



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SECADO DE LA MASHUA
MORADA *Tropaeolum tuberosum* SOBRE LAS PROPIEDADES
ORGANOLÉPTICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.**

**TESIS PREVIA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
(A) AGROINDUSTRIAL**

Autor: María Belén Saá Patiño

Director: Ing. Nicolás Sebastián Pinto MSc.

IBARRA – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SECADO DE LA MASHUA MORADA
Tropaeolum tuberosum SOBRE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS
Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su
presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

APROBADO:

Ing. Nicolás Pinto

DIRECTOR


FIRMA

Ing. Juan de la Vega

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

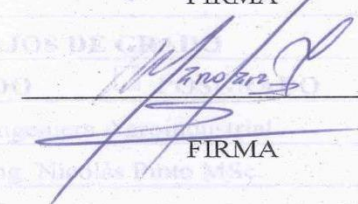
Ing. Ángel Satama

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

Ing. Marco Lara

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 1003270582

APELLIDOS Y NOMBRES: Saá Patiño María Belén

DIRECCIÓN: Rocafuerte y Eugenio Espejo

EMAIL: belensaa58@gmail.com

TELÉFONO FIJO: **TELÉFONO MÓVIL:** 0980206539

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO: Evaluación del efecto de secado de la mashua morada *tropaeolum tuberosum* sobre las propiedades organolépticas y actividad antioxidante.

AUTOR: MARÍA BELÉN SAÁ PATIÑO

FECHA: 19 de marzo de 2019

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

PROGRAMA **PREGRADO** **POSGRADO**

TÍTULO POR EL QUE OPTA: Ingeniera Agroindustrial

ASESOR/DIRECTOR: Ing. Nicolás Pinto MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, MARÍA BELÉN SAÁ PATIÑO, con cedula de identidad número 100327058-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación superior artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de marzo del 2019


AUTOR:



.....
Srta. María Belén Saá Patiño

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Belén Saá Patiño,
bajo mi supervisión



Ing. Nicolás Sebastián Pinto MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de marzo del 2019



.....
Firma

María Belén Saá Patiño

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, María Belén Saá Patiño, con cédula de identidad Nro. 1003270582, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: Evaluación del efecto de secado de la mashua morada *tropaeolum tuberosum* sobre las propiedades organolépticas y actividad antioxidante, que ha sido desarrollado para obtener el título de: Ingeniera Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra anteriormente citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 19 días del mes de marzo del 2019



.....
María Belén Saá Patiño

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiar mi camino cada día y darme la fortaleza necesaria en tiempos de aflicción.

A mis madre Ligia Patiño quien ha dado tanto por verme triunfante en mis metas, a mis hermanos Edison, Andrés y Sebastián por ser mi apoyo incondicional cada día.

Agradezco infinitamente a mis tíos Fernando y Janeth Saá por haberme apoyado incondicionalmente en cada paso de mi vida universitaria, impulsándome a soñar en grande y luchar por conseguirlo.

A mis maestros de la Universidad Técnica del Norte, por dotarme de los conocimientos que me permitirán desenvolverme con eficiencia en el campo profesional.

A la Ing. María Vizcaíno por su guía y predisposición constantemente en la realización de este trabajo. De igual manera, al Ing. Nicolás Pinto, Ing. Juan de la Vega, Ing. Marco Lara e Ing. Ángel Satama por sus enseñanzas y asesoramiento.

Al Ing. Alexis García por todo su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, por ser mi fortaleza, con su amor y comprensión en todo momento.

A la Sra. Luisita por ser una gran amiga siempre dispuesta a ayudarme con sus consejos y esos cafecitos que alegran el alma.

A mis queridos amigos; compañeros de camino y de experiencias de vida por su hermosa amistad, consejos y por tomar parte en la construcción de mis mejores memorias.

Belén Saá

DEDICATORIA

A Dios, mi máximo maestro, quien siempre me mostró que todo es posible con fe y esfuerzo.

A mi madre que siempre me enseñó a buscar el buen camino y que todo acontece para bien, basta con mirar diferente lo que más allá se presenta.

A mi abuelita María Lucila, por ser mi ángel, amarme y cuidarme, siendo mi fuerza en momentos débiles y mi apoyo cuando me siento sola.

A mis familiares quienes me apoyaron incondicionalmente; todo ello es una maravillosa bendición.

A mí querido Ing. Alexis quien me supo apoyar incondicionalmente en todo momento a lo largo de esta trayectoria universitaria.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1.OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
1.4.1.HIPÓTESIS NULA	3
1.4.2.HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. MASHUA MORADA	4
2.1.1.MORFOLOGÍA.....	4
2.1.2.TAXONOMÍA	5
2.1.3.COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.	5
2.1.4.CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO	6
2.1.5.ÉPOCA DE SIEMBRAS Y VARIEDADES	7
2.1.6.POSTCOSECHA.....	7
2.1.7.SOLEADO	8
2.1.1.COSECHA	8
2.2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	8
2.3. MÉTODO DPPH.....	10
2.5. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES.....	11
2.5.1.FENOLES	12
2.5.2.ÁCIDO ASCÓRBICO O VITAMINA C	12
2.5.3.CAROTENOIDES.....	12

2.5.4. VITAMINA E	13
2.6. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE LA MASHUA.....	13
2.6.1. CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	13
2.6.2. ANTOCIANINAS TOTALES	13
2.6.3. CAROTENOIDES TOTALES.....	13
2.6.4. RELACIONES ENTRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	14
2.7. COLOR	14
2.8. DESHIDRATACIÓN	16
2.8.1. PROCESO DE SECADO	17
2.8.2. ACTIVIDAD DE AGUA.....	17
2.8.3. HUMEDAD DE EQUILIBRIO	17
2.8.4. PSICROMETRÍA Y CARTA PSICOMÉTRICA	17
2.8.5. CARTA PSICOMÉTRICA.....	18
2.8.6. SELECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL ALIMENTO ANTES DE LA DESHIDRATACIÓN	19
2.8.7. NATURALEZA DEL AGUA DE UN ALIMENTO	19
2.9. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO.....	20
2.9.1. TEMPERATURA DEL AIRE	20
2.9.2. HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	21
2.9.3. VELOCIDAD DEL AIRE	21
2.9.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	22
2.9.5. ESTRUCTURA CELULAR	22
2.10. CAMBIOS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN	22
2.10.1. FORMA Y TAMAÑO DEL PRODUCTO	22
2.11. TRANSFERENCIA DE MASA POR CONVECCIÓN	23
2.12. MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DEL AGUA EN ALIMENTOS	23
2.13. PERIODOS DE SECADO	24
CAPÍTULO III	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
3.1.1. UBICACIÓN.....	25
3.1.2. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	25
3.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	25
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	26
3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS	26
3.2.2. LABORATORIO.....	26
3.2.3. EQUIPOS.....	26
3.2.4. MATERIALES.....	26
3.3. METODOLOGÍA.....	27
3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO.....	27
3.3.2. TRATAMIENTOS	28
3.3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	28
3.3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	29
3.3.6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
3.3.7. ANÁLISIS FUNCIONAL	29
3.4. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	30
3.4.1. VARIABLES CUANTITATIVAS.....	30
3.5. VARIABLES CUALITATIVAS	38
3.5.1. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO	38
3.6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	38
3.6.1. DIAGRAMA DE BLOQUES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	39
3.6.2. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO POR SECADO DE BANDEJAS.....	40
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	44
4.1.1. COLORIMETRÍA EN MASHUA	45
4.2. ANÁLISIS DE VARIABLES CUANTITATIVAS DEL PRODUCTO FINAL.....	46
4.2.1. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MASHUA	46

