

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SOLEADO Y LA COCCIÓN EN LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL PURÉ DESHIDRATADO DE MASHUA
(*Tropaeolum tuberosum R. et P.*)”**

TESIS

PRESENTADA POR:

WALTER PACCO CHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2015

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

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SOLEADO Y LA COCCIÓN EN LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL PURÉ DESHIDRATADO DE MASHUA
(*Tropaeolum tuberosum R. et P.*)”

TESIS

PRESENTADA POR:

WALTER PACCO CHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO


Ing. M.Sc. Florentino V. CHOQUEHUANCA CÁCERES

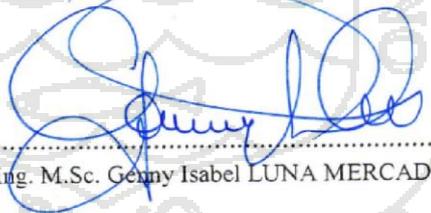
PRIMER MIEMBRO


Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO


Ing. M.Sc. Elizabeth HUANATICO SUAREZ

DIRECTOR DE TESIS


Ing. M.Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO

ASESOR DE TESIS


Ing. Marienela CALSIN CUTIMBO

PUNO – PERÚ
2015

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

*A Dios solo tú conoces mis sentimientos y
mi corazón. Por eso solo en tus manos dejo
mi futuro y mi felicidad.*

*A mis queridos padres Victor E. Pacco y
Margarita Chua; y a mis hermanos Pastor;
Edgar, Olga, Sonia y Susana. A quienes me
brindaron todo su apoyo y confianza. A ellos mi
eterna gratitud.*

*Es mi deseo como sencillo gesto de
agradecimiento, dedicarle mi trabajo de
grado plasmada en el presente informe, a
Lucy por su amor, permanente cariño y
comprensión, a mi hija Yamila, quienes
permanentemente me apoyaron con espíritu
alentador a lograr las metas y objetivos
propuestos.*

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. Genyy Isabel Luna Mercado por su acertada dirección y orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Marianela Calsin Cutimbo por guiarme a lo largo de la realización de esta tesis y por la confianza al brindarme la oportunidad para ejecutar el presente trabajo de investigación

Al Dr. Vladimiro Ibañez Quispe por su orientación en la realización del trabajo de investigación.

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

A mis amigos que me apoyaron incondicionalmente con la gran calidad humana, que me han demostrado con su amistad.

INDICE GENERAL

	Pag.
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
GLOSARIO	
RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1. LA MASHUA	3
2.1.1 Generalidades	3
2.1.2 Clasificación Taxonómica de la mashua	3
2.1.3 Descripción Botánica de la mashua.....	4
2.1.4 Características Agronómicas	5
2.1.5 Formas de utilización del tubérculo de mashua.	5
2.1.6 Producción de la mashua en la región Puno	6
2.1.7 Valor Nutritivo de la mashua.....	7
2.1.8 Composición química de la mashua	7
2.2 DESHIDRATADO	9
2.2.1 Aspectos generales sobre deshidratado.....	9
2.2.2 Ventajas y desventajas de la deshidratación.....	10
2.2.3 Cualidades que deben poseer los alimentos deshidratados	10

2.2.1	Métodos de deshidratación.....	11
2.3	PURÉ.....	11
2.3.1	puré deshidratado.....	11
2.4	ANTIOXIDANTE.....	13
2.4.1	Clasificación de los antioxidantes.....	14
2.4.2	Antioxidantes Naturales.....	15
2.4.3	Antioxidantes sintéticos.....	16
2.4.4	Usos de los antioxidantes en alimentos.....	16
2.5	COMPUESTOS FENÓLICOS.....	18
1.5.1.	Clasificación de Compuestos Fenólicos.....	18
1.5.2.	Componentes Biológicamente Activos en los Alimentos.....	21
1.5.3.	Efecto de compuestos fenólicos y antioxidantes en el tratamiento térmico.....	23
III.	MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	25
3.2	MATERIA PRIMA E INSUMO.....	25
3.2.1	Materia Prima.....	25
3.3	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	25
3.3.1	Materiales.....	25
3.3.2	Equipos.....	25
3.3.3	Reactivos.....	26
3.3.4	Software.....	26

3.4	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	20
3.4.1	Determinación del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua.....	26
3.4.2	Evaluación de la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.....	29
3.5	METODOS DE ANALISIS.....	30
3.5.1	Preparacion de la muestra para el tuberculo de mashua.....	30
3.5.2	Preparacion de la muestra para el puré deshidratado de mashua.....	30
3.5.3	Determinacion de la capacidad antioxidante.....	30
3.5.4	Determinación de compuestos fenólicos.....	31
3.6	FACTORES DE ESTUDIO.....	32
3.6.1	Determinación del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua.....	32
3.6.1.1	Variables independientes.....	32
3.6.1.2	Variables dependientes.....	32
3.6.1.3	Indicadores.....	32
3.6.2	Evaluación de la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.....	33
3.6.2.1	Variables independientes.....	33
3.6.2.2	Variables dependientes.....	33
3.6.2.3	Indicadores.....	33

3.7	EVALUACION ESTADISTICA.....	33
3.8	MATRIZ DE DISEÑO.....	33
3.8.1	Diseño Box Behnken	33
3.8.2	Evaluación estadística para el segundo objetivo en la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento del puré deshidratado de mashua.....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
4.1	Características de la materia prima	37
4.2	Determinación de los parámetros de tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de la capacidad antioxidante	37
4.2.1	Evaluación de capacidad antioxidante	37
4.3	Efecto de la temperatura en la Capacidad Antioxidante.....	40
4.4	Efecto del soleado en la Capacidad Antioxidante.....	42
4.5	Efecto del tiempo en la Capacidad Antioxidante.....	42
4.6	Evaluación de Compuestos Fenólicos.....	45
4.7	Efecto de la temperatura en los compuestos fenólicos	46
4.8	Efecto del soleado en los compuestos fenólicos	47
4.9	Efecto del tiempo en los compuestos fenólicos.	49
4.10	Almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua y su evaluación en la estabilidad de capacidad antioxidante	50
4.11	Almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua y su evaluación de la estabilidad de compuestos fenólicos.	52
V.	CONCLUSIONES.....	54

VI. RECOMENDACIONES55

VII. BIBLIOGRAFIA56



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de la mashua en la región de Puno	7
Tabla 2. La composición proximal de la mashua en 100 gramos de porción comestible.....	8
Tabla 3. Correlación (r^2) entre los métodos de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos.....	24
Tabla 4. Diseño Box y Behnken para tres factores donde se presentan las coordenadas que se deben modelar.....	34
Tabla 5. Formato de recolección de datos para el almacenamiento acelerado.	36
Tabla 6 contenido de humedad y materia seca	37
Tabla 7. Evaluación de capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua según el modelo Box y Behnken de superficie de respuesta.....	38
Tabla 8. Análisis de Varianza para la capacidad antioxidante.	39
Tabla 9. Valores óptimos por el método analítico.....	40
Tabla 10. Valores de los Compuestos fenólicos del puré deshidratado de mashua....	45
Tabla 11. Análisis de varianza del tiempo de soleado, tiempo de cocción y Temperatura sobre Los compuestos fenólicos de puré deshidratado de mashua.....	45
Tabla 12. Valores optimizados para compuestos fenólicos.....	46
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante.	50
Tabla 14. Prueba de comparación múltiple Duncan en el tiempo de almacenamiento de la capacidad antioxidante	51
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para los compuestos fenólicos.....	52
Tabla 16. Prueba de comparación múltiple Duncan en el tiempo de almacenamiento de los compuestos fenólicos.....	52

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Diferentes accesiones del tubérculo de mashua	4
Fig. 2: Cambios en la actividad antioxidante debido a eventos diferentes y simultáneos en una matriz vegetal sometida a calentamiento.	17
Fig. 3: Flavonoides. Estructura básica y tipos	20
Fig. 4: Clasificación de compuestos bioactivos de alimentos.	22
Fig. 5: Diagrama de flujo para la obtención del puré deshidratado de mashua.	27
Fig. 6: Diagrama de flujo para el almacenamiento acelerado.....	29
Fig. 7: Comportamiento de capacidad antioxidante en función a temperaturas.....	40
Fig. 8: Comportamiento de la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua.....	42
Fig. 9: Comportamientos de capacidad antioxidante en función a tiempo y temperatura de cocción.	43
Fig. 10: figura de efectos principales para capacidad antioxidante.....	44
Fig. 11: Comportamiento de compuestos fenólicos en función a diferentes días de soleado y diferentes temperaturas de cocción.....	47
Fig. 12: Comportamiento de superficie de respuesta de compuestos fenólicos en función a diferentes días de soleado y diferentes tiempos de cocción.....	48
Fig. 13: Comportamiento de superficie de respuesta de compuestos fenólicos en función a temperaturas y tiempos de cocción.....	49
Fig. 14: figura de efectos principales para compuestos fenólicos	50
Fig. 15: Resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.	51
Fig. 16: Resultados de la determinación de los compuestos fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.	53

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Lectura de absorbancias para la capacidad antioxidante.....	64
ANEXO II. Resultados de Capacidad Antioxidante día 0 y 5.....	65
ANEXO III. Resultados de Capacidad Antioxidante día 10 y 15	66
ANEXO IV. Resultados de compuestos fenólicos de día 0 y 5.....	67
ANEXO V. Resultado de compuestos fenólicos día 10 y 15	68
ANEXOS VI. Panel fotografico	69



GLOSARIO

- ABTS: (2,2 Azino-bis 3 ethylbenzothializone-6-sulfonic acid)
- DPPH: Radical 2,2 – Difinil - 1- picrildrazilo
- FRAP: Análisis de poder reductor Férrico Antioxidante
- ORAC: Capacidad de absorbanca de radicales de oxígeno, estándar para determinar la capacidad antioxidante
- ANTIOXIDANTES: son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.
- FLAVONOIDES: Son antioxidantes naturales como compuestos fenólicos.
- ANTOCIANOS: Colorante natural, como antocianina con un valor agregado que son los antioxidantes.
- FENOLICOS: Parte de los antioxidantes naturales.
- TROLOX: antioxidante sintético utilizado como patrón en análisis de capacidad antioxidantes.
- TEAC: Actividad Equivalente a Trolox (μM).
- VCEAC: Actividad Equivalente a Vitamina C (mg/L o mg/100 gr.).
- HIDROFOBICOS: Los antioxidantes solubles en lípidos.
- HIDROFILICAS: Los antioxidantes solubles en agua.
- FIOLA: Matraz aforado.
- CIP: centro de investigación de la papa.
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo. Determinar los parámetros del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua. Mediante la metodología (2,2 Azino bis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate)) ABTS. Utilizando la espectrofotometría para su lectura. Se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Y se utilizó como materia prima la mashua fresca *Tropaeolum tuberosum* R. et P. de pulpa amarilla accesión (B002) reconocida por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Proveniente del distrito de Coasa de la provincia de Carabaya. Los resultados fueron analizados con la ayuda de software Statgraphics v22. Mediante un diseño estadístico Box y Behnken de superficie de respuesta para tres factores de estudio, de días de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la influencia de capacidad antioxidante. De los cuales el factor soleado resulto no ser significativo ($p > 0.05$) y donde el factor tiempo y temperatura de cocción resultaron altamente significativos ($p \leq 0.01$) de un total de 16 Tratamientos el más óptimo fue el T9 con una temperatura de 60 °C y con un tiempo de 10 minutos, para la mayor retención de capacidad antioxidante de 4.692 $\mu\text{mol trolox eq. /g}$. Evaluada por el método ABTS, y para el caso de compuestos fenólicos se utilizó el método espectrofotométrico y resulto el mejor T9 con valor óptimo de temperatura 60 °C y con un tiempo de 10 minutos siendo la máxima retención de componentes fenólicos de 50.032mg de ácido gálico/100g. Y también se Evaluó la estabilidad de los antioxidantes fenólicos del puré deshidratado de mashua (*tropaeolum tuberosum*) en el almacenamiento acelerado durante 15 días a una temperatura de 55°C para lo cual utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA) y su respectivo prueba de comparación de Duncan, la determinación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos se realizaron en 1, 5, 10 y 15 días, del puré deshidratado de mashua de los cuales el T9 al primer día se tenía 4.692 $\mu\text{mol trolox eq. /g}$. y a los 15 días se tiene 3.026 $\mu\text{mol trolox eq. /g}$ que hubo pérdida de capacidad antioxidante donde ocurrió reacción de oxidación del puré deshidratado influenciado por los factores luz, oxígeno y el aire. En el caso de compuestos fenólicos el tratamiento T9 tenía en el primer día de evaluación tuvo 50.032mg de ácido gálico/100g. de muestra dentro de los 15 días se evaluó la misma muestra y se tiene un valor de 43.769 965 mg de ácido gálico/100g. Hubo pérdida de compuestos fenólicos por la influencia de oxígeno y luz que causo la oxidación del puré deshidratado. En conclusión el parámetro maximizado es tratamiento nueve con una temperatura de 60°C y tiempo de 10 minutos y con un valor de 4.692 $\mu\text{mol trolox eq. /g}$ y la cantidad de compuestos fenólicos 50.032mg de ácido gálico/100g. Y no existe la estabilidad de antioxidantes fenólicos en almacenamiento acelerado.

Palabras claves: Antioxidante, ABTS, compuestos fenólicos, deshidratación y puré

I. INTRODUCCION

Durante los últimos años, existe un interés creciente, en el uso de los antioxidantes, para el tratamiento de enfermedades y la importancia del rol de los antioxidantes de la dieta en la prevención del desarrollo de algunas patologías.

Estudios recientes indican que la mashua es fuente importante de actividad antioxidante y es comparado con arándano, un cultivar premier y que es considerado una de las frutas con alto contenido de capacidad antioxidante y que en términos de nutrición es excelente.

La pérdida de capacidad antioxidante hidrofílica natural, durante el 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 tanto, se debe buscar parámetros óptimos de secado para minimizar la pérdida de estos compuestos bioactivos.

La ventaja de la tecnología de secado de alimentos, son ampliamente conocidas, ya que al reducir el contenido de humedad, previene el crecimiento de microorganismos y minimizan las demás reacciones que los deterioran. También el secado de los alimentos reduce el peso y en algunos casos el volumen; lo que incluye en una reducción importante de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos además permiten ser almacenados a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo.

La mashua, tubérculo andino cultivado por siglos en Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela y Colombia; y que además tiene diversos usos populares que mejoran la salud, que según (Campos *et al.*, 2006). Podrían estar relacionados con la presencia de compuestos fenólicos. Así también (Chirinos *et al.*, 2007). Han encontrado que la mashua morada presenta mayor capacidad antioxidante que la mashua amarilla. A pesar de esto, este tubérculo es poco consumido debido a su sabor amargo y astringente, y a limitadas formas que se emplean para su procesamiento y transformación.

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.

