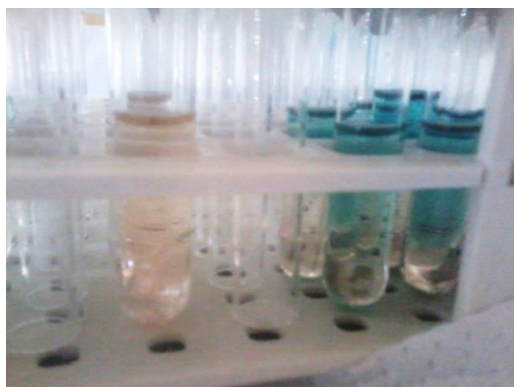
**Viales de Vidrio**



**Reacción de ABTS**



**Follin Ciocalteu**



**Reacción de ABTS con la muestra**



**Lectura de Abs**



**Determinación de Vitamina C**



**Titulación con 2,6  
Diclorofenolindofenol**



**Espectrofotómetro**



**Centrifuga**