4.2.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN MASHUA MORADA.....	48
4.2.3. CURVAS DE SECADO DE HOJUELAS DE MASHUA.....	50
4.3. ANÁLISIS DE VARIABLES CUALITATIVAS DEL PRODUCTO FINAL	60
4.3.1. COLOR.....	60
4.3.2. AROMA.....	61
4.3.3. SABOR.....	62
4.3.4. TEXTURA.....	63
4.3.5. BALANCE DE MATERIALES PARA T6.....	65
CAPÍTULO V.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1. CONCLUSIONES.....	66
5.2. RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación botánica de la mashua	5
Tabla 2. Composición nutricional de la Mashua morada.....	5
Tabla 3. Actividad antioxidante de algunas raíces y tubérculos andinos.....	10
Tabla 4. Ubicación del área de estudio.	25
Tabla 5. Características Climatológicas.....	25
Tabla 6. Espesor de corte de la Mashua.....	27
Tabla 7. Temperatura de secado.	27
Tabla 8. Velocidad de aire de secado.....	27
Tabla 9. Tratamientos	28
Tabla 10. Esquema del ADEVA.....	29
Tabla 11. Análisis fisicoquímico para Mashua	30
Tabla 12. Variables cuantitativas.....	37
Tabla 13. Composición fisicoquímica de la Mashua morada	44
Tabla 14. Composición físicoquímico de la Mashua morada	45
Tabla 15. Valores de color en mashua	46
Tabla 16. Análisis de varianza de la actividad antioxidante de la Mashua morada	48
Tabla 17. Descripción de tratamientos.....	52
Tabla 18. Análisis de humedad	53
Tabla 19. Análisis de pH.....	55
20. Análisis de acidez titulable	56
Tabla 21. Análisis de Sólidos solubles totales	58
Tabla 22. Resultados del análisis estadístico para la variable color	60
Tabla 23. Resultados del análisis estadístico para la variable color	62
Tabla 24. Resultados del análisis estadístico para la variable sabor.....	63
Tabla 25. Resultados del análisis estadístico para la variable textura	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mashua publicado por cultivos Andinos	4
Figura 2. Comportamiento de la absorbancia.....	11
Figura 3. Representación de color CIELAB	16
Figura 4. Carta psicométrica	18
Figura 5. Células integra, el agua se elimina por capilaridad	23
Figura 6. a) Eliminación del agua por capilaridad; b) Eliminación del agua por difusión.....	24
Figura 7. Periodos del secado	24
Figura 8. Determinación del color	36
Figura 9. Diagrama de bloques.....	39
Figura 10. Recepción de mashua	40
Figura 11. Selección y clasificación de mashua	40
Figura 12. Lavado y desinfección de mashua	41
Figura 13. Troceado de mashua.....	41
Figura 14. Pesado 1 de mashua deshidratar	42
Figura 15. Deshidratado de mashua.....	42
Figura 16. Pesado 2 de mashua en deshidratación	43
Figura 17. Envasado de mashua deshidratada.....	43
Figura 18. Representación gráfica de croma de mashua fresca.....	46
Figura 19. Curva de calibración	47
Figura 20. Prueba de Tukey al 5% actividad antioxidante.....	49
Figura 21. a) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T1, T2, T5, T6); b) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T3, T4, T7, T8).	51
Figura 22. Análisis de la humedad	53
Figura 23. Análisis Clustering de humedad de los mejores tratamientos	54
Figura 24. Análisis de pH.....	55
Figura 25. Análisis Clustering de pH de los mejores tratamientos	56
Figura 26. Análisis de Acidez titulable	57
Figura 27. Análisis Clustering de Acidez titulable de los mejores tratamientos...	57
Figura 28. Análisis de Sólidos solubles totales	59

Figura 29. Análisis Clustering de sólidos solubles totales de los mejores tratamientos	59
Figura 30. Resultado de mejores tratamientos por el análisis Clustering para color	61
Figura 31. Resultado de mejores tratamientos por análisis Clustering para aroma	62
Figura 32. Resultado de mejores tratamientos por Clustering para sabor	63
Figura 33. Resultado de mejores tratamientos por el análisis Clustering para textura.....	64
Figura 34. Balance de materiales.....	65

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de Análisis Físico Químico y Microbiológico de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Los objetivos planteados fueron: Determinar las características fisicoquímicas del tubérculo en fresco, evaluar el efecto del método de secado y espesor de la mashua morada sobre su actividad antioxidante el cual fue determinado por el método de DPPH (W. Brand-Williams, (1995) y Thaipong, (2006), y determinar fisicoquímica y organolépticamente (color, aroma, sabor y textura) el producto final. Para esto, se aplicó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial (AxBxC) con tres repeticiones con un total de veinticuatro unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: cualitativas y cuantitativas en donde intervinieron tres factores que son: espesor de corte (2 y 4mm), la temperatura de trabajo (35 y 45 °C) y velocidad de aire de secado (2 y 4m/s).

Las características fisicoquímicas de la mashua morada en fresco dieron como resultado que es un tubérculo de alto contenido de humedad, una actividad antioxidante de $13,01 \pm 0.1$ mMTrolox/100g de muestra, en función a las variables asociadas al color de la materia prima que se obtuvo por medio del equipo Espectrofotómetro de reflectancia, se determinó que la pulpa de la mashua es amarilla verdosa completamente clara. Una vez realizado la deshidratación por bandejas, se obtuvo que el mejor tratamiento es (T6) (espesor de corte de 4mm a una temperatura de 35°C y una velocidad de secado de 4 m/s), ya que posee una humedad 7,15%, sólidos solubles totales 48,43 °Brix, pH 5.70, acidez titulable 1,43 y mostrando una mayor retención de actividad antioxidante de 4,53 mMTrolox/100g de muestra; los análisis organolépticos de dicho tratamiento indican que conserva mejor sus propiedades cualitativas tales como color, aroma, sabor y textura característico de la mashua morada. Se puede afirmar que los factores analizados influyen en la propiedad funcional (actividad antioxidante) al igual que en las características fisicoquímicas y organolépticas.