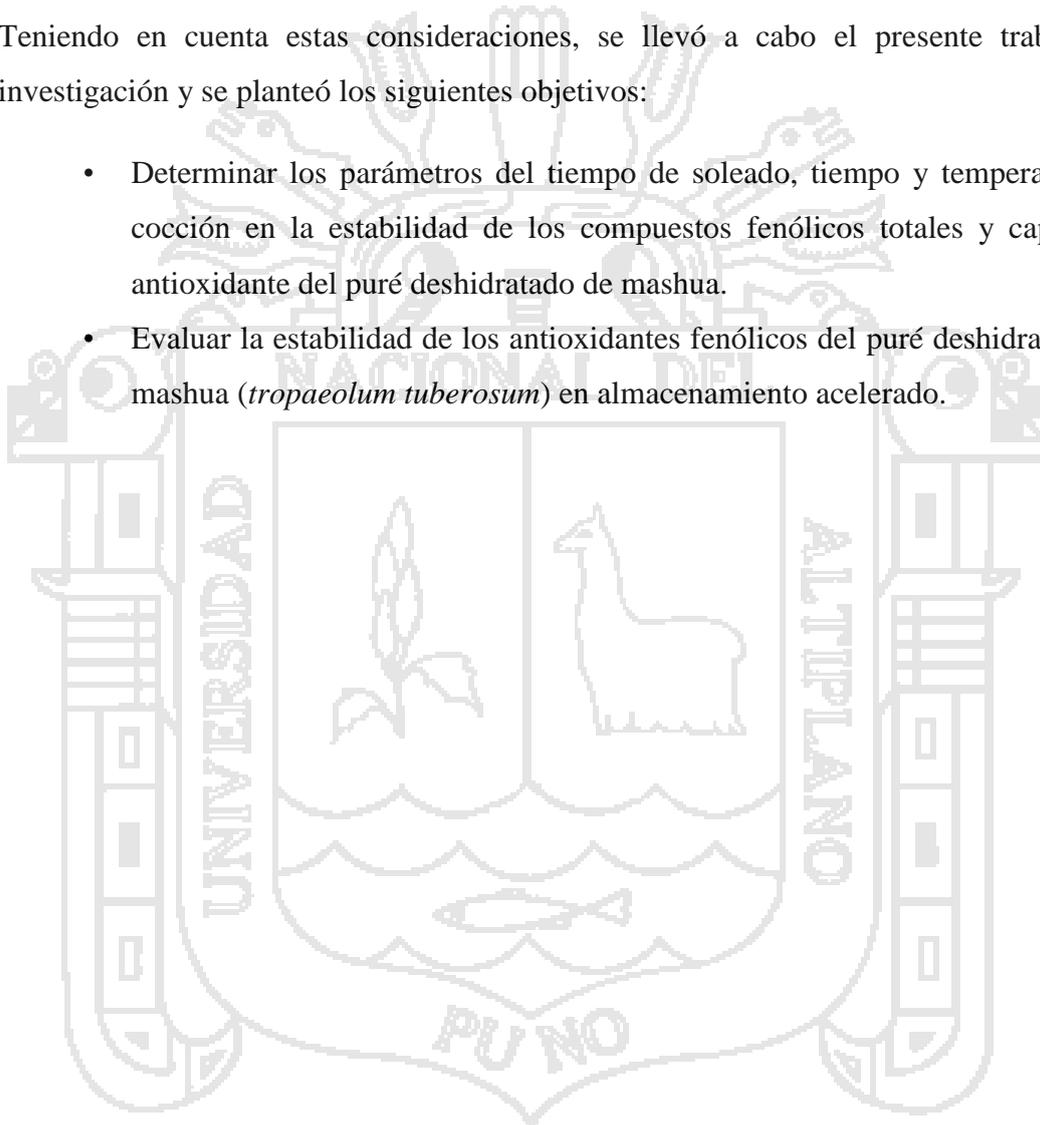
Por lo ya mencionado, se evaluó los parámetros de tiempo de cocción y temperatura, de cocción en la estabilidad de antioxidantes fenólicos de mashua y su posterior utilización

en otros procesos con la finalidad de analizar su efecto en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. La evaluación se realizó en la mashua soleada y coccionada siendo esta forma más consumida en la región andina.

La mashua puede desempeñar, un papel importante en el contexto de un desarrollo sustentable, implementándose procesos tecnológicos que permitan su mejor aprovechamiento en beneficio de nuestros pueblos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación y se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua.
- Evaluar la estabilidad de los antioxidantes fenólicos del puré deshidratado de mashua (*tropaeolum tuberosum*) en almacenamiento acelerado.



II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. LA MASHUA

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).

Según 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 TM/ha (Caicedo, 1999).

Crece en alturas de 3000 a 4000 msnm, pero la planta produce sus mejores cosechas y alto rendimiento entre 3500 y 3800 msnm. Según 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

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

Reino: *Vegetal*.

Clase: *Angiospermas*.

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*”, “*isañu*”.

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 y León, 1992).

Según Hernández y 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 de semillas viables. Según su coloración se puede clasificar en:

- Tubérculos de color uniforme generalmente blanco, amarillo o anaranjado
 - Tubérculos con pigmentos de antocianina ubicados solo en las yemas
 - Tubérculos muy coloreadas en las yemas con antocianinas
 - Tubérculos con yemas pigmentadas y con franjas longitudinales rojas o moradas
- Hernández y León, (1992), describe dos variaciones dentro de la misma especie.
- *T. tuberosum* var. *Pilifer*, de tubérculos blancos, delgados, de ápice violáceo y ojos o yemas provistos de pelos delgados, procedentes de Colombia,
 - *T. toteberosum* var. *lineomaculata*, de tubérculos profundamente manchados de líneas coloreadas, cultivados sobre todo en Perú y Bolivia.

Fig. 1: Diferentes accesiones del tubérculo mashua





FUENTE: Propia

2.1.4 Características Agronómicas

Mayor adaptación entre 3500-4100 m.s.n.m. Se cultiva en la actualidad desde Venezuela hasta Bolivia. La mayor concentración se encuentra en las zonas agroecológicas Suni y Puna baja, del Perú y Bolivia, donde generalmente se cultiva en mezcla con otros tubérculos. Es una especie de fotoperiodo de días cortos 10 a 12 horas de luz para tuberizar, el periodo vegetativo es de 175-245 días (6-8 meses). Es tolerante a bajas temperaturas y al ataque de insectos y plagas. La mashua es muy rustica por ello puede cultivarse en suelos pobres, sin uso de fertilizantes y pesticidas, aun en estas condiciones, su rendimiento se puede duplicar al de la papa. La asociación con olluco, oca y papas nativas se explicaría por los principios de control nematocida e insecticida que posee la planta. Requiere de suelos sueltos, de pH ligeramente ácido entre 5 -6, aunque también se desarrolla entre pH 5.3-7.5 (Tapia *et al.*, 2007).

2.1.5 Formas de utilización del tubérculo de mashua.

Hernández y León, (1992), describen algunos usos de 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.
- Antiafrotisiaco: 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 y León, 1992).

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

2.1.6 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 N° 01:

Tabla 1. Producción de la mashua en la región de Puno

AÑOS	PRODUCCION (TM)
2002/2003	4566
2003/2004	3636
2004/2005	4845
2005/2006	4899
2006/2007	5105
2007/2008	4322
2008/2009	4754
2009/2010	4932
2010/2011	4955
2011/2012	5012
2012/2013	5260

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

2.1.7 Valor Nutritivo de la mashua

La mashua es muy nutritiva que podría ser usada como alimento de cerdos y terneros, y que podría volverse un alimento valioso y barato debido a su alto rendimiento. Sin embargo la proteína es altamente variable, dependiendo mucho de la variedad (National Research Council, 1989).

La mashua contiene una cantidad elevada de aminoácidos esenciales como lisina, aminoácido limitante en muchos cereales y leguminosas (Espinoza *et al.*, 2002).

2.1.8 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 defirir notablemente en la composición química. Además, la composición se ve afectada por varios factores como: acesión, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madures 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 N° 2 se presenta la composición química de la mashua estudio realizado por los diferentes autores a continuación detallaremos por cada 100 gramos de mashua. Cuyo nombre botánico es *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon,

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

COMPOSICION	RANGO
Energia (kcal.)	35-52
Humedad (%)	79.2-93.8
Proteína (g.)	1.1-2.7
Carbohidratos (g.)	7.0-10.5
Fibra (g.)	0.5-1.5
cenizas (g)	0.6-1.1
grasa (g)	0.5-0.9
Azucares (g)	5.37-9.33
potasio (mg)	1.28-1.76
fosforo (mg)	0.61-0.83
calcio (mg)	10-13
Hierro (mg)	0.8-1.1
Vitamina A (mg)	09-12
Tiamina (mg)	0.1
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.67
Vitamina C (mg)	77.5
B-caroteno equivalente (µg.)	10

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 DESHIDRATADO

2.2.1 Aspectos generales sobre deshidratado

Se define como la operación por la cual se elimina, ya sea por evaporación o liofilización, casi todo el agua contenida en el tubérculo bajo determinadas condiciones de temperatura, humedad y progresión de secado debidamente controladas (Brennan *et al.*, 1980).

El secado es una de las técnicas ampliamente utilizada para la conservación de alimentos. El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados han sido ampliamente utilizado, desde los albores de la humanidad, proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en época de carencia de alimentos (Fito *et al.*, 2001 citado por Vega *et al.*, 2007).

Son ampliamente conocidas las ventajas de los alimentos deshidratados, ya que al reducir el contenido de humedad, se previene el crecimiento de microorganismos y se minimizan las demás reacciones que los deterioran (Doymaz & Pala, 2003). También el secado de los alimentos reduce su peso y en muchos casos el volumen, lo que incluye en una reducción importante, de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos además permiten ser almacenados a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo (Barbosa y Vega, 2000).

Actualmente el aire caliente, sigue siendo el método de deshidratación más usado en la industria alimentaria (Hatamipour & Mowla, 2002).

La estabilidad del producto, es fuertemente afectada por las condiciones de secado (Chou & Chua, 2001). El daño térmico incurrido en un producto durante el secado es directamente proporcional a la temperatura y tiempo (Lin *et al.*, 1998). La temperatura alta y secado por mucho tiempo está asociado a menudo con el daño que afecta adversamente la textura, color, sabor y valor nutritivo de los productos (Zanoni *et al.*, 1999).

El estudio de la cinética de secado es esencial para diseñar un correcto proceso de secado, que permita además obtener un producto de calidad. Por otro lado, un buen modelo matemático, que describa el proceso de secado puede considerarse como una herramienta muy eficiente para salvar obstáculos. Vega *et al.*, 2007).

2.2.2 Ventajas y desventajas de la deshidratación

Barbosa y Vega (2000), resume las ventajas principales de la deshidratación de la siguiente manera.

- Mediante ella se prolonga considerablemente la duración de las sustancias biológicas, por cuanto la actividad de agua se reduce a un nivel inferior al que los microorganismos son activos, no pudiendo tampoco actuar como portador móvil de los reaccionantes en los procesos químicos de la degradación
- Tanto el peso como el volumen se reducen en forma notable en relación al del producto final
- Mediante empaquetado y almacenaje adecuados se evita la absorción de humedad, por lo tanto, las materias deshidratadas podrán conservarse a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo.

A pesar que el valor nutritivo de los vegetales no resulta muy afectado por la deshidratación, una de las principales desventajas es que una vez rehidratados, la mayoría de ellos no presentan las mismas características del producto fresco, ni en sabor, ni en estructura, aparte de adquirir mayor tiempo de cocción (Rodas, 1992).

2.2.3 Cualidades que deben poseer los alimentos deshidratados

Según Valler (1974), citados por Rodas (1992), los alimentos deshidratados deben poseer las siguientes cualidades:

- Conservar un buen sabor después de su reconstitución
- Tener un alto valor nutritivo
- Mantener una apariencia atractiva
- Ser de fácil preparación
- Conservar sus propiedades durante periodos largos de almacenaje.
- Poder disponer de cantidades suficientes para satisfacer las demandas de los consumidores
- Tener un precio razonable.

2.2.4 Métodos de deshidratación

Los mecanismos de transferencia de agua en el producto que se está secando se puede resumir en: Movimiento de agua bajo fuerzas capilares, difusión de líquido por gradientes de concentración, difusión superficial, difusión del vapor de agua en los poros llenas de aire, flujos debido a gradientes de presión y flujo debido a la vaporización-condensación del vapor de agua. (Rodas, 1992).

Existen además diversas técnicas y tecnologías de deshidratación. Los métodos empleados en el secado de alimentos pueden clasificarse así:

- Secado por aire caliente
- Secado por contacto directo con una superficie caliente
- Secado por el aporte de energía por una fuente radiante de microondas dieléctricas
- Liofilización

En la deshidratación de vegetales se utilizan diferentes técnicas o sistemas basados principalmente en aire caliente, los cuales se diferencian solamente por la forma como se maneja el producto, la forma de exposición del producto al aire, la fuente de calor, la capacidad y el costo. Estos sistemas son: Atomización, lecho fluidizado, tambor rotatorio y transportador de banda para la obtención de deshidratado en polvo, y de túnel y de bandeja para la obtención de escamas, cubos o tajadas. (Rodas, 1992).

2.3 PURÉ

El puré es una técnica culinaria que consiste en machacar o triturar un alimento cocido, de tal forma que muestre una textura homogénea de pasta. Los alimentos elaborados en forma de puré suelen ser tubérculos, hortalizas o legumbres. Según su consistencia sea más o menos espesa, los purés se consumen en diferentes productos terminados como papillas infantiles, galletas, helados, entre otros (Guzman, 2014).

2.3.1 puré deshidratado

Para prolongar el tiempo de almacenamiento de la mashua se utiliza la tecnología de deshidratación. Este producto necesita un tratamiento térmico antes del secado. Este tratamiento permite fijar el color del producto inactivando las enzimas y evitando el oscurecimiento enzimático. Al destruir las enzimas que causan rancidez, mejora la

estabilidad del producto final almacenado. El calentamiento causa también la gelatinización del almidón y afecta la textura del producto final. También reduce la carga microbiana. Después de la cocción, hay que enfriar la mashua para evitar la sobre cocción de la parte central y prevenir la retrogradación del almidón (Guzman, 2014).



2.4 ANTIOXIDANTE

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 tuberculos, 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 peroxidasas. 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).

2.4.1 Clasificación de los antioxidantes

Según Valdebenito (2005), menciona que los antioxidantes se clasifican en dos amplios grupos, dependiendo de si son solubles en agua (hidrofílicos) 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.

A su vez 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 o desactivación del oxígeno singulete. Normalmente, 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.

Así también 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).

2.4.2 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 por que 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).

2.4.3 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 está limitado 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).