Palabras clave: deshidratación por bandejas, mashua morada, hojuelas, capacidad antioxidante.

SUMMARY

The present investigation was developed in the laboratory of Physical and Chemical Microbiological Analysis of the Faculty of Engineering in Agricultural and Environmental Sciences. The proposed objectives were: To determine the physicochemical characteristics of the fresh tuber, to evaluate the effect of the drying method and thickness of the mashua abode on its antioxidant activity which was determined by the DPPH method (W. Brand-Williams, (1995) and Thaipong, (2006), and determine physicochemically and organoleptically (color, aroma, flavor and texture) the final product, for which a Completely Random Design was applied with factorial arrangement (AxBxC) with three repetitions with a total of twenty-four units. The variables evaluated were: qualitative and quantitative, where three factors intervened: cut thickness (2 and 4mm), working temperature (35 and 45 ° C) and drying air speed (2 and 4m / s).

The physicochemical characteristics of the fresh mashua morada gave as a result that it is a tuber with a high moisture content, an antioxidant activity of 13.01 ± 0.1 mM Trolox / 100g of sample, depending on the variables associated with the color of the raw material. It was obtained by means of the reflectance spectrophotometer equipment, it was determined that the pulp of the mashua is completely clear greenish yellow. Once the dehydration was done by trays, it was obtained that the best treatment is (T6) (cutting thickness of 4mm at a temperature of 35 ° C and a drying speed of 4 m / s), since it has a humidity of 7, 15%, total soluble solids 48.43 ° Brix, pH 5.70, titrable acidity 1.43 and showing a greater retention of antioxidant activity of 4.53 mM Trolox / 100g of sample; the organoleptic analyzes of said treatment indicate that it preserves better its qualitative properties such as color, aroma, flavor and texture characteristic of the mashua morada. It can be affirmed that the factors analyzed influence the functional property (antioxidant activity) as well as the physicochemical and organoleptic characteristics.

Key words: dehydration by trays, mashua puerple, flakes, antioxidant capacity.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

La mashua morada es un tubérculo andino cultivado desde la antigüedad en el Ecuador. La producción y consumo han quedado rezagados debido a la falta de conocimiento de sus propiedades funcionales, (entre ellas la actividad antioxidante), lo cual reduce su aprovechamiento.

Su poca industrialización, conduce también al escaso conocimiento del efecto que puede generar las distintas alternativas de tratamiento postcosecha, que pueden desarrollarse en el tubérculo; en búsqueda de conservar en mejor medida sus características funcionales y organolépticas. Por tanto, para la presente investigación se busca establecer parámetros óptimos de secado para minimizar la pérdida de la capacidad antioxidante.

Una posibilidad de conservación, así como de alternativa de consumo es la deshidratación del alimento, sin embargo, la influencia que genera este proceso en la actividad antioxidante del tubérculo, no se encuentra completamente especificada. De esta manera resulta necesario evaluar las posibles pérdidas que puedan existir en las propiedades funcionales del tubérculo sin menoscabar la posibilidad de ofrecer un bocadillo apetecible por sus propiedades organolépticas, ya que se trata de un producto perecible, el cual posee un tiempo de vida útil limitado. Por tanto, es necesario determinar y analizar una nueva alternativa agroindustrial, que ofrezca un producto en base a la Mashua morada, con la mejor conservación de sus propiedades funcionales y con propiedades organolépticas apetecibles.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La mashua morada es un tubérculo que posee propiedades funcionales, como su actividad antioxidante, pero que tiene poca difusión en el mercado ya que tiene como desventaja el poco conocimiento de tales propiedades. En tal sentido con la presente propuesta, se pretende ofrecer una alternativa de consumo que mantenga en mayor medida las características funcionales del producto en fresco, lo cual puede apoyar a incentivar el cultivo, así como el consumo de este tubérculo por sus diversos beneficios que aporta al organismo; y de esta manera aportar a la agroindustria con nuevos productos autóctonos de Ecuador, promoviendo la ingesta de un bocadillo apetecible organolépticamente.

Muchas propiedades medicinales son atribuidas a la mashua morada, ya que posee además de la actividad antioxidante, propiedades de gran importancia para la salud, siendo anticancerígena, diurética y previene enfermedades de próstata y riñones (Montes, y otros, 2015). Sus beneficios se ven degradados con el tiempo, ante la falta de métodos de conservación, con los cuales se puedan preservar estos componentes relevantes del tubérculo.

En este sentido, es importante desarrollar un estudio que brinde una metodología de deshidratación adecuada, la cual también sea un método de conservación del producto y evite la alteración microbiológica del mismo. (Milles, 2015). La presente investigación tiene como objetivo establecer parámetros óptimos de secado para minimizar las pérdidas de su actividad antioxidante y característica organoléptica, permitiendo obtener un producto final aceptable (Hojuelas deshidratadas de mashua morada) para el consumidor.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la deshidratación por secado de bandejas en Mashua morada *Tropaeolum tuberosum* sobre la conservación de sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas y actividad antioxidante.

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas del tubérculo en fresco.
- Evaluar el efecto del método de secado y espesor de la mashua morada sobre su actividad antioxidante.
- Determinar fisicoquímica y organolépticamente el producto final.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1.HIPÓTESIS NULA

El espesor de corte, temperatura y velocidad de aire de secado de la mashua morada no influyen sobre la conservación de las propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante del producto final.

1.4.2.HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El espesor de corte, temperatura y velocidad de aire de secado de la mashua morada influyen sobre la conservación de las propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante del producto final.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. MASHUA MORADA

Según Ames (2009) la mashua es otro cultivo muy arraigado en la zona andina que abarca desde Colombia hasta Chile, incluyendo el norte de Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú. Este cultivo rústico tolera temperaturas bajas y crece por las fuertes lluvias de la cordillera. Sus propiedades alimenticias ubican a la mashua en una posición importante porque contiene un 16% de proteína por peso fresco, según la variedad y también se menciona que posee propiedades medicinales.

2.1.1. MORFOLOGÍA

Manrique et al. (2013) establecen que la planta de mashua es una especie rústica, que puede crecer bien a temperaturas bajas y en suelos pobres sin necesidad de fertilizantes, además resiste insectos y varias plagas. Su ciclo de cultivo varía entre 6 y 9 meses, llegando a producir rendimientos superiores a las de otras tuberosas andinas, un ejemplo del mencionado tubérculo se muestra en la figura 1.



Figura 1. Mashua publicado por cultivos Andinos

Fuente: (FAO, 2008)

2.1.2. TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica de la mashua se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación botánica de la mashua

TAXONOMÍA	
Reino:	Plantae
Filo:	Angiospermae
Clase:	Dicotiledoneae
Orden:	Brassicales
Familia:	Tropaeolaceae
Género:	Tropaeolum
Especie:	T. Tuberosum Ruiz & Pav. 1802

Fuente: (FAO, 2008)

FAO (2008) en Ecuador se le conoce también a la mashua con el nombre común de: Añumajua, masua, mashua, mashwa y maxua.