2.4.4 Usos de los antioxidantes en alimentos

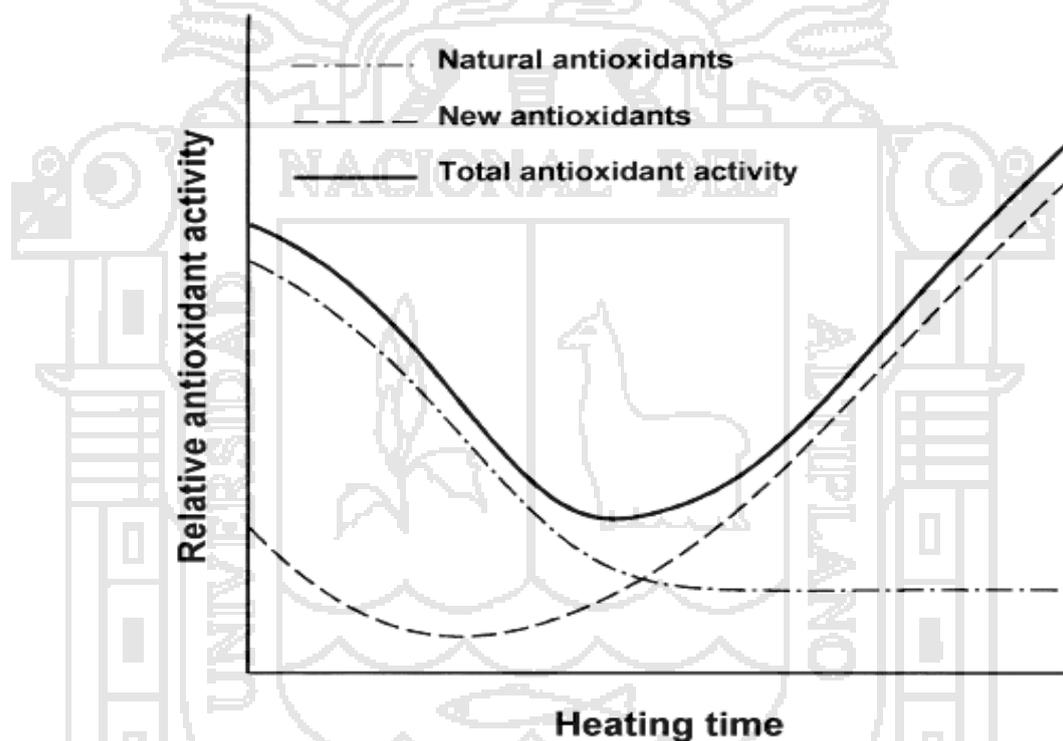
Los antioxidantes se utilizan como los aditivos alimenticios para ayudar a preservar los alimentos. La exposición al oxígeno y la luz del sol son los dos factores principales que causan la oxidación de alimentos, así que el alimento es preservado manteniéndolo en la oscuridad y sellándolo en envases o aún 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 y 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 y Lericci, 1995; citados por Nicoli *et al.*, 1999).

Fig. 2: Cambios en la actividad antioxidante debido a eventos diferentes y simultáneos en una matriz vegetal sometida a calentamiento.



FUENTE: Nicoli *et al.* (1999).

2.5 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 y Granado (2008) mencionan que la glicosilación con azúcares como glucosa, ramnosa, galactosa y arabinosa los hace solubles en agua. Nicolí *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)

La forma más frecuente de encontrar los compuestos fenólicos en los vegetales es en forma de monómeros, oligómeros y polímeros (Calsin, 2007). Las principales funciones de estos compuestos en las células vegetales es, por una parte, la de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas y, por otra, como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa (Calsin, 2007).

1.5.1. Clasificación de Compuestos Fenólicos

1.5.1.1.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 deben 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).

1.5.1.2. Flavonoides

Se han descrito más de 4000 flavonoides ($C_6-C_3-C_6$) 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, flavanonas, 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 C4. 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).

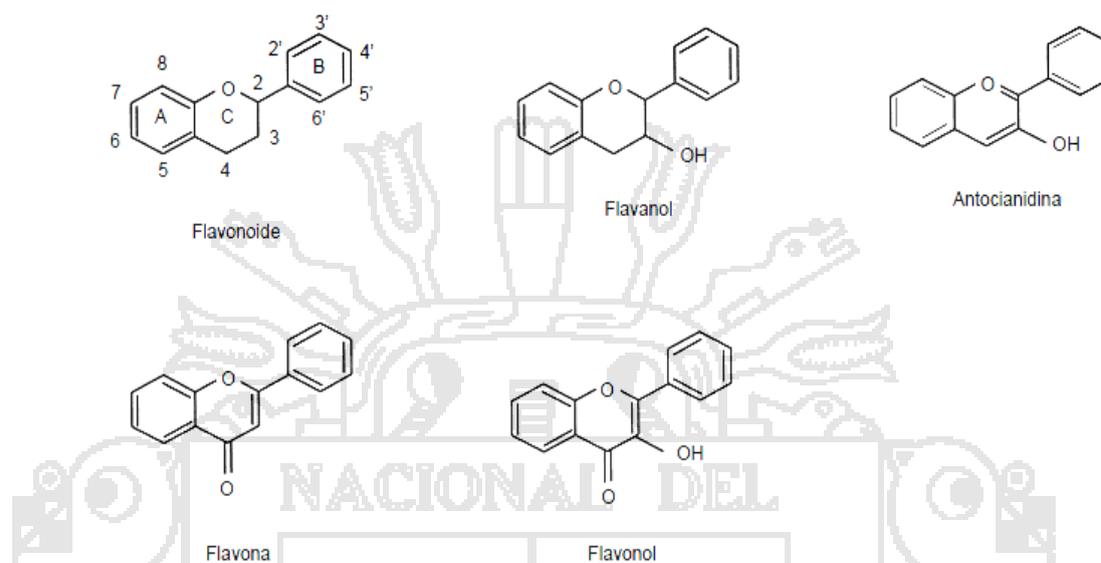
Estrella (2004), afirma que los compuestos fenólicos o polifenoles provienen del metabolismo secundario de las plantas. Existe una gran variedad de compuestos fenólicos, y se clasifican en flavonoides y no flavonoides.

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 y Tomás-Barberán, 2005).

En la Figura 4 se muestra la estructura básica de este compuesto y sus principales tipos. Estrella (2004), señala que los compuestos flavonoides están formados por dos anillos aromáticos unidos por un heterociclo oxigenado y que dependiendo del grado de hidrogenación y de la sustitución del heterociclo son, flavonoles, flavonas, isoflavonas,

antocianos, proantocianidinas, flavanonas, etc. y se encuentran generalmente en forma de glicósidos.

Fig. 3: Flavonoides. Estructura básica y tipos



FUENTE: Estrella (2004)

Fennema (2000), menciona que la mayoría de los flavonoides se caracterizan por ser hidrosolubles y estables al calor. Según Potter y Hotchkiss (1995), 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. Son sensibles al 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, y que según Santos y Soriano (2006), 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) citados 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 y Tomás-Barberán, 2005).

1.5.2. Componentes Biológicamente Activos en los Alimentos

Los componentes biológicamente activos se pueden definir como compuestos presentes en diferentes alimentos de origen vegetal y animal, con utilidad para promover la salud y prevenir algunas enfermedades crónicas y degenerativas (Santos y Soriano, 2006). En la fig. 4 muestra una clasificación de éstos compuestos según su origen.

Fig. 4: Clasificación de compuestos bioactivos de alimentos.

De origen vegetal	Compuestos Fenólicos	Flavonoides	Flavonoles	Quercetina Hesperidina Miricetina Limoneno Rutina
			Flavanoles	Catequina Epicatequina
			Flavanonas	Epigalocatequina Hesperidina Naringina
			Antocianinas totales	
			Isoflavonas o isoflavoniodes o flavonoides de sc	Genisteina Daidzeina Gliciteina
			No flavonoides o ácidos fenólicos	Lignanos Eslibenos
			Compuestos polifenolicos polimerizados	Taninos (hidrolizables) Ligninas
			Compuestos Azufrados	Glucosinolatos Indoles Isotiocianatos Compuestos organosulfurados
			Terpenoides	Esteroles Vegetales Licopeno
			De origen animal	Camitina

FUENTE: Santos y Soriano (2006).

1.5.3. Efecto de compuestos fenólicos y antioxidantes en el tratamiento térmico

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).

En términos generales, 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. Así también, 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 como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Correlación (r^2) entre los métodos de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos del tubérculo de mashua.

	Sin Solear	Soleadas
Fenólicos- DPPH	0.837	0.615
Fenólicos- ABTS	0.836	0.667
Fenólicos- FRAP	0.661	0.639
Fenólicos- ORAC	0.022	0.157
Fenólicos- Antocianinas	0.638	0.318
Antocianinas- DPPH	0.516	0.631
Antocianinas- ABTS	0.615	0.565
Antocianinas- FRAP	0.257	0.761
Antocianinas- ORAC	0.008	0.086
ABTS- DPPH	0.930	0.801
ABTS- FRAP	0.735	0.607
ABTS- ORAC	0.003	0.088
DPPH- FRAP	0.848	0.780
DPPH- ORAC	0.013	0.027
FRAP- ORAC	0.052	0.204

FUENTE Cordova, (2012)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Evaluación Nutricional y en Laboratorio Microbiología Agroindustrial, instalaciones pertenecientes a la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMO.

3.2.1 Materia Prima

La materia prima utilizada para esta investigación, es la mashua (*Tropaeolum tuberosum R & P*) cultivar “amarillo”, proveniente del distrito de Coasa, Provincia de Carabaya, Departamento de Puno, cosechados en el mes de mayo. El reconocimiento de este cultivar se realizó, con el apoyo del Instituto Nacional de Innovación Agraria Illpa Puno.

3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.3.1 Materiales

- Micropipetas de 5-50 μ L, 100-1000 μ L.
- Erlenmeyer de 50, 100 y 250 ml.
- Fiolas de 50 y 100 ml.
- Pipetas de 1, 2, 5,10 y 20 ml.
- tubos de ensayo
- Baguetas
- Probetas de 10, 20, 50,100 y 250 ml.
- Mallas n° 70 (250 μ m)
- Papel de aluminio
- Mortero y pilón de porcelana
- Lunas de reloj

3.3.2 Equipos

- Agitador eléctrico OVAN.
- Balanza analítica KERN. Capacidad 0 – 220g sensibilidad +/- 0.0001g.
- Baño Maria (MEMMERT).
- Autoclave LS-356 VERTICAL PRESSURE STEAM.

- Centrífuga (CENTRIFUGE MODEL CH90 – 2 KERT LAB)
- Espectrofotómetro (UNICO SQ2600 UV)
- Estufa
- Licuadora (INTERNATIONAL).

3.3.3 Reactivos

- Agua destilada
- 2,2' azino bis (3-ethylbenzothiazoline 6- sulfonate) (ABTS) (Sigma Aldrich)
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3) (J.T. Baker)
- Etanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (Sigma Aldrich)
- Metanol CH_4O (Sigma Aldrich)
- Folin- Ciocalteau 2N (Merck)
- Persulfato de potasio (Sigma Aldrich)

3.3.4 Software

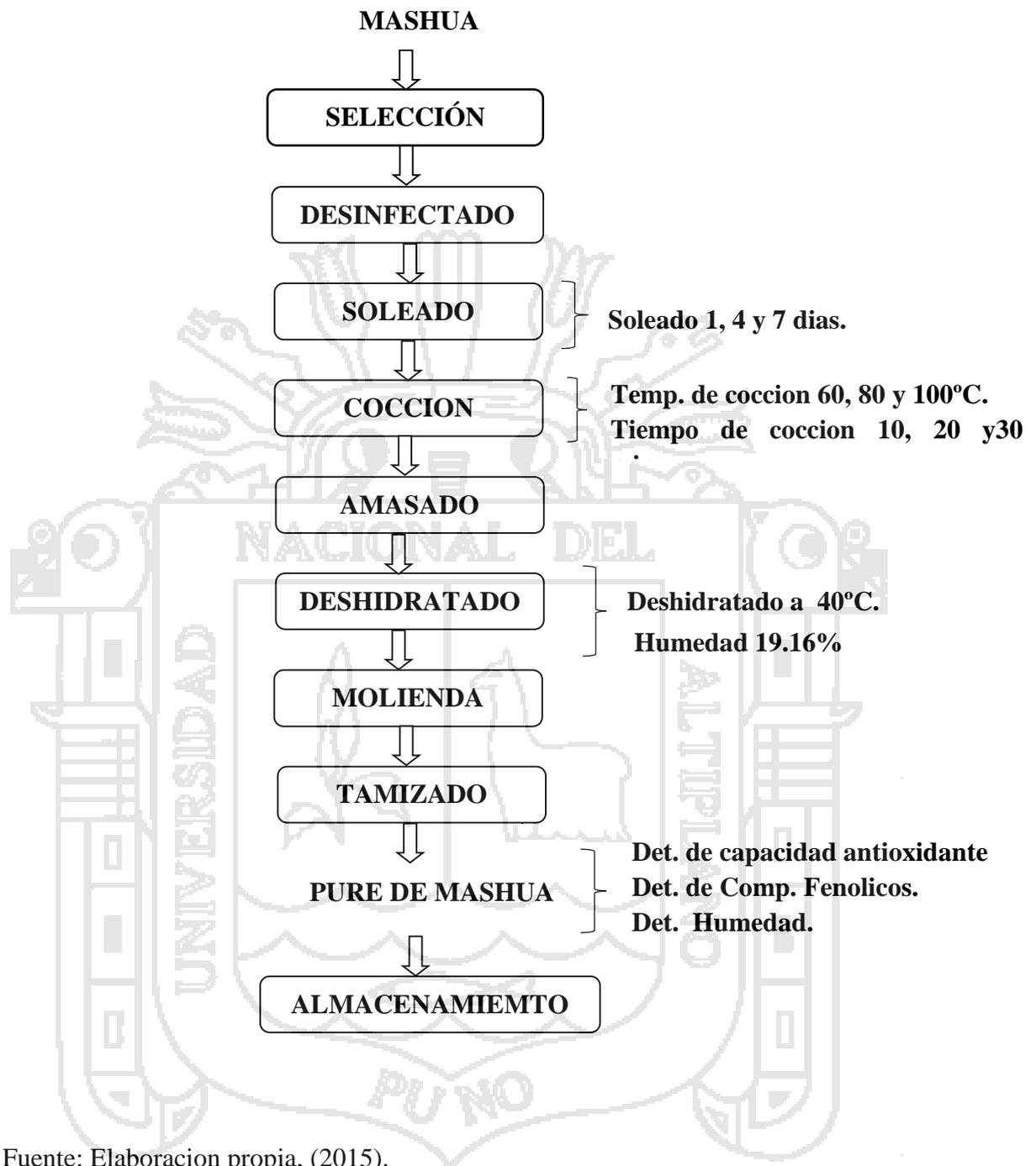
- Statgraphics Centurión XVI.
- Sigma Plot 12.0

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1 Determinación del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua

En esta etapa del trabajo de investigación se determinó el soleado del tubérculo de mashua, temperaturas y tiempos de cocción en la elaboración del puré de mashua deshidratada, y evaluando la capacidad antioxidante y compuestos fenolicos, como se muestra en la figura 5

Fig. 5: Diagrama de flujo para la obtención del puré deshidratado de mashua.



Fuente: Elaboracion propia, (2015).

Descripción General del Proceso de Elaboración de Puré Deshidratado de Mashua

a) Materia Prima.

La materia prima utilizada para esta investigación, fue la mashua accesión (B002) proveniente del Distrito de Coasa, Provincia de Carabaya, Departamento de Puno, cosechados en el mes de mayo. El reconocimiento de este genotipo se realizó, con el apoyo del Instituto Nacional de Innovación Agraria Illpa Puno.

b) Selección y clasificación.

La selección se realizó con el objetivo de separar, todas las mashuas que presentan, signos de deterioro. La mashua seleccionada estuvo libre de golpes y magulladuras, arrugas, cicatrices, rajaduras y manchas verdes. La clasificación se realizara de acuerdo al tamaño con el fin de darles condiciones adecuadas al proceso.

d). Desinfectado.

El desinfectado se realizó con la finalidad de retirar cualquier tipo de materia extraña adheridas a la superficie del tubérculo. Para tal efecto, se empleó agua potable fría en aspersion, acompañado de una ligera escobillada que se realizó manualmente y luego se le sumergió en una solución de hipoclorito de sodio de 50 ppm por 10 minutos a fin de reducir la posible carga microbiana.

c). Soleado.

El soleado del tubérculo de mashua se realizó 8 horas diarias siendo mínimo, 1 día, y máximo 7 días, con la finalidad de evaluar la cuantificación de compuestos fenólicos y antioxidantes.

e). Cocción.

La cocción se realizó en una autoclave, en donde se controló los tiempos de cocción en 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos y las temperaturas de cocción en 60, 80 y 100°C

Esta operación se realizó con el propósito de otorgar al producto mejores características físicas y organolépticas, y evaluar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del tubérculo de mashua.

f). Amasado.

Esta operación se efectuó en una amasadora espiral hasta obtener una pasta homogénea.

g). Deshidratado.

El deshidratado del puré de mashua se realizó en una estufa a una temperatura constante de 40 °C durante 24 horas.

h).Molienda.

Esta operación se realizó para obtener harina de mashua

i). Tamizado.

Esta operación permitió separar partículas gruesas. Se utilizó una malla N° 70 con ello se obtuvo partículas homogéneas de tamaño promedio de 250 μ m de diámetro

j). Almacenamiento.

Se realizó un almacenamiento acelerado a una temperatura de 55°C durante 15 días y se evaluó a los 0, 5, 10 y 15 días la estabilidad de los antioxidantes y compuestos fenólicos.

3.4.2 Evaluación de la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua

En esta etapa de la investigación se evaluó la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos durante pruebas de almacenamiento acelerado, evaluando a los 0, 5, 10, 15 días, la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos como se muestra en la figura 6.

Fig. 6: Diagrama de flujo para el almacenamiento acelerado



Elaboración Propia.

3.5 METODOS DE ANALISIS.

3.5.1 Preparacion de la muestra del tubérculo de mashua

Se realizó la extracción del tubérculo de mashua (B002). Para ello se procedió a utilizar 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 5000 ml de capacidad, luego se añadió 3000ml 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 4000rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante (S1) de la torta.

Se realizó una segunda extracción, la torta se colocó en el matraz de 5000ml de capacidad, donde se añadió 1500ml de la mezcla de solventes, la solución se dejó agitando constantemente durante 15 minutos a temperatura ambiente, se centrifugo las muestras a 4000rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante (S2) de la torta.

3.5.2 Preparacion de la muestra para el puré deshidratado de mashua

Se procedió a pesar 5 gramos de puré deshidratado 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 4000rpm x 10 minutos, separando el sobrenadante de la torta.

3.5.3 Determinacion 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 78.4mg y se enrasara a 10mL 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 26.4mg y se enraso a 20mL 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 preparó una solución diluida de ABTS⁺² y se adiciono 60 ml de etanol al 96%. Esta solución debe de dar una lectura de absorbancia a 734nm de 1.1 ± 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 150µL de los extractos obtenidos, se adiciono 2850 µL 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 734nm. 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 µmol Trolox equivalente/g de mashua en base seca (b.s.) y base húmeda (b.h.).

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

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

Ecuación de la capacidad de antioxidantes es:

$$y = ((0.7836 \times \Delta\text{Abs}) - 0.001) \times Fd \times A$$

Donde:

Y : µmol trolox equivalente/g de muestra fresca.

ΔAbs : Absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra (734 nm).

Fd : Factor de dilución.

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

3.5.4 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-Ciocalteau. El procedimiento fue el siguiente: Se prepararon soluciones de carbonato de sodio y de folin- Ciocalteau 1N.

Para cuantificar los compuestos fenólicos totales se depositó en tubos de prueba de 500 µL de los extractos obtenidos, a ello se le añadió 250 µL del reactivo Folin – Ciocalteau 1N y se adiciono 1250 µL 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 725nm usando una curva estándar. Los resultados se expresaron como mg. Ácido gálico/100g. de mashua, en base seca (b.s.)

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:

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

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).

3.6 FACTORES DE ESTUDIO

3.6.1 Determinación del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua

3.6.1.1 Variables independientes.

- Días de soleado de mashua fresca 1,4 y 7 Días
- Temperatura de cocción 60, 80 y 100 °C
- Tiempos de cocción 10, 20 y 30 Minutos

3.6.1.2 Variables dependientes

- Capacidad antioxidante
- Compuestos fenólicos

3.6.1.3 Indicadores

- a) Capacidad antioxidante
 - μmol Trolox equivalente/g de muestra
- b) Compuestos fenólicos
 - mg. de ácido gálico/100g

3.6.2 Evaluación de la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua

3.6.2.1 Variables independientes.

- Tiempo de Almacenamiento (0, 5, 10 y 15) días.

3.6.2.2 Variables dependientes

- Capacidad antioxidante
- Compuestos fenólicos

3.6.2.3 Indicadores

- c) Capacidad antioxidante
 - $\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$ de muestra
- d) Compuestos fenólicos
 - $\text{mg. de ácido gálico/100g}$

3.7 EVALUACION ESTADISTICA

Para procesar los datos obtenidos en la primera parte de la investigación se aplicó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI, y se utilizó un diseño de superficie de respuesta de segundo orden, el diseño Box y Behnken donde los factores de estudio fueron el tiempo de soleado del tubérculo de mashua (días), temperatura de cocción ($^{\circ}\text{C}$) y tiempo de cocción en (minutos).

3.8 MATRIZ DE DISEÑO

3.8.1 Diseño Box Behnken

En la tabla N° 4 se muestra el número de tratamientos que se va evaluar para determinar la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos. Según el modelo superficie de respuesta del diseño Box y Behnken a continuación se muestra y su modelo matemático.

Tabla 4. Diseño Box y Behnken para tres factores, donde se presentan las coordenadas que se deben modelar.

FACTOR	A	B	C
NIVEL CODIFICADO	X ₁	X ₂	X ₃
Factorial 2 ² para A y B	-1	-1	0
	+1	-1	0
	-1	+1	0
	+1	+1	0
Factorial 2 ² para A y C	-1	0	-1
	+1	0	-1
	-1	0	+1
	+1	0	+1
Factorial 2 ² para B y C	0	-1	-1
	0	+1	-1
	0	-1	+1
	0	+1	+1
Diseño del punto central	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

MODELO MATEMATICO

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

Dónde:

Y= Variable de respuesta (Capacidad Antioxidante)

b = Coeficiente de regresión lineal

X₁ = Variable de estudio (Soleado)

X₂ = Variable de estudio (Temperatura)

X₃ = Variable de estudio (Tiempo)

3.8.2 Evaluación estadística para el segundo objetivo en la estabilidad de los antioxidantes fenólicos en el almacenamiento del puré deshidratado de mashua

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), con un 95.0% de nivel de confianza y el test de Duncan para determinar los posibles diferencias entre los tratamientos de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos. Se trabajó con el programa STATGRAPHICS Centurión XVI.

Los factores de estudio fueron el tiempo de almacenamiento y los tratamientos de la interacción del diseño del primer objetivo, se utilizó un experimento bajo el diseño completo al zar (DCA) con 3 repeticiones, ajustado al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

i = niveles de factor A

j = niveles de factor B

k = número de repeticiones

Y_{ijk} = variable de respuesta de la k -ésima observación

μ = media de la población a la cual pertenecen las observaciones

α_i = efecto de i -ésimo nivel de factor A

β_j = efecto del j -ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = efecto del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Características de la materia prima

Para el presente trabajo de investigación se empleó mashua de pulpa amarilla de código (B002) cultivada en la provincia de Carabaya distrito de Coasa. Se usó mashua fresca (15 Kg) soleados durante uno, cuatro y siete días. El análisis de humedad se realizó del tubérculo la mashua, donde nos indica en la tabla 6.

Tabla 6 contenido de humedad

pruebas	Humedad (%)
Tubérculo (B002)	65.23±1.0369
Puré deshidratado	19.16±0.4407

4.2 Determinación de los parámetros de tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de la capacidad antioxidante

4.2.1 Evaluación de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de la mashua en materia prima se obtuvo 21.405 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$ en base fresca de mashua. Estos resultados son inferiores a los valores reportados por Bustincio, (2014), afirma que la capacidad antioxidante de las 10 accesiones de isaño teniendo como resultado entre los rangos 34.73 a 948 $\mu\text{mol Trolox equivalente gramo de muestra de isaño.}$ Y también son menores a los valores reportados por Calsin, (2007) presenta los valores promedios de la capacidad antioxidante de 30 a 75 $\mu\text{mol Trolox equivalente/g. de materia fresca}$ quien trabajo con genotipos de piel morada y pulpa amarilla de mashua y encontrándose en el rango de los reportados de Chirinos *et al.*, (2006), que reportaron valores en un rango de 16.8 a 45.7 $\mu\text{mol Trolox equivalente/g. de mashua fresca.}$ Esto implica según Bustincio, (2014), que el efecto es dependiente con respecto al tiempo de tuberización y accesión. Esto es debido a los niveles de compuestos que pueden variar considerablemente dentro de la misma accesión, factores genéticos condiciones climatológicas, tipo de suelo, disponibilidad de agua, nutrientes, radiación del lugar del cultivo. Asi también afirma Scalbert y Williamson (2000), 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.

Se ha soleado el tubérculo a 1, 4 y 7 días, la cantidad de 15 Kg durante 8 horas por día en la ciudad de Juliaca. Y posteriormente se sancochó a una temperatura de 60, 80 y 100 °C. ha un tiempo de 10, 20 y 30 minutos según el diseño de interacción de Box y Behnken

Se ha evaluado los compuestos fenólicos de la materia prima de la mashua y se ha obtenido un valor 184.12 mg. de ácido gálico/100g. de muestra estos resultados son menores a los reportados por Calsin (2007), que reportaron valores entre un rango de 311-343 mg. de ácido gálico/100g. y encontrándose en el rango reportado por Chirinos *et al.*, (2006), con valores entre 174.9 – 374 mg. de ácido gálico/100g. de mashua fresca

Tabla 7. Evaluación de la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua según el modelo Box y Behnken de superficie de respuesta

N° Ts	Variables independientes			Variables Dependientes
	Soleado (Días)	Temperatura (°C)	Tiempo (min.)	µmol Trolox Eq. /g
1	1	60	20	4.492
2	7	60	20	4.558
3	1	100	20	3.525
4	7	100	20	3.577
5	1	80	10	4.153
6	7	80	10	3.982
7	1	80	30	3.729
8	7	80	30	3.719
9	4	60	10	4.618
10	4	100	10	3.453
11	4	60	30	4.261
12	4	100	30	3.56
13	4	80	20	4.061
14	4	80	20	4.149
15	4	80	20	4.003
16	4	80	20	4.026

Tabla 8. Análisis de Varianza para la capacidad antioxidante.

F de V	GL	SC	CM	Fc	ρ	Sig.
A: Soleado	1	0.000496125	0.000496125	0.12	0.7512	ns
B: Temperatura	1	1.81832	1.81832	442.53	0.0002	**
C: Tiempo	1	0.109746	0.109746	26.71	0.0141	*
AA	1	0.009801	0.009801	2.39	0.2202	ns
AB	1	0.000049	0.000049	0.01	0.9199	ns
AC	1	0.00648025	0.00648025	1.58	0.2981	ns
BB	1	0.00308025	0.00308025	0.75	0.4503	ns
BC	1	0.053824	0.053824	13.10	0.0363	*
CC	1	0.052441	0.052441	12.76	0.0375	*
F.a.	3	0.0358867	0.0119622	2.91	0.2018	ns
Error	3	0.0123267	0.00410892			
Total	15	2.10246				

$$R^2 = 97.70\%$$

$$R^2 \text{ (ajustada)} = 94.26\%$$

$$C.V. = 1.605\%$$

En la tabla de ANOVA, podemos apreciar para la fuente de variación de falta de ajuste en el contraste de "F", se observa que no es significativo, es decir 0.2018 es mayor a 0.05, por consiguiente es buen modelo estadístico.

El análisis de varianza muestra que en efectos simples existen diferencias estadísticas significativas al 95 % de probabilidades indicándonos que tanto el soleado, temperatura de cocción y tiempo de cocción empleado en la elaboración de puré deshidratado de mashua influyen en la capacidad antioxidante del producto.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$CA = 7.12617 + 0.0192083*A - 0.0463042*B - 0.0176792*C - 0.0055*A^2 - 0.0000583333*A*B + 0.00134167*A*C + 0.000069375*B^2 + 0.00058*B*C - 0.001145$$

Dónde:

CA = capacidad antioxidante

A = Soleado.

B = Temperatura.

C = Tiempo.

La ecuación determinada nos ha permitido determinar los valores máximos de capacidad antioxidante, determinándose un valor de 4.618 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g}$ bajo las siguientes condiciones, soleado (2.7 días), temperatura (60.0°C) y tiempo de (10.0 min) respectivamente,

observándose dicho comportamiento en la Figura 7. Los valores óptimos obtenidos por el método analítico del programa statgraphics V16 para la obtención del puré deshidratado de mashua se encuentra en la tabla 9

Tabla 9. Valores óptimos por el método analítico

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Soleado (días)	1	7	2.7
Temperatura (°C)	60	100	60
Tiempo (min.)	10	30	10

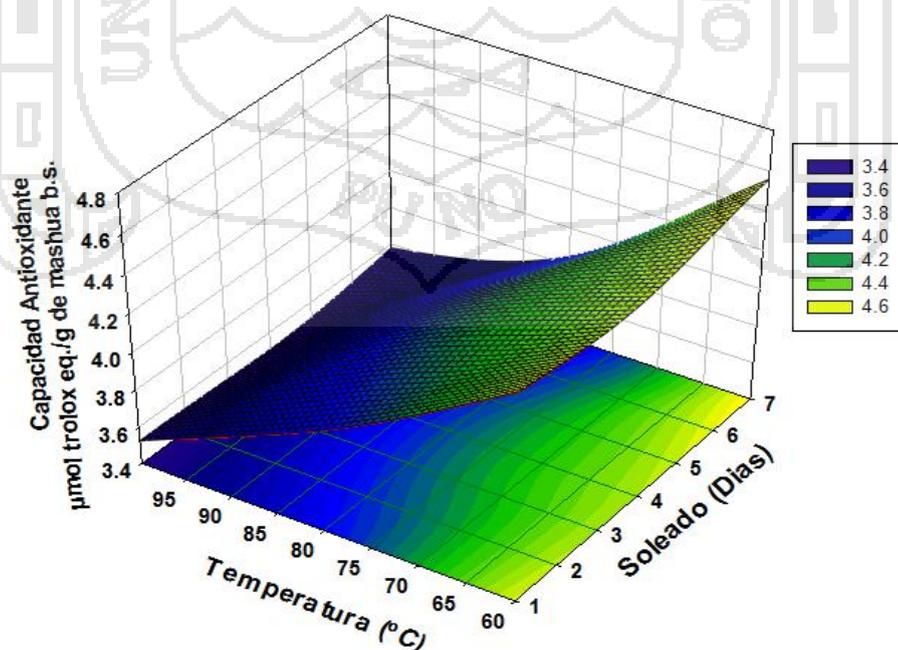
Valor óptimo = 4.618 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$

4.3 Efecto de la temperatura en la Capacidad Antioxidante

De acuerdo a los métodos estadísticos aplicados, a los resultados obtenidos en esta investigación. El ANOVA, con un nivel de significación $p < 0.05$, indica que existe diferencia altamente significativo entre los niveles de temperatura sobre la pérdida de capacidad antioxidante.

En la figura 7 se presenta los resultados de capacidad antioxidante en $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$ de mashua en base seca sometido a diferentes tratamientos, en donde se observa que a medida que sube la temperatura disminuye la capacidad antioxidante teniendo un valor de 3.453 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$ y el tiempo de soleado no es significativo según estadística en la capacidad antioxidante. Y se observa que la máxima capacidad antioxidante es 4.69289 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$

Fig. 7: Comportamiento de capacidad antioxidante en función a temperatura



Estos resultados fueron debido o probablemente porque al tubérculo de mashua se ha sometido a cocción de 60, 80, 100°C y posteriormente se realizó el secado a una temperatura constante de 40°C. optimizado por Cuya (2009), estudio tres tiempos de secado y donde resulto optimo 40°C la mayor retención de capacidad antioxidante de la mashua.