2.1.3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.

La composición nutricional de la Mashua en 100g de materia seca se representa en la tabla 2.

Tabla 2. Composición nutricional de la Mashua morada.

Nutrientes	Unidades	Cantidad
Humedad	g	87.4
Proteína cruda	g	1.50
Grasa Total	g	0.70
Fibra	g	0.90
Minerales (Cenizas)	g	0.80
Azucares Totales	g	3.50
Azucares Reductores	g	2.90
Almidón	g	8.90
Energía	Kcal	50.0

Calcio	mg	12.0
Potasio	mg	1.50
Hierro	mg	1.0
Fosforo	mg	0.70
Vit. A (β -caroteno)	μ g	10.0
Tiamina	mg	0.10
Riboflavina	mg	0.12
Niacina	mg	0.67
Ácido Ascórbico	mg	77.50
Lisina	mg/g de proteína	69.0
Treonina	mg/g de proteína	46
Valina	mg/g de proteína	88
Isoleucina	mg/g de proteína	44
Leucina	mg/g de proteína	56
Tirosina	mg/g de proteína	62
Triptófano	mg/g de proteína	12
Cisteína	mg/g de proteína	29

Fuente: (Grau, 2003)

Establece Rivera (2005) que la mashua ha sido usada como medicina tradicional para la hipertrofia prostática (agrandamiento de la glándula de la próstata).

2.1.4. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO

Las condiciones óptimas para producir y cultivar de mashua morada, se asocian al suelo y al clima.

2.1.4.1.Suelos

Los sectores más adecuados para el cultivo de la mashua, se encuentran desde los 2400 a 3 700 metros sobre el nivel del mar, especialmente donde predominan los suelos 22 negro-andinos. Este cultivo prefiere suelos profundos y con un buen contenido de materia orgánica. (Valdivieso, 2007)

2.1.4.2.Clima

El área adecuada para el cultivo de la mashua, es la misma que se requiere para el cultivo de la papa, es decir con una temperatura media anual que fluctúe entre los 6° y 14° Celsius, con una precipitación lluviosa de alrededor de 700 a 1200 milímetros anuales (Valdivieso, 2007).

2.1.5. ÉPOCA DE SIEMBRAS Y VARIEDADES

2.1.5.1.Épocas de siembras

Las épocas de siembra más comunes para el cultivo de la mashua, son las siguientes:

- Siembra mayor: octubre a diciembre
- Siembra menor: mayo y junio

Se argumenta que la diversificación de las épocas de siembra, responden a una estrategia para evitar el daño que provocan las heladas que se hacen presentes entre los meses de julio, agosto y septiembre (CIP, 2009).

2.1.5.2.Variedades

Se han reconocido más de 100 variedades de mashua, existen colecciones de germoplasma en Ecuador y Perú. Por el color se reconocen muchas variedades como: blanca, amarilla, chaucha, morada y zapallo. La mashua blanca es una variedad rara, pequeña y precoz, la mashua amarilla tardía, es la más difundida y alcanza un tamaño mayor que la amarilla chaucha, para la cual se señalan virtudes medicinales, por lo que se la utiliza contra el “mal de próstata” (Valdivieso, 2007).

2.1.6. POSTCOSECHA

Después de la cosecha, los tubérculos de la mashua, deben ser sometidos a un minucioso proceso de selección y limpieza, antes de ser trasladados al mercado o a la agroindustria. Durante este proceso se seleccionará la semilla que será

utilizada para nuevas siembras (8-10 cm), procurando que esta, se encuentre íntegra y libre plagas (Espinoza, 2015).

2.1.7. SOLEADO

Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007) sostienen que algunos de los procesos de transformación tienen el objetivo de provocar cambios en la composición de nutrientes: un ejemplo es el soleado de ocas y mashua, lo que induce la transformación de parte de los almidones en azúcares.

2.1.1. COSECHA

La cosecha de la mashua, se produce a los 4 meses después de la siembra en suelos cuya ubicación no exceda los 2 900 metros sobre el nivel del mar y entre los 5-6 meses después de la siembra en suelos que se encuentran sobre los 2 900 metros sobre el nivel del mar. (Espinoza, 2015).

En las condiciones agroecológicas del sector Norte de la provincia de Cotopaxi, los rendimientos de la mashua, pueden llegar fácilmente a los 750 qq/ha (34.09 Tm/ha). Si el objetivo de la cosecha de mashua es para consumo inmediato, ésta se deberá hacer entre el tercer día de luna menguante, hasta el tercer día de luna nueva (noche oscura), pero si por el contrario la cosecha se va a destinar a semilla o almacenamiento, para su posterior procesamiento industrial, la cosecha se hará entre el cuarto día de luna creciente y el cuarto día de luna llena, pues en este estado el tubérculo tiene menos agua y hay menos riesgo de que se pudra (Espinoza, 2015).

2.2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Se conoce como actividad antioxidante total a la medición analítica de concentraciones de radicales de diferente naturaleza, en un sistema oxidativo controlado. En los alimentos de origen vegetal, se le atribuye esta capacidad a la presencia de compuestos fenólicos, especialmente a los flavonoides. De esta forma, los flavonoides interfieren en la formación y en las reacciones de

propagación de los radicales libres (Martínez, González , Culebras , & Tuñón, 2000).

Los antioxidantes se dividen en dos categorías que son: sintéticos y naturales. En general los antioxidantes sintéticos son compuestos de estructuras fenólicas, mientras que los antioxidantes naturales pueden ser: compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminos) o carotenoides, así como el ácido ascórbico (Zamora, 2009).

En la actualidad existe una gran cantidad de evidencias que muestran que las dietas ricas en frutas y verduras, que son ricas en antioxidantes, se asocian con una menor incidencia de la enfermedad cardiovascular. Este beneficio está relacionado con los niveles de vitaminas E, C y β caroteno (Frankel, 2012).

Los carotenoides, junto con las vitaminas C y E y los compuestos fenólicos, son los principales antioxidantes de los alimentos derivados de plantas. Como antioxidantes naturales, los carotenoides pueden mejorar la estabilidad y prolongar la vida de los alimentos. Esta actividad antioxidante es también usada en la prevención de enfermedades crónicas degenerativas (Shahidi, 2015).

Según Cuya (2009) “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 actividad antioxidante y que en términos de nutrición es excelente”.

Asimismo, Calsin, Aro, & Tipacti, (2016) afirman que la mashua presenta un alto contenido de compuestos antioxidantes, como fenólicos, antocianinas, carotenoides y capacidad antioxidante comparados a otros tubérculos andinos (papa, olluco, oca). Los fotoquímicos responsables de la capacidad antioxidante están relacionados con los compuestos fenólicos y carotenoides.