Lin *et al.* (1998) indican que el proceso de secado frecuentemente afecta los compuestos fenólicos, ácido ascórbico y otros fitoquímicos específicos en las frutas y verduras.

Al respecto Zanoni *et al.* (1999) mencionan que la temperatura alta y secada por mucho tiempo está asociado a menudo con el daño que afecta adversamente la textura, color, sabor y valor nutritivo de los productos. Los investigadores Rojas y Gerschenson (2001), mencionan que la degradación de ácido ascórbico, depende de varios factores que incluyen al oxígeno, catálisis de ion de metal, luz, temperatura y grado higrométrico.

Nindo *et al.* (2003), sometieron espárragos de rodajas de 2-4mm de espesor previo escaldado a secado en bandeja a temperaturas de 50°C, 60°C y 75°C, y observaron que la actividad antioxidante fue reducida en 26,9%, 27,6% y 28,6% respectivamente. La reducción del contenido de ácido ascórbico fue variable en diferentes partes del espárrago como: la porción de la punta (76,2%), medio (60,87%) y base (50%), secado a 60°C.

En la fig 7. Superficie de respuesta estimada donde a medida que la temperatura sube a 100° C. la capacidad antioxidante es 3.453 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g.}$ y según Garau *et al.* (2007) encontraron que la capacidad antioxidante ya sea para la cascara o pulpa de naranja el secado a altas temperaturas es decir 80°C y 90 °C promovió una disminución de la capacidad antioxidante.

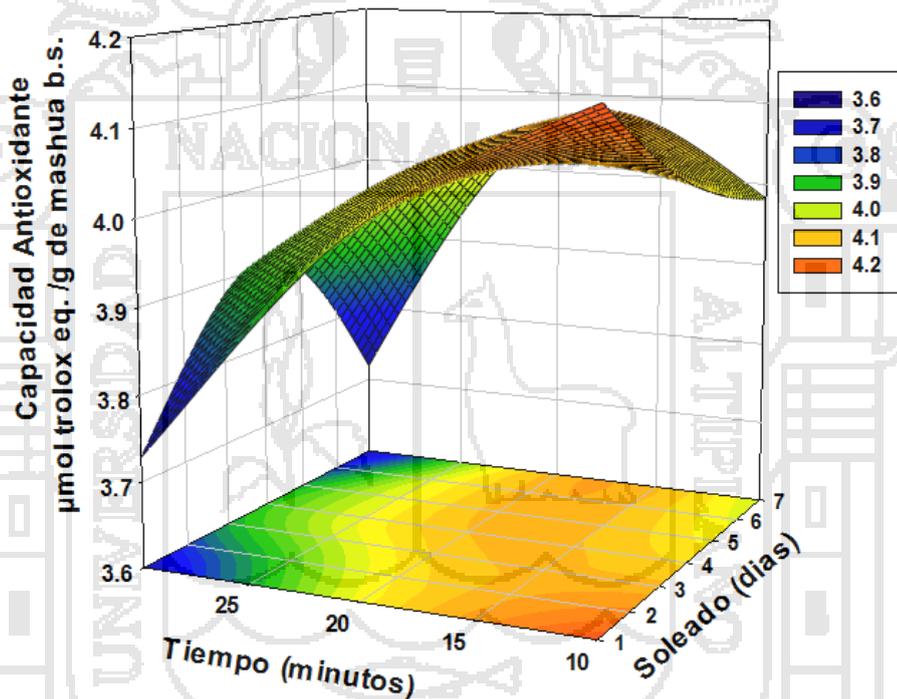
Y probablemente lo tejidos dañados sufren un estrés oxidativo, ocasionando daños en la membrana, la modificación de la composición lo que resulta cambios en la actividad antioxidante.

Los resultados obtenidos fueron debido a que la temperatura de cocción a 100°C hay mayor perdida en la capacidad antioxidante del tubérculo de mashua. Y ha una temperatura 60°C lo que conserva mayor capacidad antioxidante estos resultados son similares a Cordova, (2012) menciona que para la mejor conservación de capacidad antioxidante evaluada por los métodos ABTS y DPPH es 60°C la que conserva mayor contenido de antocianinas.

4.4 Efecto del soleado en la Capacidad Antioxidante.

El análisis de varianza en la tabla 8 indica que no existe un efecto significativo ($p > 0.05$) de los tratamientos en el soleado establecidos respecto a la capacidad antioxidante evaluada por el método ABTS. Cordova (2012), también observo que no existe diferencia significativa en la capacidad antioxidante ($p > 0.05$) entre las muestras de mashua morada soleadas y sin solear por el método ORAC, Perez (2005), observo un aumento significativo de la capacidad antioxidante en la mashua soleada respecto a la mashua sin solear, empleando el método ABTS. En la figura 8. Se observa el soleado no es tan influyente en la capacidad antioxidante.

Fig. 8: Comportamiento de la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua.



4.5 Efecto del tiempo en la Capacidad Antioxidante

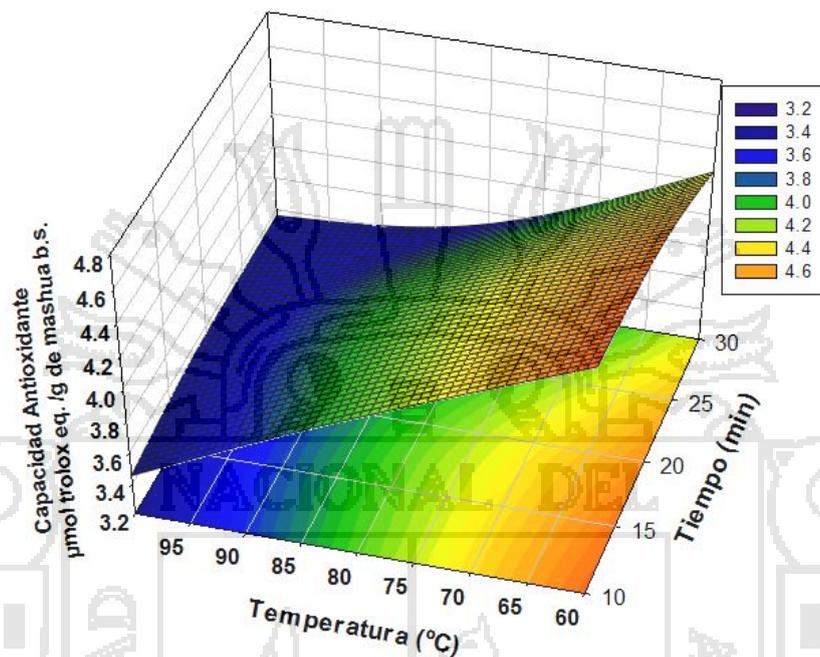
En la figura 9 se observa que a medida aumenta la temperatura la capacidad antioxidante es baja llegando a un valor de 3.453 µmol Trolox Equivalente/g. y el tiempo de cocción es 10 minutos es significativo según estadística.

Al respecto, Li *et al.*, (2006) citados por Garau *et al.* (2007) mencionan que en particular las altas temperaturas y los tiempos prologados de secado, pueden destruir algunos de los compuestos fenólicos.

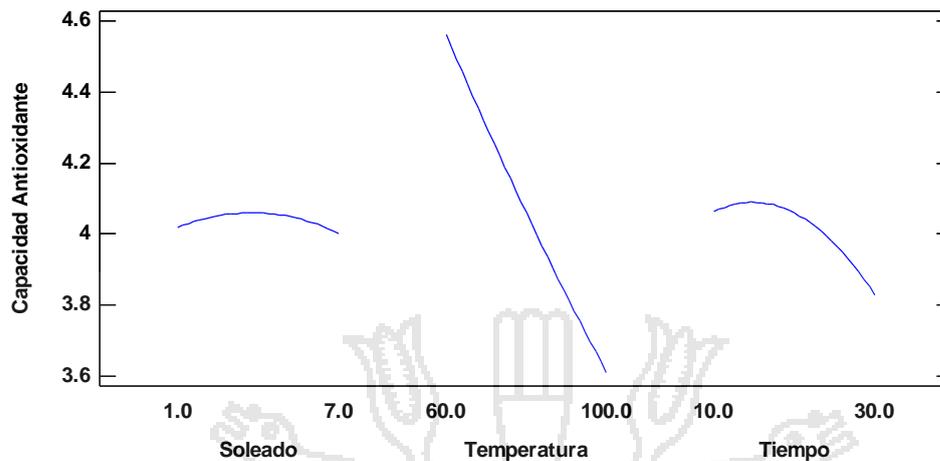
En la figura 9 se observa cuando la temperatura es 60°C y a un tiempo de 10 minutos la capacidad antioxidante es alta llegando a un valor de 4.6 µmol Trolox Eq. /g es altamente

significativo según estadística. Mientras la temperatura llega a 100 ° C hay una reducción de capacidad antioxidante en un valor de 3.55 $\mu\text{mol Trolox Eq./g}$.

Fig. 9: Comportamientos de capacidad antioxidante en función a tiempo y temperatura de cocción.



En la figura 10 presenta efectos principales de capacidad antioxidante de acuerdo a la tabla ANOVA en la tabla 8 se obtuvo una diferencia altamente significativa ($\alpha=0.05$) para la temperatura y significativa para tiempo de cocción y resultado no significativo el tiempo de soleado. La temperatura de cocción afecta en la medida que mientras mayor sea la temperatura es menor la capacidad antioxidante esto debido a que el ácido ascórbico y otros fotoquímicos son sensibles al calor y según Nicoli *et al* (1997), menciona que la pérdida de antioxidantes naturales puede ser minimizada compensada por la formación pigmentos melanoidinos.

Fig. 10: efectos principales para capacidad antioxidante

De acuerdo a la tabla de ANOVA N° 8 se obtuvo una diferencia altamente significativa para la temperatura y tiempo de cocción ($p < 0.05$) y resultado no ser significativo el tiempo de soleado ($p > 0.05$), la temperatura es un factor influyente en la degradación de algunos componentes funcionales que tiene la mashua. Estos resultados obtenidos son similares por Nicoli *et al* (1997), señalan que la pérdida de capacidad antioxidante en los alimentos es debido a la oxidación química es el ácido ascórbico y/o a la degradación térmica durante el blanqueado, cocción, pasteurización, esterilización, y congelación.

4.6 Evaluación de Compuestos Fenólicos

Tabla 10. Valores de los Compuestos fenólicos del puré deshidratado de mashua Según el modelo Box y Behnken de los 16 tratamientos.

N° Ts	Variables independientes			Variables Dependientes
	Soleado (Dias)	Temperatura (°C)	Tiempo (min.)	mg. de ácido gálico/100g
1	1	60	20	45.506
2	7	60	20	43.948
3	1	100	20	34.116
4	7	100	20	33.346
5	1	80	10	46.838
6	7	80	10	43.589
7	1	80	30	42.921
8	7	80	30	45.460
9	4	60	10	50.032
10	4	100	10	37.611
11	4	60	30	46.791
12	4	100	30	35.379
13	4	80	20	36.276
14	4	80	20	36.219
15	4	80	20	36.936
16	4	80	20	37.644

Tabla 11. Análisis de varianza del tiempo de soleado, tiempo de cocción y Temperatura sobre Los compuestos fenólicos de puré deshidratado de mashua.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	p	Sig.
A: Soleado	1	1.15368	1.15368	2.58	0.2063	ns
B: Temperatura	1	262.491	262.491	588.08	0.0002	**
C: Tiempo	1	7.06692	7.06692	15.83	0.0284	*
AA	1	22.1747	22.1747	49.68	0.0059	**
AB	1	0.155236	0.155236	0.35	0.5968	ns
AC	1	8.37524	8.37524	18.76	0.0227	*
BB	1	0.0447322	0.0447322	0.10	0.7723	ns
BC	1	0.25452	0.25452	0.57	0.5050	ns
CC	1	124.49	124.49	278.90	0.0005	**
F.a.	3	2.21894	0.739647	1.66	0.3442	ns
Error	3	1.33906	0.446354			
Total	15	429.764				

$$R^2 = 99.1721\%$$

$$R^2 \text{ (ajustada)} = 97.9303\%$$

$$C.V. = 1.637\%$$

La ecuación del modelo ajustado es.

$$\begin{aligned} \text{Compuestos Fenólicos} = & 97.1874 - 3.44681*A - 0.367065*B - 2.61932*C + 0.261611*A^2 \\ & + 0.00328333*A*B + 0.0482333*A*C + 0.0002643375*B^2 - 0.00126125*B*C + \\ & 0.0557875*C^2 \end{aligned}$$

Dónde:

CF = Compuestos Fenólicos

A = Soleado.

B = Temperatura.

C = Tiempo.

La ecuación determinada nos ha permitido calcular los valores optimizados de compuestos fenólicos, con un valor máximo de 50.032mg de ácido gálico/100g bajo las siguientes condiciones, soleado (1 día), temperatura (60.31°C) y tiempo de (10.03 min) respectivamente, observándose dicho comportamiento en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores optimizados para compuestos fenólicos

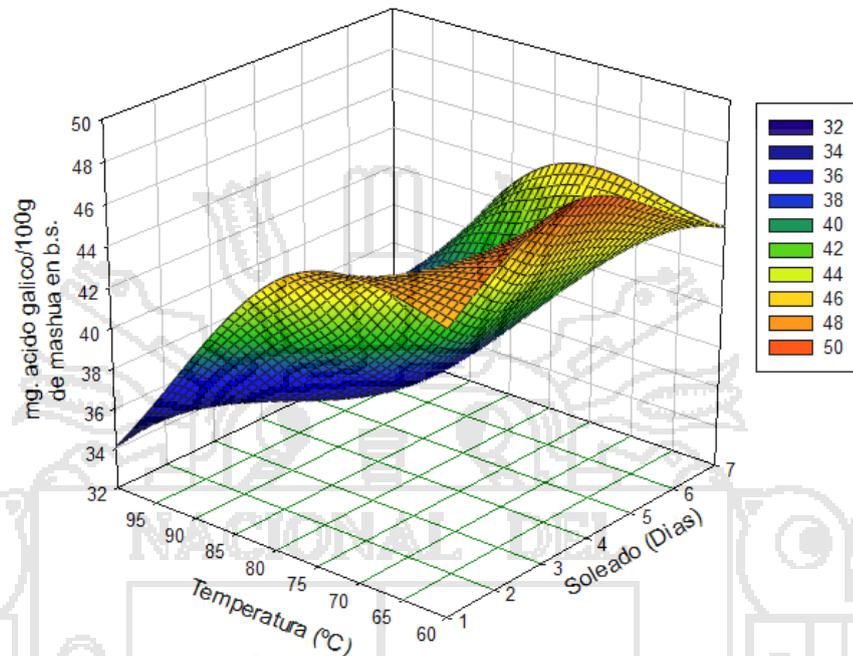
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Soleado (días)	1.0	7.0	1.0
Temperatura (°C)	60.0	100.0	60.31
Tiempo (min.)	10.0	30.0	10.03

Valor óptimo = 50.032 de compuestos fenólicos.

4.7 Efecto de la temperatura en los compuestos fenólicos

De acuerdo a la tabla de ANOVA se obtuvo una diferencia altamente significativa para el factor temperatura y resultaron no significativos el tiempo de cocción y tiempo de soleado, la temperatura afecta en la medida que mientras mayor sea la temperatura reduce considerablemente los compuestos fenólicos esto debido a que el calor degrada algunos componentes funcionales que tiene la mashua. Estos resultados obtenidos son iguales por Pérez-Conesa (2009), menciona que el contenido de fenoles totales disminuye significativamente durante el tratamiento térmico. Sin embargo, también se puede dar el aumento en el contenido de éstos compuestos durante el proceso térmico, y se explica, por la formación de productos de la reacción de Maillard (MRPs).

Fig. 11: Comportamiento de compuestos fenólicos en función a diferentes días de soleado y diferentes temperaturas de cocción.



Al respecto Martín - Cabrejas *et al.* (2009), menciona que la disminución en el contenido total de polifenoles durante la deshidratación puede ser atribuida a la unión de los polifenoles con otros compuestos proteínas o a las alteraciones en la estructura química de los polifenoles.

En los demás tubérculos, la disminución en el contenido de compuestos fenólicos después del secado, se puede atribuir a que según Davis (1981) citado por Martín-Cabrejas *et al.* (2009), durante la deshidratación, la unión de los polifenoles con otros compuestos (proteína) o las alteraciones en su estructura química, pueden causar la menor cuantificación de éstos compuestos. Además, otra causa podría ser que, tal como Kaanane *et al.* (1988) y Djilas y Milic (1994) citados por Nicoli *et al.* (1999) mencionan, los polifenoles son usados como reactantes en la reacción de Maillard.

4.8 Efecto del soleado en los compuestos fenólicos

El análisis de varianza nos indica que no existe un efecto significativo ($p > 0.05$) de los tratamientos establecidos respecto al contenido de compuestos fenólicos. En la tabla 11. no existe influencia del factor soleado para la elaboración del puré deshidratado de mashua. así también Cordova (2012), indica que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) entre el

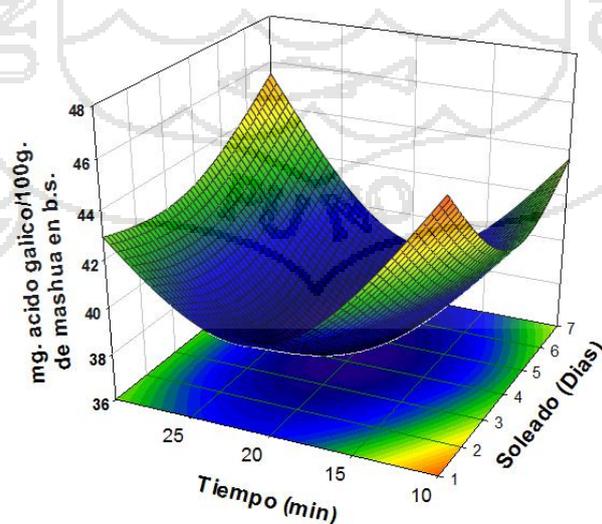
contenido de compuestos fenólicos de la muestra inicial sin solear y la muestra inicial soleada.

Considerando que el mecanismo básico del método empleado para cuantificar el contenido de compuestos fenólicos (Folin- Ciocalteu) es una reacción redox, por lo que según Prior *et al.* (2005), puede considerarse como otro método de medida de la actividad antioxidante total; éste aumento se puede relacionar con lo reportado por Sampath *et al.*, (2008), quienes afirman que el mayor contenido de antioxidantes en el alga roja *Porphyra umbilicalis*, se observó durante los meses de verano cuando los niveles de radiación y las temperaturas estaban en su apogeo. Estos mismos autores afirman que según Smirnoff (1993), la pérdida de agua altera las cadenas de transporte de electrones y disminuye la fluidez de las membranas, las cuales son conocidas por aumentar la formación de Especies Reactivas del Oxígeno (ROS).

Además, posiblemente sea el constante déficit de agua en las plantas de *Porphyra*, el que conlleve al aumento de la concentración de glutatión reducido (GSH), el cual es un antioxidante que juega un papel importante en el mantenimiento del estado redox de las células (Meister, 1988; citado por Sampath *et al.*, 2008).

En la figura 12 se representa. Superficie de respuesta correspondiente al modelo de segundo orden – Tipo Valle. Donde se aprecia la respuesta mínima 37.0 mg de ácido gálico/100g. En condiciones de 22 minutos y 4 días de soleado de compuestos fenólicos es elipse circular mínima.

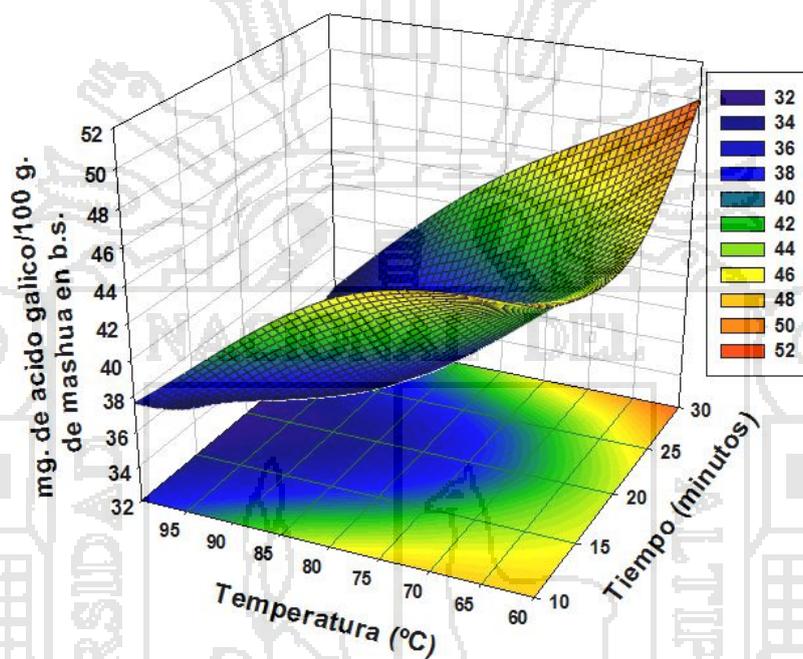
Fig. 12: Comportamiento de superficie de respuesta de compuestos fenólicos en función a diferentes días de soleado y diferentes tiempos de cocción



4.9 Efecto del tiempo en los compuestos fenólicos.

El análisis de varianza nos indica que existe un efecto significativo ($p < 0.05$) de los tratamientos establecidos respecto al contenido de compuestos fenólicos en el tiempo de cocción y la optimización del tiempo fue 10 minutos que mejor retenía los compuestos fenólicos la cantidad 50.032 mg de ácido gálico/100 g de mashua en base seca

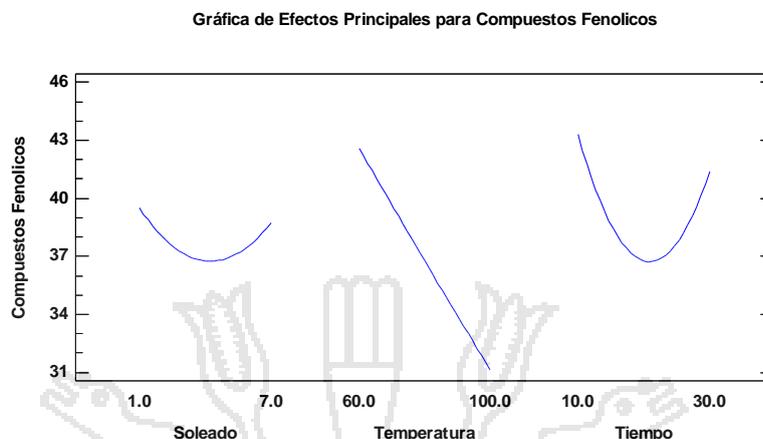
Fig. 13: Comportamiento de superficie de respuesta de compuestos fenólicos en función a temperaturas y tiempos de cocción.



En la figura 14 se presenta los factores que influyen en los compuestos fenólicos de acuerdo a la tabla ANOVA 10 se obtuvo una diferencia altamente significativa ($\alpha=0.05$) para la temperatura y significativa para tiempo de cocción y resultado no ser significativo el tiempo de soleado. Y se observa que la temperatura de cocción contribuye a la disminución significativa de compuestos fenólicos en las muestras con respecto a los iniciales.

Estas observaciones se pueden deber a la destrucción de algunos compuestos fenólicos por efecto de altas temperaturas (Li *et al.*, 2006)

Fig. 14: efectos principales para compuestos fenólicos



4.10 Almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua y su evaluación en la estabilidad de capacidad antioxidante

En la tabla 13. Se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de la capacidad antioxidante, el cual nos indica que existe una diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.01$) para la capacidad antioxidante. Esto implica que el efecto es dependiente con respecto al tiempo de almacenamiento. Esto es debido a los niveles de compuestos que pueden variar considerablemente y los factores influyentes son temperatura de almacenamiento, tiempo de almacenamiento, el secado y la cocción, etc.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante.

F. de V.	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	49.4129	3	16.471	12003.89	**
B:Tratamientos	15.5504	15	1.03669	755.53	**
INTERACCIONES					
AB	1.06638	45	0.0236974	17.27	*
RESIDUOS	0.175633	128	0.00137214		
TOTAL (CORREGIDO)	66.2053	191			

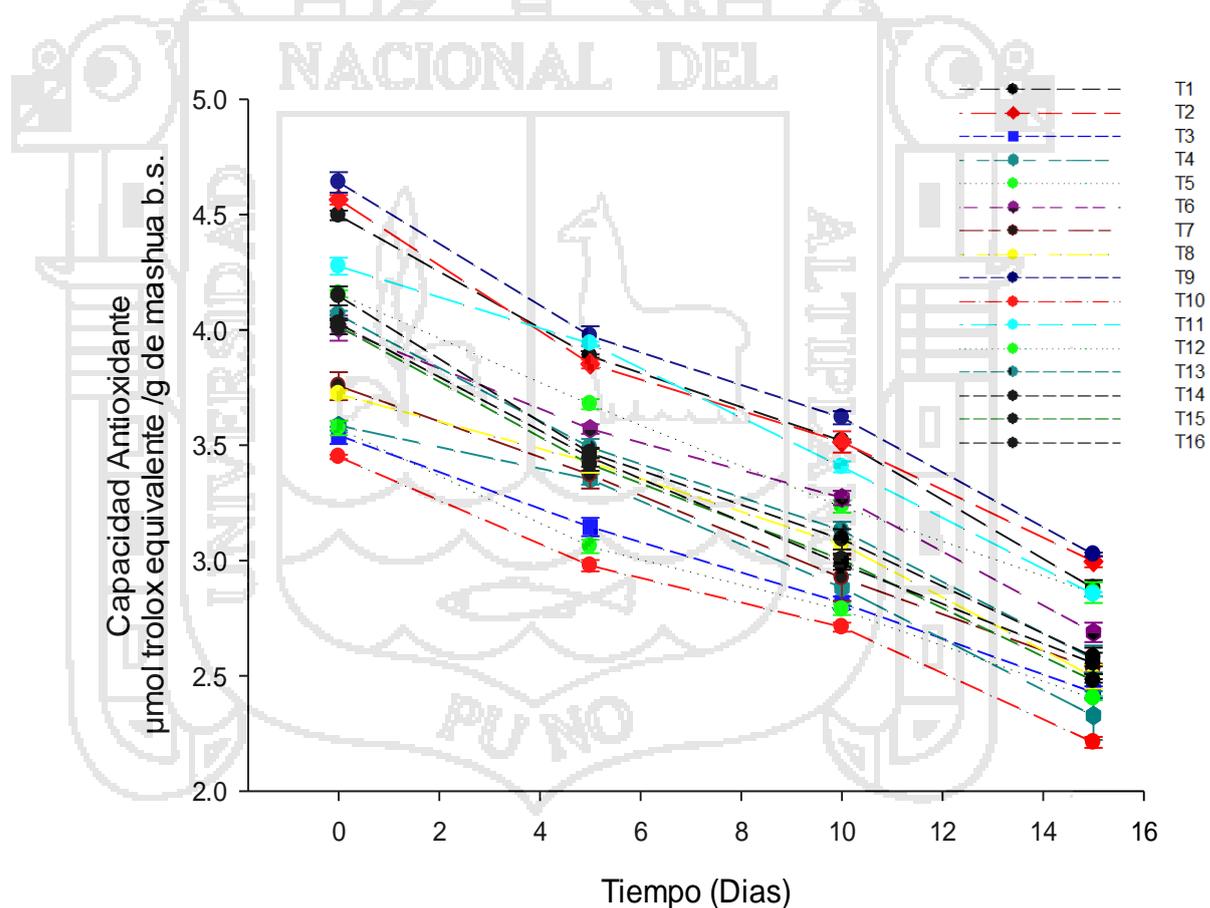
Para el factor tiempo se realizó la prueba de comparación de Duncan ver Tabla 14 donde se distingue que los valores de capacidad antioxidante con respecto al tiempo son diferentes para todos los tratamientos pero a su vez los tratamientos T1,T2,T3,.....T16 indican una disminución de capacidad antioxidante de mashua a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

Tabla 14. Prueba de comparación múltiple Duncan en el tiempo de almacenamiento de la capacidad antioxidante

Tiempo	Media LS	significancia
0	4.00911±0.0297	a
5	3.50313±0.0291	b
10	3.12225±0.034	c
15	2.61779±0.0347	d

Calsin (2007), reportó que la capacidad antioxidante disminuye durante los días de almacenamiento a una temperatura de 55°C evaluando de esta manera la eficacia de los antioxidantes de mashua en la oxidación de aceite de soya refinado.

Fig. 15: Resultados de la determinación de la capacidad antioxidante en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.



4.11 Almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua y su evaluación de la estabilidad de compuestos fenólicos.

En la tabla 15. Se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de los compuestos fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua, el cual nos indica que existe una diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.01$) para compuestos fenólicos. Esto implica que el efecto es dependiente con respecto al tiempo de almacenamiento. Esto es debido a los niveles de compuestos que pueden variar considerablemente y los factores influyentes son temperatura de almacenamiento, tiempo de almacenamiento el secado, la cocción.

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para los compuestos fenólicos

F. de V.	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	FC	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	5016.86	15	334.457	285.56	**
B:Tiempo	464.863	3	154.954	132.30	**
INTERACCIONES					
AB	144.608	45	3.2135	2.74	*
RESIDUOS	149.915	128	1.17121		
TOTAL (CORREGIDO)	5776.25	191			

Su Chuen Ng (2003). Tras almacenar muestras de harina de quinua a 25°C, 35°C, 45°C Y 55°C encontró cambios fisicoquímicos y degradación de pigmentos, pérdidas vitamínicas, actividad enzimática residual y oxidación de lípidos a mayor temperatura del almacenaje la producción de ácidos grasos libres es rápido.