En la investigación realizada por Roca & Manrique (2005) señalan que existen cultivares que además de carbohidratos contienen compuestos químicos con

diferentes propiedades, como el caso del camote, las papas nativas, la mashua y la oca que tienen un alto contenido de actividad antioxidante, en la tabla 3 se describe la capacidad antioxidante de algunas raíces y tubérculos andinos.

Tabla 3. Actividad antioxidante de algunas raíces y tubérculos andinos.

Especie	$\mu\text{MTrolox/g bh}$
Camote	2119-15573
Papas nativas	2366-3499
Mashua	1179-10002
Oca	1738-8092
Yacón	832-5082
Olluco	432-1524

Fuente: (Roca & Manrique, 2005)

El contenido de compuestos fenólicos y antocianinas de la mashua es muy alto, sobre todo en los cultivares de pulpa púrpura o morada.

2.3.MÉTODO DPPH

Los radicales libres son protagonistas de numerosas enfermedades que provocan reacciones en cadena, estas reacciones solo son eliminadas por la acción de otras moléculas en estos procesos tóxicos en el organismo, los llamados sistemas antioxidantes defensivos (Céspedes & Sánchez , 2000).

Para evaluar actividad antioxidante se recurre a diferentes métodos, siendo uno de ellos el método DPPH, el cual determina actividades de captura del material radical, en presencia de una sustancia antioxidante, midiendo el potencial de inactivación de dicho radical en medio acuoso (HSEU, y otros, 2008).

Brand-Williams et al., (1995) y Thaipong, (2006) evaluaron la actividad de compuestos específicos o extractos usando el radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH•) en una solución metanólica. La reducción del DPPH• se monitorea por la disminución en la absorbancia a una longitud de onda. En su forma de radical libre, el DPPH• absorbe a 515 nm y cuando sufre reducción por un antioxidante, esta absorción desaparece. En consecuencia, la desaparición del DPPH• proporciona un índice para estimar la capacidad del compuesto de prueba para atrapar radicales.

2.4.FUNDAMENTOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA

La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis más usados, y se basa en la relación que existe entre la absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración. Cuando se hace incidir luz monocromática (de una sola longitud de onda) sobre un medio homogéneo, una parte de la luz incidente es absorbida por el medio y otra transmitida, como consecuencia de la intensidad del rayo de luz sea atenuada desde P_0 a P , siendo P_0 la intensidad de la luz incidente y P la intensidad del rayo de luz transmitido. Dependiendo del compuesto y el tipo de absorción a medir, la muestra puede estar en fase líquida, sólida o gaseosa. En las regiones visibles y ultravioleta del espectro electromagnético, la muestra es generalmente disuelta para formar una solución (Díaz et al., 2016).

2.4.1. ABSORBANCIA

Cada sustancia tiene su propio espectro de absorción, el cual es una curva que muestra la cantidad de energía radiante absorbida por la sustancia en cada longitud de onda del espectro electromagnético, es decir, a una determinada longitud de onda de la energía radiante, cada sustancia absorbe una cantidad de radiación que es distinta a la que absorbe otro compuesto figura 2 (Moreno, 2015).



Figura 2. Comportamiento de la absorbancia

Fuente: (Moreno, 2015)

2.5. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES

Los principales compuestos antioxidantes son los fenoles, el ácido ascórbico, carotenoides y tocofenoles.

2.5.1. FENOLES

Los fenoles son compuestos químicos que se encuentran ampliamente distribuidos en las frutas y vegetales. Originan una de las clases más importantes de metabolitos secundarios de la fenilalanina y en menor cantidad de la tirosina. Estos compuestos constituyen un amplio grupo de sustancias, presentes en las plantas con diferentes estructuras químicas y actividad metabólica (Cabrera, Salinas, Velázquez, & Espinosa, 2009).

2.5.2. ÁCIDO ASCÓRBICO O VITAMINA C

El ácido ascórbico tiene múltiples funciones como un antioxidante soluble en agua, un agente reductor fuerte, un peroxidante y un quelante de metales. Al igual que los tocoferoles, el ácido ascórbico puede presentar diferentes efectos antioxidantes incluso en el mismo sistema de alimentos. El ácido ascórbico se oxida fácilmente en ácido dehidroascorbico, de acuerdo con los mecanismos que dependen de pH, metales, la presión de oxígeno y la actividad de agua. La cantidad diaria recomendada de vitamina C para las personas es de 70 a 90mg por día. Entre varias funciones biológicas reconocidas, el ácido ascórbico es un inhibidor eficaz de oxígeno y nitrógeno (Frankel, 2012).

2.5.3. CAROTENOIDES

Las frutas y las hortalizas son una rica fuente de carotenoides que proporcionan beneficios para la salud debido a que disminuyen el riesgo enfermedades como oculares, problemas cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Vitale, 2010). Los carotenoides son el más amplio grupo de pigmentos en la naturaleza, presentes en todos los organismos fotosintéticos y son los responsables de los colores amarillos a rojos de las frutas (Helen, 2011).

Los carotenoides son tetraterpenoides que se encuentran en la naturaleza como pigmentos naturales liposolubles en numerosas frutas y verduras debido a que poseen una larga cadena poli-isoprénica (Vitale, 2010).

2.5.4. VITAMINA E

La vitamina E agrupa diferentes compuestos como tocoferoles y los tocotrienoles. El más importante en la especie humana es el RRR- α -tocoferol. La vitamina E consta principalmente de 2 partes: el anillo cromano y una larga cadena lateral. La reactividad de la vitamina E con los radicales orgánicos piróxilos se asocia con las propiedades redox del anillo cromano la cual es la responsable de su capacidad antioxidante. La vitamina funciona como un antioxidante que protege a los lípidos del ataque por los radicales libres (Fernández, 2002).

2.6. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE LA MASHUA

2.6.1. CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

En la investigación realizada por Campos, C. J. (2011) asevera que los compuestos fenólicos totales de la mashua se encuentran en un rango de 0,92 a 3,37 mg/g, obteniendo como resultado que los genotipos de mashua de color púrpura, presentaron alto contenido de compuestos fenólicos totales, mientras que los genotipos de mashua color amarillo presentaron bajo contenido de compuestos fenólicos totales.

2.6.2. ANTOCIANINAS TOTALES

Las antocianinas totales de los tubérculos de mashua parecen tener un componente significativo de compuestos fenólicos totales en los genotipos pigmentados. Por ejemplo, la relación de las antocianinas totales y el contenido de compuestos fenólicos totales, se encuentra entre 0,3 y 0,67 gm/g Campos, C. J. (2011). La mayor cantidad del contenido de antocianinas fueron encontrados a 7 y 7,5 meses que otras etapas de maduración (Chirinos et al., 2008).

2.6.3. CAROTENOIDES TOTALES

Campos et al. (2006) mencionan que los tubérculos de mashua contienen carotenoides totales que se encuentran en un rango de 1 a 25 $\mu\text{g}\beta$ -caroteno/g. Los

contenidos de carotenoides de los tubérculos de mashua son relativamente elevados comparado con la papa comercial y papas nativas. Los altos valores de carotenoides totales fueron siempre observados en los cultivares con bajo contenido fenólico. Un incremento gradual en el contenido de carotenoides fue observado durante el desarrollo del tubérculo entre los cultivares amarillos y el cultivar púrpura, los valores altos se obtienen en maduración completa.

2.6.4. RELACIONES ENTRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante hidrofílica de la mashua, está relacionada con el contenido de antocianinas totales y contenido de compuestos fenólicos totales. La baja correlación de antocianinas totales con capacidad antioxidante hidrofílica ($r=0,48$, $p= 0,11$); y la alta correlación entre contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante hidrofílica ($r = 0,84$; $p= 0,00$), se debe a la presencia de diferentes compuestos fenólicos en los tubérculos de mashua (Campos et al., 2006).

“Los procesos de post-cosecha, como el secado, corte, almacenamiento, envasado, fermentación, y la cocina, etc. podría afectar a la composición de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de los alimentos” (Shofian, y otros, 2011). Por otra parte, Valero, Colina & Ineichen, (2012) consideran “que el tratamiento térmico es una de las principales causas del cambio en el contenido de antioxidantes naturales en los alimentos”.

2.7. COLOR

El color es una respuesta mental o de percepción del espectro visible de la luz que es reflejada o emitida por un objeto, dicha señal de respuesta interactúa con la retina ubicada en el ojo y se transmite al cerebro por el nervio óptico, esta acción hace que los humanos asignen los colores a esta señal (Wu & Sun, 2013).

El color como sustancia, no existe, es un efecto óptico en el que intervienen procesos fisiológicos, físicos y químicos (Castañeda, 2005). Por lo tanto, el color no es una propiedad intrínseca o propia del objeto, ya que si se cambia la fuente de luz, el color del objeto también cambia (Wu & Sun, 2013). La sensación de color depende de factores como: el objeto, el observador e iluminante, la geometría, el área, superficie, brillo, temperatura, entre otros (Castañeda, 2005; Delmoro et al., 2010; Wu & Sun, 2013). Los pigmentos responsables de los colores que se observan están presentes en organismos vivos, principalmente en las plantas, encontrándose en hojas, frutas, verduras y flores, igualmente se encuentran en la piel, ojos y diferentes estructuras de origen animal, además en bacterias y hongos (Delgado, Jiménez, & Paredes, 2000).

En las frutas y vegetales, el color se debe principalmente a tres familias de pigmentos que son: clorofilas, antocianinas y carotenoides, responsables de la coloración verde, de azul a violeta y de rojo a amarillo, respectivamente (Mínguez, Pérez, & Horne, 2005).

Los atributos del color se pueden cuantificar fácilmente con instrumentos de medición incluyendo espectrofotómetros y colorímetros. Estos equipos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores de acuerdo al sistema CIELAB, el cual fue desarrollado por la CIE en el año 1976 para lograr una mejora en la representación del color, se considera el modelo de color más completo, se usa ampliamente para describir los colores que puede percibir el ojo humano (Illumination, 2004). El modelo $L^*a^*b^*$ determina el color de acuerdo a la posición en el espacio en tres dimensiones (3D) (Noor, Mokhtar, Rafiqul, & Pramod, 2012).

El componente L^* corresponde a la luminosidad del color ($L=0$ significa negro, $L=100$ significa blanco), a^* es el croma donde los valores positivos corresponden a rojo y los negativos al color verde, b^* es el tono para este componente los valores positivos corresponden a amarillo y aquellos valores negativos se refieren a azul, a^* y b^* son los dos componentes cromáticos cuyos valores van desde 0 a

100, esta representación se puede observar en la figura 3 (International Commission on Illumination, 2004; Noor et al., 2012).

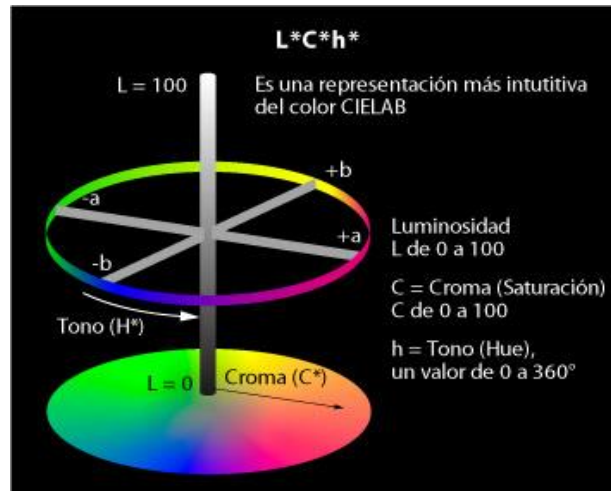


Figura 3. Representación de color CIELAB

Fuente: (Noor, Mokhtar, Rafiqul, & Pramod, 2012)

2.8. DESHIDRATACIÓN

Según Chacón (2006) la deshidratación de frutas es la disminución o pérdida de agua en los tejidos del alimento. El deshidratado implica el control de las condiciones climáticas dentro de una cámara con condiciones sanitarias controlables, a diferencia de un secador solar.

El deshidratado requiere tres parámetros fundamentales:

- a) Adición de energía, La cual calienta el producto y convierte el agua a vapor.
- b) La capacidad del aire de secado de absorber el vapor de agua producido por el producto. Esta capacidad depende del porcentaje de humedad y temperatura del aire.
- c) La velocidad del aire sobre la superficie del producto debe ser alta principalmente al inicio del proceso de deshidratado, con el objetivo de secar la humedad rápidamente.

Chacón (2006) establece que el secado debe ser rápido para evitar que el producto se enmohezca, pero no muy rápido ya que causaría la formación de una capa dura en la superficie, ni con temperaturas muy altas que puedan dañar y quemar el producto.

2.8.1. PROCESO DE SECADO

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

2.8.2. ACTIVIDAD DE AGUA

Uno de los parámetros importantes en la deshidratación de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. Por definición, la actividad de agua es la humedad relativa de equilibrio dividida por 100 (Singh, 2009).

2.8.3. HUMEDAD DE EQUILIBRIO

Es aquella humedad límite del sólido que alcanza cuando se encuentra en contacto durante un tiempo suficiente con aire de temperatura y humedad determinadas y constantes; es decir el sólido al estar inmerso en este ambiente alcanza las condiciones de equilibrio entre el sólido húmedo y el aire que lo rodea (Colina, 2010).

2.8.4. PSICROMETRÍA Y CARTA PSICOMÉTRICA

Según la Universidad de Chile (2012) establece que la concentración de vapor de agua en un gas se denomina humedad del gas. La humedad puede ser expresada de varias maneras dependiendo de la información requerida.