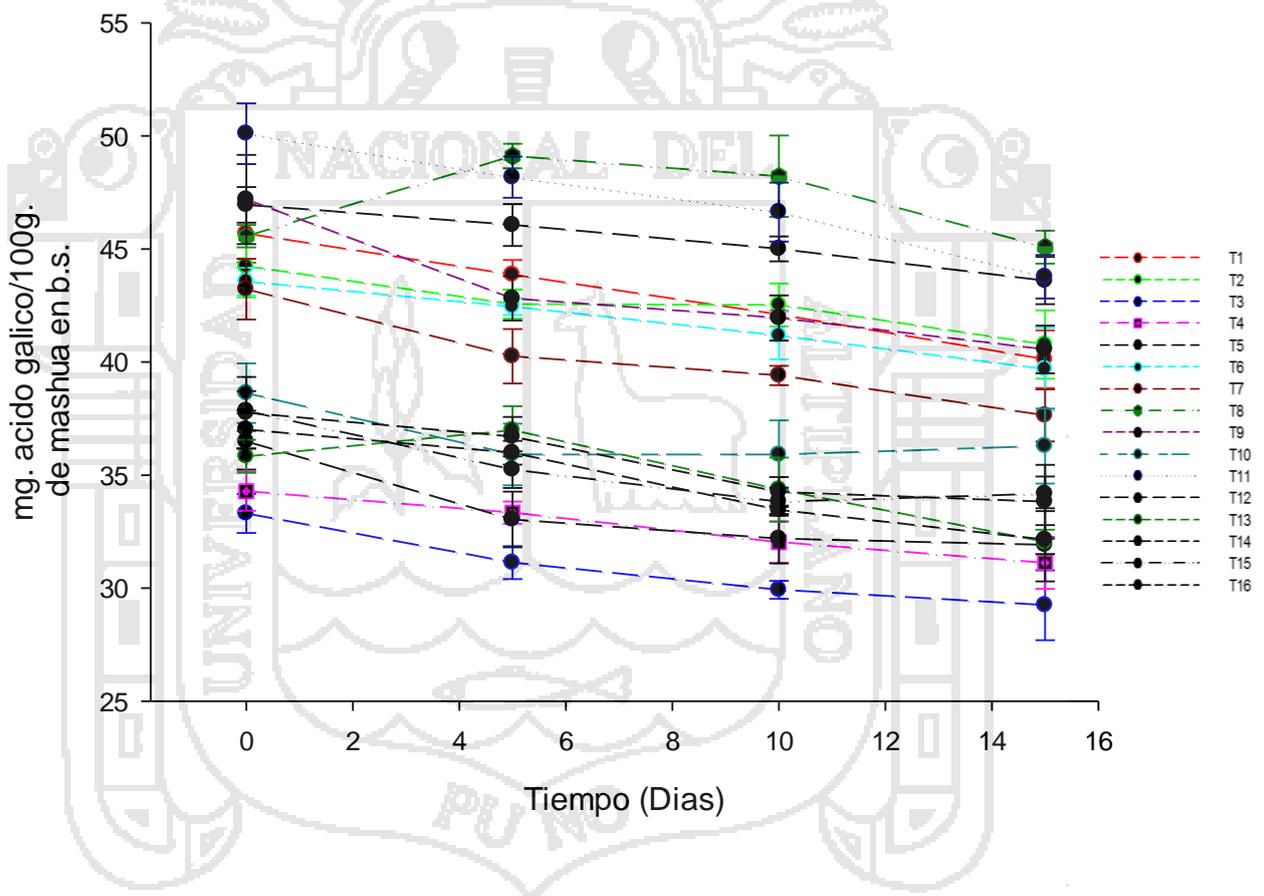
La disponibilidad del oxígeno a una altitud de 3.827 msnm, pudo haber catalizado la producción de ácidos grasos libres y degradación en los compuestos fenólicos del puré deshidratado de mashua

Tabla 16. Prueba de comparación múltiple Duncan en el tiempo de almacenamiento de los compuestos fenólicos.

Tiempo	Media LS	significancia
0	41.2041±1.1944	a
5	39.6329±0.8783	b
10	38.3493±0.8307	c
15	36.9973±1.0953	d

En la figura 16. Se muestra el resultado de los 16 tratamientos de la interacción del diseño box Box y Behnken de superficie de respuesta, en donde se llevó a almacenar todas las muestras del puré deshidratado de mashua a una temperatura constante de 55°C, y la determinación de compuestos fenólicos se realizó en 0, 5, 10 y 15 días, en donde se aprecia en la tabla 15, que existe diferencia altamente significativa ($p < 0.05$) en el almacenamiento del puré deshidratado de mashua, ocasionando la pérdida de compuestos fenólicos, durante los días de almacenamiento.

Fig. 16: Resultados de la determinación de los compuestos fenólicos en el almacenamiento acelerado del puré deshidratado de mashua.



V. CONCLUSIONES.

1. El tratamiento maximizado en esta investigación, fue el tratamiento nueve (T9) a una temperatura de 60°C y a un tiempo de 10 minutos y resulto no ser significativo el tiempo de soleado, en donde se ha obtenido valores máximos en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua de 4.692 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g}$ evaluada por el método ABTS. y compuestos fenólicos 50.032 mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca.
2. El resultado de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en el almacenamiento de los 16 tratamientos a una temperatura constante de 55°C durante 15 días, en donde se observó que no existe estabilidad de los componentes funcionales de capacidad antioxidante y se determinó en 0, 5, 10 y 15 días, en donde resulto 4.009, 3.503, 3.122 y 2.617 $\mu\text{mol Trolox Eq. /g}$. de muestra, y también se determinó a los compuestos fenólicos del puré deshidratado de mashua, que no existe estabilidad al respecto al tiempo de almacenamiento en donde resulto 41.204, 39.632, 38.349 y 36.997 mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de aplicaciones de la mashua seca como alimento funcional
2. Determinar la influencia de la disponibilidad de oxígeno y la humedad relativa en la oxidación lipídica de la harina deshidratada de mashua.
3. Identificar los compuestos volátiles en la mashua usando la cromatografía de gases.
4. Realizar pruebas de secado de mashua en bandeja y atomización para mejorar la retención de actividad antioxidante



VII. BIBLIOGRAFIA

- Agüero, M.V., Ansorena, M.R., Roura, S.I. y Del Valle, C.E. (2008). Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *LWT- Food Science and Technology*. 41, 401–407.
- Anese, M., Nicoli, C., Massini R. y Lericci, C. (1999). Effects of drying processing on the Maillard reaction in pasta. *Food Research International*. 32, 193-199
- A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15 ed. EEUU. Association of Official Analytical Chemists.
- Arbizu, C. y Hermann, M. (1993). Aproximación Agroecosistémica. El Agroecosistema Andino: problemas, limitaciones, perspectivas. *Anales del Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino*. CIP, Lima.
- Arnao, M., Cano, A. y Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*. 73, 239- 244.
- Barbosa, C.G. y Vega, M.H. (2000). *Deshidratación de alimentos* Edit. Acribia Zaragoza, España.
- Benzie, I. y Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*. 239, 70- 76.
- Brenan, J. 1980. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Edit. Acribia Zaragoza, España.
- Boateng, J., Verghese, M.; Walker, L.T. y Ogutu, S. (2008). Effect of processing on the antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus spp. L.*). *LWT-Food Science and Technology*. 41, 1541-1547.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. y Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
- Caicedo, C. y Ayala, G. (1993). Aproximación Agroecosistémica. El Agroecosistema Andino: problemas, limitaciones, perspectivas. *Anales del Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino*. CIP, Lima.
- Calsin, M. (2007). Obtención de extracto antioxidantes de mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P). Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Campos, D.; Noratto, D.; Chirinos, R.; Arbizu, C.; Roca, W.; y Cisneros- Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruíz y

- Pavón), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ollucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86, 1481- 1788.
- Chang, C. Lin, H. Chang, C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*. 77, 478–485.
- 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.
- Chirinos, R., Campos, D., Betalleluz, I., Giusti, M. M., Schwartz, S. J., Tian, Q., Pedreschi, R. y 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.
- Chou, K y Chua, J. (2001). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science and Technology*, 12, pp. 359 –369.
- Curotto, C. (2006). Estudio de la influencia de la cocción y el secado en algunos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de tres variedades de arracaha (*Arracacia xanthorrhiza*). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Hernandez, E. y Arias, M. (1993). Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta. Edición; Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima. Perú.
- 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.
- Doymaz, I. y Pala, M. (2003). The thin – layer drying characteristics of corn. *Journal of Food Engineering*, 60, pp. 125- 130.
- Espinoza, S., Monteghirfo, M., Alvarez, J. y Arnao, I. (2002). Análisis electroforético unidimensional y bidimensional de las proteínas de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). Centro de investigación de Bioquímica y nutrición, laboratorio de química bioorgánica. (UNMSM).
- Estrella, I. (2004). Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Fundación Alimentum. Disponible en

- <http://www.informacionconsumidor.org/Opinioacuten/ArticuloOpinion/>. Revisado el 21 de Mayo de 2015.
- Espín, J. y Tomás-Barberán, F. (2005). Alimentos Funcionales. Fundación Española para la Ciencia y Tecnología.
- Fayle, S.E. 2002. La reacción de Maillard. Editorial Acribia S.A.
- Frankel, E., Waterhouse, A. y 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.
- Fennema, O. (2000). Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A.
- García, B. (2005). Absorción in vivo de oligómeros de epicatequina Tesis Niversitat Rovira I Virgili. Tarragona.
- Garau, M., Rosselló, C. y Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*. 104, 1014– 1024.
- Guzmán, P. (2014). Estudio experimental de la elaboración de puré de banano orgánico de la región Piura. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de sistemas. Universidad de Piura.
- Girard, B. y Mazza, G. (2000). Alimentos Funcionales. Editorial Acribia Zaragoza.
- Giusti, M. y Wrolstad, E. (2001). Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*. Ed. R.E. Wrolstad. New York: John Wiley & Sons.
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C. y Hermann, M. (2003). Mashua: *Tropaeolum tuberosum* Raíz & Pav. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Editorial Jan. M. M. Engels.
- Hatamipour, S. y Mowla, D. (2002) Shrinkage of carrots during drying in an inert medium fluidized bed. *Journal of Food Engineering*, 55, pp, 247-252.
- Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U. y Zhang, J. (2010). Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food Chemistry*. 123, 423–429.
- Hernández, B. Leon, J. (1992). Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. 150 -151.
- Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M. (2009). Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chemistry*. 113, 964–969.

- Kim, S. Y., Jeong, S. M., Park, W. P., y 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. y Chiewchan, N. (2009). Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*. 113, 944-949.
- Lana, M. y Tijskens, L. (2006). Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. *Food Chemistry*. 97, 203-211.
- Lin, M., Durance, D. y Scaman, H. (1998). Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrots slices. *Food Research International*, Vol.31 N° 2 pp. 111 - 117.
- Leong, L.P. y Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*. 76, 69-75.
- Lewis, M. 1993. *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
- Martín-Cabrejas, M.A., Aguilera, Y., Pedrosa, M.M., Cuadrado, C., Hernández, T., Díaz, S. y Esteban, R.M. (2009). The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. *Food Chemistry*. 114, 1063-1068.
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J.M. y Tuñón, M.J. (2002). Revisión Los Flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*. 17 (6), 271-278.
- Martínez – Valverde. I., (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*.
- Meza, G., Cortes, H., Zela, G. y Gonza, V. (1997). Cultivo de mashua. Universidad nacional de san Antonio Abad del Cuzco. Centro de investigación en cultivos andinos. Asociación Arariwa. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos.
- Miguel, M.G. 2010. Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal*. 25 (5), 291- 312.
- Miranda, M.; Vega-Gálvez, A.; López, J.; Parada, G.; Sandersa, M.; Arandab, M.; Uribea, E. y 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.
- National Research Council (1989). *Lost Crops of the Incas: Little Know Plants of the Andes With Promise For Worldwide Cultivation*. National Academy Press. Washington.
- Nicoli, M.C.; Anese, M. y Parpinel, M.T. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. 10, 94-100.
- Nicoli, M.C.; Anese, M.; Parpinel, M.T.; Franceschi, S. y Lericci, C.R. (1997). Loss and/or

- formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letters*. 114, 71-74.
- Nindo, C., Sun, T., Tang, j., Wang, S. y Powers, R. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *Lebensm Wiss. U. Technol.* N° 36, pp. 507-516.
- 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).
- Olmedilla, B. y Granado, F. (2008). Alimentos Funcionales: Aproximación a una nueva alimentación. Editorial: Instituto de Nutrición y trastornos alimentarios (INUTCAM).
- Palencia, Y. (2004). Sustancias bioactivas en los alimentos. *Revista de la Universidad de Zaragoza España* disponible en www.unizar.es/med_naturista/bioactivos%20en%20alimentos.pdf. Revisado el 20 de junio del 2015.
- Pérez, M. (2005). Evaluación de las características funcionales de diez cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) 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.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. y Gordon, M. (2001). Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia Zaragoza.
- Potter, N. y Hotchkiss, J. (1995). Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia Zaragoza, S.A.
- Prior, R.L., Wu X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53, 4290- 4302.
- Rakić, S., Petrović, S., Kukić, J. (2007). Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. *Food Chemistry*. 104, 830–834.
- Ramallo, Z. (1999). Diseño de una planta procesadora de harina de Isaño como base de la alimentación porcina. Tesis. Universidad Privada de Bolivia.
- Ramesh, M., Tevini, D. y Bognár, A. (2002). Microwave Blanching of Vegetables. *Journal of Food Science*. 67 (1), 390–398.
- Randhir, R., Kwon, Y. 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.

- Rossi, M., Giussani, E. y Morelli, R. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International*. 36 (9-10), 999-1005.
- Rodas, H.R. (1992). Obtención de harina de arracacha Tesis UNALM Lima, Perú
- Rufián A. y Delgado A. C. (2009). Effect of digestive process on Maillard reaction indexes and antioxidant properties of breakfast cereals. *Food Research International* 42, 394–400.
- Rojas, M. y Gerschenson, N. (2001). Ascorbic acid destruction in aqueous model systems: an additional discussion. *Journal of the Science of Food and Agriculture* vol, 81, pp. 1433 – 1439.
- 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.
- Santos, G. y Soriano, J. (2006). Nutrición básica humana. Editorial Universidad de Valencia.
- Sampath, P., Neefus, C.D. y Jahnke, L.S. (2008). Seasonal effects of sun exposure and emersion on intertidal seaweed physiology: Fluctuations in antioxidant contents, photosynthetic pigments and photosynthetic efficiency in the red alga *Porphyra umbilicalis* Kützting (Rhodophyta, Bangiales). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 361, 83–91.
- Scalbert, A. y Williamson G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The journal of nutrition*, 130, 2073-2085
- Singleton, V.L. y Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Sun, Y. 1990. Free radicals, antioxidant enzymes, and carcinogenesis. *Free Radical Biology and Medicine*. 8 (6), 583-599.
- Su Chuen Ng (2003). Effects of accelerated aging on lipid oxidation in quinoa (*chenopodium quinoa*). The graduate school University of Wisconsin – Stout. USA.
- Tapia, M. Fries, A. Mazar, I. y Rosell, C. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos FAO-Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima, PE: 209
- Temoche, M., Campos, D., Chirinos, R. y Cisneros, L. (2004). Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua. *Revistas Científicas UNALM*.
- Tineo, J. (1993). Cultivo de mashua. Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Folleto N° 6-93, pp. 1-9.

- Urresta, B. 2010. Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dietas para pollos de engorde. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial.
- Valdebenito A. (2005) Antioxidantes como transferentes de cadena en la polimerización de monómeros vinílicos. Tesis Doc quim. Chile. Universidad de Santiago de Chile.
- Vega, A., Tello, C. y Lemus, M. (2007). Simulación matemática del proceso de secado de la Gracilaria Chilena (*Gracilaria chilensis*). Revista chilena de ingeniería, vol. 15 N° 1, pp. 55-64.
- 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.
- Zanoni, B., Peri, C., Nani, R. y Lavelli, V. (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*, Vol. 31, N° 5, pp. 395-401.
- Zhang, M.; Chen, H.; Li, J.; Pei, Y. y Liang, Y. 2010. Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT - Food Science and Technology*. 43, 181–185.