Cuando un sólido húmedo se pone en contacto con aire de menor humedad que la correspondiente al contenido de humedad del sólido, este tiende a perder humedad y secarse hasta alcanzar equilibrio con el aire. Al revés, cuando el aire es más

húmedo que el sólido con el que está en contacto, el sólido absorbe humedad del aire hasta que se alcanza el equilibrio (Fellows, 2007).

Un factor crítico en las operaciones de secado es la capacidad de arrastrar vapor del aire, nitrógeno u otra corriente de gas que pasa sobre el material a secar. Esta capacidad de arrastre determina no solo la velocidad de secado, sino también el fin del secado, es decir el menor contenido de humedad al cual un material dado puede ser secado (Ezpinoza, 2013).

2.8.5. CARTA PSICOMÉTRICA

Las características de humedad del aire se describen mejor gráficamente en la llamada carta psicométrica o carta de humedad. Esta carta presenta una formidable visión debido a la gran información presentada en una pequeña área. Un ejemplo de una carta psicométrica se muestra en la figura 4.

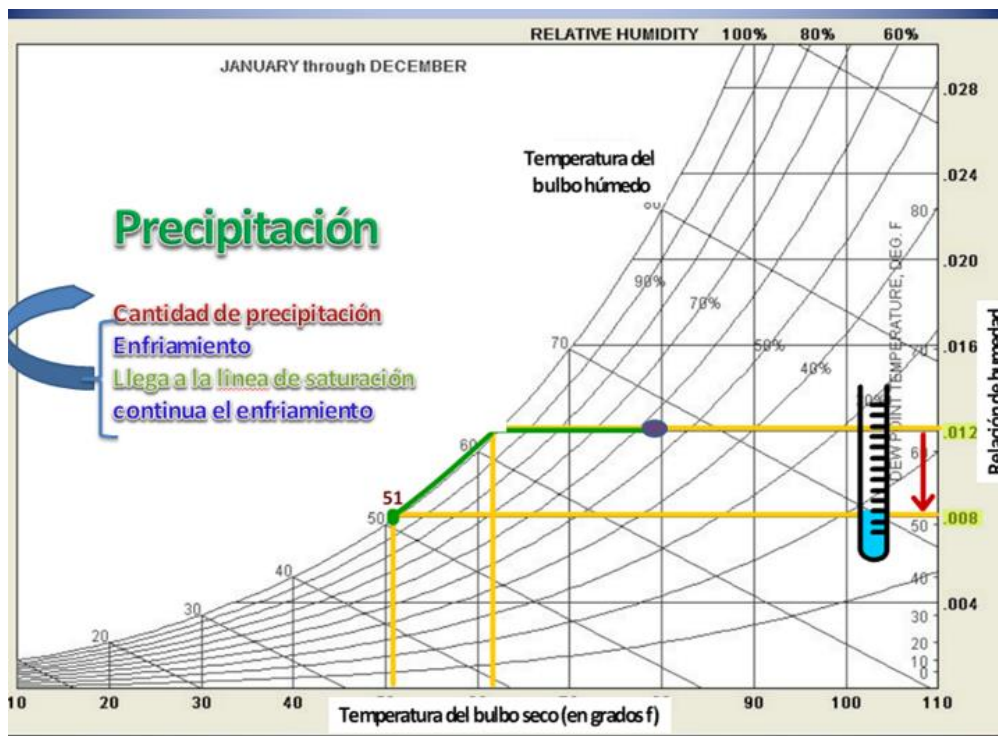


Figura 4. Carta psicométrica

Fuente: (Chile, 2012)

2.8.6. SELECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL ALIMENTO ANTES DE LA DESHIDRATACIÓN

Los alimentos que se someten a deshidratación, deben ser sujetos a ciertos parámetros de selección y acondicionamiento, las cuales implican lo siguiente:

2.8.6.1. Selección de la materia prima

En las frutas y hortalizas deben seleccionarse según la variedad y el estado de madurez, en la primera puede depender de características física, químicas o sensoriales y en la segunda dependiendo del producto que se va a obtener ya sea en trozos, hojuelas o bien polvo o escamas. Cuando se deshidratan frutas enteras o segmentos de ellas, la textura debe ser lo suficientemente rígida como para soportar el proceso de deshidratación, por lo que deben deshidratarse frutas en estado de madurez poco avanzado, pero cuando se desea deshidratar jugos o purés, debe utilizarse un estado de madurez más avanzado que proporcione óptimas características de olor y sabor (Colina, 2010).

2.8.6.2. Acondicionamiento

Utilizar operaciones previas como la limpieza de la materia prima, en algunos alimentos se puede eliminar la piel o cascara, la eliminación de semillas, el troceado y el despulpado. Además, algunos alimentos necesitan de pretratamientos, los cuales ayudan a mejorar la calidad del producto terminado, entre ellos tenemos; sulfitaciones, soluciones de calcio, antioxidantes y el escaldado. (Casp & Abril, 2003).

2.8.7. NATURALEZA DEL AGUA DE UN ALIMENTO

El agua contenida en los alimentos se clasifica en tres tipos de agua, agua ligada, débilmente ligada y agua libre.

2.8.7.1. Agua ligada

Las moléculas de agua están unidas a grupos iónicos, tales como grupos carboxílicos y grupos amino. Esta agua se comporta en la práctica como parte integrante del sólido aunque puede ser en cierta medida retirada mediante algunas técnicas de desecación, no puede ser congelada y no puede participar en reacciones químicas (Colina, 2010).

2.8.7.2. Agua débilmente ligada

Las moléculas de agua están ligadas más débilmente. Además, la entalpía de vaporización es ligeramente superior a la del agua pura. Por lo tanto, esta agua está disponible para algunas reacciones bioquímicas (Casp & Abril, 2003).

2.8.7.3. Agua Libre

Es agua retenida físicamente por las membranas celulares, además de que se comporta como agua pura. El agua libre se puede intercambiar rápidamente con el agua débilmente ligada no pudiendo establecerse con precisión el límite entre ambas (Colina, 2010; Rodríguez & Magro, 2008).

2.9. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO

2.9.1. TEMPERATURA DEL AIRE

En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso (Singh, 2009).

El procesamiento térmico de vegetales y frutas provoca importantes cambios en el contenido de los compuestos bioactivos y su actividad antioxidante. De igual manera el prolongado tiempo de secado afecta al contenido de poli fenoles totales lo cual puede deberse a la oxidación enzimática (Valero, 2012).

Existen diversos niveles de temperatura que se mantienen durante el proceso de secado como:

- Temperatura de bulbo seco: Es aquella del ambiente, la cual se mide con instrumentación ordinaria como un termómetro de mercurio.
- Temperatura de bulbo húmedo: Si la masa de aire entra en contacto con el agua en condiciones adiabáticas la humedad del aire incrementa hasta que la saturación es alcanzada. Dado que no hay fuente externa de calor el agua se evapora utilizando calor desde el propio aire (Berk, 2013).