ANEXOS



ANEXO I. Lectura de absorbancias para la capacidad antioxidante

REP	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
R1	0.121	0.112	0.281	0.297	0.194	0.235	0.256	0.267	0.112	0.311	0.179	0.294	0.221	0.201	0.218	0.216
R2	0.122	0.111	0.311	0.286	0.194	0.23	0.273	0.273	0.113	0.314	0.168	0.295	0.21	0.21	0.219	0.215
R3	0.131	0.113	0.312	0.294	0.192	0.231	0.268	0.263	0.115	0.319	0.175	0.297	0.199	0.199	0.219	0.212
\bar{x}	0.125	0.112	0.301	0.292	0.193	0.232	0.266	0.268	0.113	0.315	0.174	0.295	0.210	0.203	0.219	0.214

Lectura de absorbancias para compuestos fenólicos

REP	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
R1	0.453	0.471	0.583	0.591	0.447	0.474	0.485	0.453	0.428	0.526	0.443	0.549	0.541	0.542	0.532	0.528
R2	0.461	0.472	0.581	0.512	0.446	0.479	0.481	0.461	0.411	0.528	0.449	0.553	0.538	0.537	0.527	0.527
R3	0.464	0.474	0.512	0.593	0.451	0.477	0.479	0.465	0.422	0.532	0.452	0.541	0.542	0.543	0.543	0.528
\bar{x}	0.459	0.472	0.559	0.565	0.448	0.477	0.482	0.460	0.420	0.529	0.448	0.548	0.540	0.541	0.534	0.528

Resultados de evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos.

Ts	VARIABLES CODIFICADAS			VARIABLES REALES			VARIABLES DE RESPUESTA	
	A	B	C	A	B	C	Capacidad antioxidante	compuestos fenólicos
	Soleado	Temperatura	Tiempo	Soleado	Temperatura	Tiempo	$\mu\text{mol Trolox/g}$	mg de acid gálico/100g.
	(Días)	(° C)	(min)	(Días)	(° C)	(min)		
T1	-1	-1	0	1	60	20	4.492	45.506
T2	+1	-1	0	7	60	20	4.558	43.948
T3	-1	+1	0	1	100	20	3.525	34.116
T4	+1	+1	0	7	100	20	3.577	33.346
T5	-1	0	-1	1	80	10	4.153	46.838
T6	+1	0	-1	7	80	10	3.982	43.589
T7	-1	0	+1	1	80	30	3.729	42.921
T8	+1	0	+1	7	80	30	3.719	45.460
T9	0	-1	-1	4	60	10	4.618	50.032
T10	0	+1	-1	4	100	10	3.453	37.611
T11	0	-1	+1	4	60	30	4.261	46.791
T12	0	+1	+1	4	100	30	3.56	35.379
T13	0	0	0	4	80	20	4.061	36.276
T14	0	0	0	4	80	20	4.149	36.219
T15	0	0	0	4	80	20	4.003	36.936
T16	0	0	0	4	80	20	4.026	37.644

ANEXO II Resultados de Capacidad Antioxidante día 0 y 5

Resultados de Capacidad Antioxidante día 0				Resultados de Capacidad Antioxidante día 5			
Ts	μmol Trolox eq. /g	promedio	desviación estándar	Ts	μmol Trolox eq. /g	promedio	desviación estándar
T1	4.49	4.496	0.021	T1	3.879	3.886	0.007
	4.479				3.893		
	4.519				3.887		
T2	4.558	4.564	0.021	T2	3.863	3.852	0.019
	4.547				3.863		
	4.587				3.83		
T3	3.527	3.542	0.037	T3	3.11	3.145	0.040
	3.515				3.138		
	3.585				3.188		
T4	3.579	3.585	0.021	T4	3.359	3.352	0.023
	3.567				3.326		
	3.608				3.37		
T5	4.155	4.157	0.015	T5	3.698	3.678	0.022
	4.143				3.681		
	4.172				3.654		
T6	3.982	4.007	0.055	T6	3.579	3.570	0.021
	3.97				3.546		
	4.07				3.585		
T7	3.727	3.756	0.061	T7	3.433	3.371	0.059
	3.716				3.366		
	3.826				3.315		
T8	3.717	3.721	0.018	T8	3.717	3.721	0.018
	3.705				3.705		
	3.74				3.74		
T9	4.62	4.639	0.044	T9	3.991	3.973	0.042
	4.608				4.004		
	4.69				3.925		
T10	3.451	3.449	0.009	T10	3.001	2.977	0.025
	3.439				2.979		
	3.457				2.952		
T11	4.261	4.276	0.037	T11	3.942	3.940	0.009
	4.249				3.948		
	4.318				3.931		
T12	3.562	3.574	0.031	T12	3.094	3.061	0.029
	3.551				3.05		
	3.609				3.039		
T13	4.061	4.065	0.018	T13	3.531	3.490	0.037
	4.049				3.48		
	4.084				3.458		
T14	4.151	4.147	0.041	T14	3.463	3.465	0.019
	4.104				3.447		
	4.186				3.485		
T15	4.001	4.015	0.034	T15	3.398	3.416	0.027
	3.99				3.403		
	4.053				3.447		
T16	4.028	4.026	0.015	T16	3.433	3.448	0.041
	4.011				3.416		
	4.04				3.494		

ANEXO III Resultados de Capacidad Antioxidante día 10 y 15

Resultados de Capacidad Antioxidante día 10				Resultados de Capacidad Antioxidante día 15			
Ts	μmol Trolox eq. /g	promedio	desviación estándar	Ts	μmol Trolox eq. /g	promedio	desviación estándar
T1	3.512	3.518	0.007	T1	2.902	2.879	0.036
	3.526				2.838		
	3.515				2.897		
T2	3.519	3.514	0.046	T2	2.999	2.995	0.025
	3.557				2.969		
	3.465				3.018		
T3	2.826	2.816	0.028	T3	2.435	2.428	0.026
	2.837				2.4		
	2.784				2.45		
T4	2.944	2.881	0.058	T4	2.427	2.328	0.105
	2.868				2.339		
	2.83				2.217		
T5	3.264	3.234	0.027	T5	2.889	2.861	0.045
	3.211				2.809		
	3.227				2.884		
T6	3.307	3.271	0.031	T6	2.731	2.688	0.042
	3.253				2.647		
	3.253				2.687		
T7	3.036	2.924	0.099	T7	2.525	2.530	0.022
	2.887				2.511		
	2.849				2.555		
T8	3.05	3.069	0.019	T8	2.491	2.496	0.052
	3.071				2.447		
	3.087				2.55		
T9	3.63	3.619	0.028	T9	3.021	3.026	0.009
	3.587				3.036		
	3.64				3.021		
T10	2.689	2.711	0.020	T10	2.193	2.211	0.024
	2.716				2.203		
	2.727				2.238		
T11	3.429	3.406	0.024	T11	2.843	2.853	0.010
	3.381				2.853		
	3.408				2.863		
T12	2.804	2.787	0.024	T12	2.398	2.403	0.009
	2.76				2.413		
	2.798				2.398		
T13	3.163	3.130	0.038	T13	2.558	2.573	0.058
	3.089				2.523		
	3.137				2.637		
T14	3.081	3.092	0.044	T14	2.558	2.581	0.040
	3.054				2.558		
	3.14				2.628		
T15	2.974	3.003	0.027	T15	2.486	2.478	0.008
	3.006				2.471		
	3.028				2.476		
T16	2.994	2.983	0.024	T16	2.532	2.554	0.046
	2.956				2.523		
	2.999				2.607		

ANEXO IV Resultados de compuestos fenólicos de día 0 y 5

Resultados de Compuestos fenólicos día 0				Resultados de Compuestos fenólicos día 5			
Ts	mg de ácido gálico/100g.	promedio	desviación estándar	Ts	mg de ácido gálico/100g.	promedio	desviación estándar
T1	45.544	45.683	1.289	T1	43.808	43.860	0.653
	44.47				44.537		
	47.036				43.234		
T2	43.986	44.232	1.367	T2	43.249	42.560	0.639
	43.005				41.986		
	45.705				42.445		
T3	34.073	34.955	0.861	T3	32.231	31.652	0.725
	34.997				30.838		
	35.794				31.886		
T4	33.384	34.283	0.864	T4	32.788	33.334	0.491
	34.359				33.739		
	35.106				33.476		
T5	46.838	46.950	0.788	T5	46.37	46.059	0.928
	47.788				45.015		
	46.225				46.791		
T6	43.55	43.555	0.610	T6	42.028	42.450	0.365
	44.167				42.661		
	42.947				42.661		
T7	42.883	43.221	1.342	T7	41.513	40.255	1.202
	42.08				40.136		
	44.7				39.117		
T8	45.422	45.567	0.495	T8	49.659	49.107	0.542
	45.16				48.576		
	46.118				49.086		
T9	46.853	47.189	1.972	T9	41.857	42.813	0.976
	45.407				42.775		
	49.307				43.808		
T10	37.572	38.622	1.319	T10	37.28	35.910	1.360
	38.192				35.891		
	40.102				34.56		
T11	50.003	50.098	1.343	T11	47.266	48.173	0.910
	48.806				48.168		
	51.486				49.086		
T12	35.341	36.486	1.244	T12	33.362	33.034	1.230
	36.308				34.067		
	37.809				31.673		
T13	36.314	35.827	0.732	T13	35.806	36.989	1.057
	34.985				37.842		
	36.181				37.318		
T14	36.181	37.010	0.837	T14	35.709	35.988	0.524
	36.996				36.592		
	37.854				35.662		
T15	36.936	37.831	0.880	T15	36.121	35.245	0.813
	37.861				35.1		
	38.696				34.515		
T16	37.606	37.757	1.584	T16	36.809	36.697	0.875
	36.254				35.771		
	39.412				37.51		

ANEXO V Resultado de compuestos fenólicos día 10 y 15

Resultados de Compuestos fenólicos día 10				Resultados de Compuestos fenólicos día 15			
Ts	mg de ácido gálico/100g.	promedio	desviación estándar	Ts	mg de ácido gálico/100g.	promedio	desviación estándar
T1	42.153	42.100	0.157	T1	41.291	40.121	1.273
	42.223				40.306		
	41.923				38.766		
T2	41.513	42.522	0.947	T2	40.683	40.773	1.514
	43.392				42.33		
	42.661				39.307		
T3	30.185	30.601	0.396	T3	29.132	29.243	1.547
	30.973				30.843		
	30.644				27.755		
T4	31.088	32.034	0.920	T4	29.925	31.116	1.150
	32.089				31.203		
	32.925				32.22		
T5	44.933	45.001	0.550	T5	43.6	43.603	1.044
	45.582				44.648		
	44.489				42.56		
T6	41.217	41.165	1.050	T6	39.94	39.684	1.836
	42.188				41.378		
	40.09				37.733		
T7	39.894	39.403	0.428	T7	38.74	37.640	1.153
	39.212				37.74		
	39.104				36.441		
T8	47.242	48.217	1.797	T8	45.888	45.080	0.728
	50.291				44.878		
	47.119				44.474		
T9	40.892	41.949	1.001	T9	39.34	40.557	1.054
	42.073				41.148		
	42.883				41.183		
T10	35.891	35.904	1.516	T10	34.377	36.281	1.659
	34.394				37.051		
	37.426				37.414		
T11	45.459	46.630	1.305	T11	43.822	43.769	0.962
	46.393				42.782		
	48.037				44.703		
T12	32.006	32.181	1.093	T12	30.269	31.912	1.616
	31.187				31.969		
	33.351				33.499		
T13	34.268	34.357	1.419	T13	32.466	32.045	0.535
	32.985				32.225		
	35.818				31.443		
T14	33.636	33.453	0.193	T14	32.476	32.140	0.645
	33.252				31.396		
	33.471				32.548		
T15	34.503	33.820	0.622	T15	33.465	34.170	0.762
	33.286				34.067		
	33.672				34.979		
T16	34.738	34.251	0.660	T16	33.263	33.822	1.633
	33.499				35.662		
	34.515				32.542		

ANEXOS VI

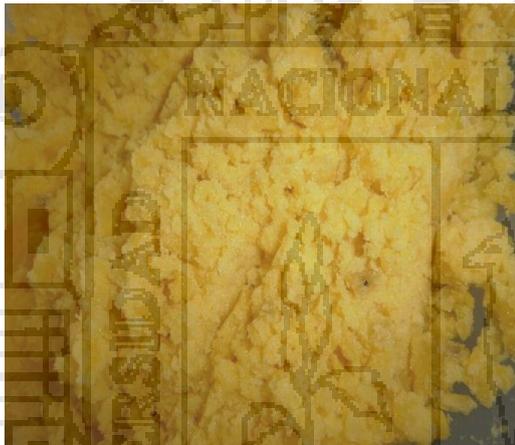
Panel fotográfico



Las Mashuas



Autoclave



Puré de Mashua



Secado de Puré



Puré Deshidratado



Puré Deshidratado



Pasta de puré



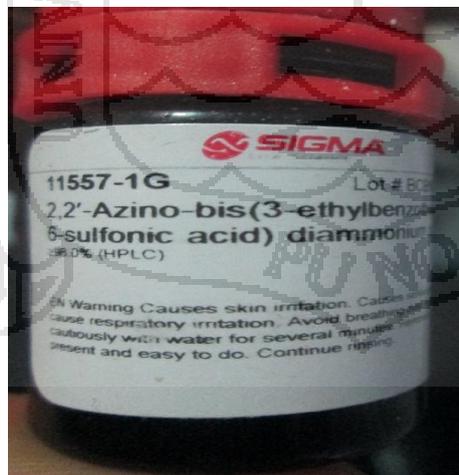
Agitador



Viales de Vidrio



Centrifuga



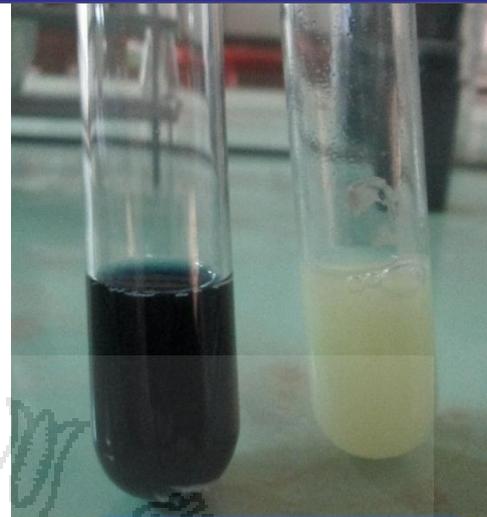
2,2 Azino bis (3-ethylbenzothiazoline 6- sulfonate)



Sol. de ABTS



FOLIN CIOCALTEU 2N



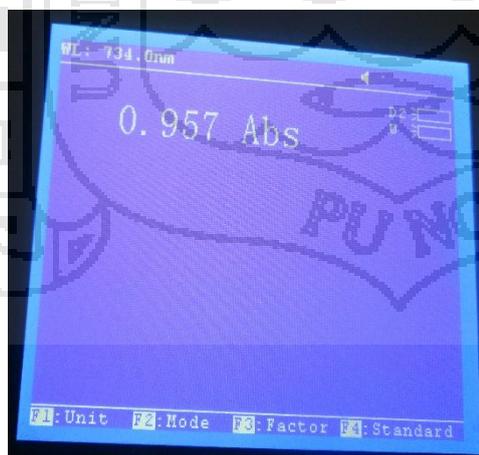
REACCION DE ABTS



DET. HUMEDAD



DILUCIONANDO ABTS



LECTURA DE ABS



ESPECTROFOTOMETRO