2.9.2. HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación del vapor de agua a la misma temperatura. Cuando el aire contiene su máxima capacidad se trata de un aire completamente saturado y por lo tanto incapaz de absorber más humedad (Singh, 2009).

La humedad del aire saturado es el aire en equilibrio con agua líquida pura a una temperatura dada. Por consiguiente, la presión de vapor parcial del vapor de agua en el aire es igual a la presión de vapor del agua líquida a la misma temperatura (Berk, 2013).

2.9.3. VELOCIDAD DEL AIRE

La velocidad del aire dentro del secador tiene como función transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación y en segundo lugar transportar la humedad saliente del material (Singh, 2009).

Durante las primeras etapas de secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación del aire fuerte y regular (Singh, 2009).

2.9.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Algunos solutos como azúcares, almidones, gomas, proteínas y sales, interactúan con el agua del alimento, disminuyendo la velocidad de transporte de agua y por consiguiente la velocidad de deshidratación (Colina, 2010).

2.9.5. ESTRUCTURA CELULAR

En la mayoría de los alimentos un fragmento del agua está contenido dentro de las células (agua intracelular) y el resto del agua se encuentra fuera de ellas (agua intercelular). La primera es más difícil de remover, ya que debe difundirse a través de la membrana celular. El escaldado puede romper las estructuras celulares y facilitar la migración del agua, pero puede provocar un producto deshidratado con una baja calidad e incluso inaceptable (Colina, 2010).

2.10. CAMBIOS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN

El secado de los alimentos disminuye la actividad de agua (A_w), evitando el crecimiento de microorganismos como bacterias, levaduras y hongos. Durante y después del secado de los alimentos ocurren cambios químicos, físicos y organolépticos, tales como la reducción de la actividad de agua, reducción de la actividad enzimática, degradación de vitaminas hidrosolubles, oxidación de lípidos y desnaturalización de proteínas; el cambio físico más marcado es la reducción de peso y volumen, la cual facilita el transporte y almacenamiento de los alimentos (Díaz, 2010).

2.10.1. FORMA Y TAMAÑO DEL PRODUCTO

Cuando los alimentos se rebanan o cortan en finos segmentos aumenta su área superficial y esto facilita la deshidratación, ya que disminuye el grosor del producto y, por tanto, se reduce la distancia entre cualquier punto interno del alimento y la superficie (Colina, 2010).

2.11. TRANSFERENCIA DE MASA POR CONVECCIÓN

Cuando en el transporte de un componente participa la convección. El flujo másico del componente será mayor que si este transporte ocurriera exclusivamente por difusión molecular. Esta transferencia de masa por convección ocurre en líquidos, gases y en el interior de la estructura porosa de un sólido poroso. (Singh, 2009)

2.12. MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DEL AGUA EN ALIMENTOS

Colina (2010) da a conocer que la eliminación de agua en productos ya sea en piezas de tejido animal y vegetal, se da por movimientos complejos que incluyen fuerzas capilares, difusión del líquido debido a gradientes de concentración y difusión superficial, entre otros. Además, durante el proceso de deshidratación, el producto puede presentar posibles cambios en las propiedades físicas y químicas. En la figura 5 se observa la migración de agua por capilaridad en la deshidratación.



Figura 5. Células enteras, el agua se elimina por capilaridad

Fuente: (Colina, 2010)

A medida que el agua se elimina de la superficie húmeda, los poros y capilares disminuyen llegando a que los elementos estructurales del sólido se junten. Los elementos estructurales del producto se encogen a medida que se evapora más

agua, provocando la reducción de los capilares. Por lo tanto, el agua empieza a moverse de una mayor concentración hacia una con menor concentración, es lo que se denomina como difusión molecular. En la figura 6 se observa la migración de agua en las últimas etapas de la deshidratación, cuando las células están ligeramente compactadas aún puede eliminarse por capilaridad o cuando las células se deforman la eliminación del agua será por difusión.

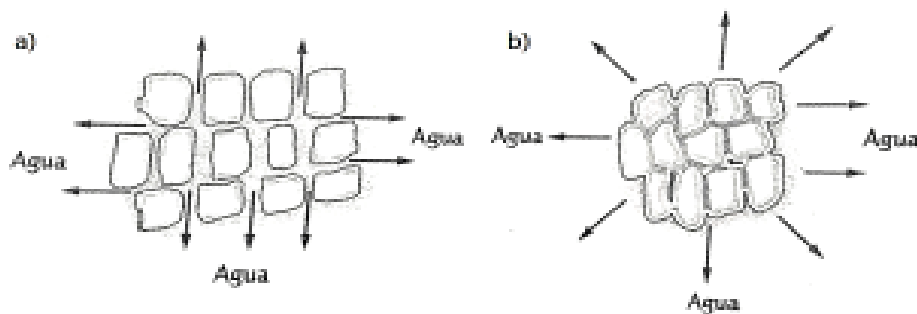


Figura 6. a) Eliminación del agua por capilaridad; b) Eliminación del agua por difusión.

Fuente: (Colina, 2010)

2.13. PERIODOS DE SECADO

Según Casp & Abril (2003) el proceso de secado está normalmente dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente. En la figura 7 se muestra la curva de secado obtenida cuando se representa el contenido de humedad contra el tiempo de secado.

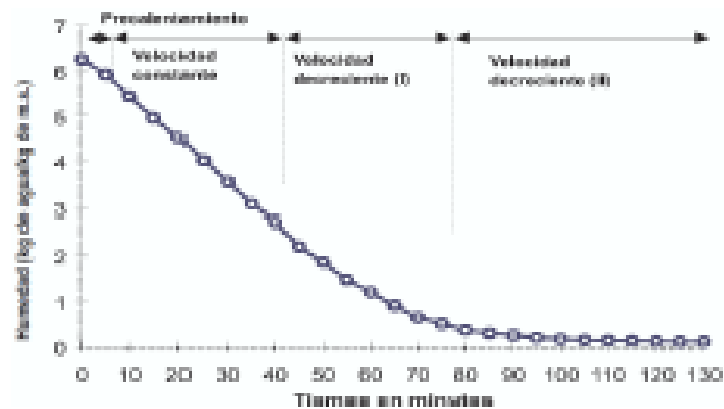


Figura 7. Periodos del secado

Fuente: (Casp & Abril, 2003)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN

En la tabla 4 se observa la ubicación del área de estudio.

Tabla 4. Ubicación del área de estudio.

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Sagrario
Lugar	Laboratorio de análisis físico químicos y microbiológicos – FICAYA – UTN

3.1.2. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El desarrollo del experimento se llevó a cabo en el laboratorio de análisis físico químico y microbiológico de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte (UTN), ubicado en la ciudadela universitaria Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova, Ibarra, Imbabura, CP 100105, Ecuador.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Las características climatológicas se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Características Climatológicas.

Altitud	2256 m.s.n.m
Temperatura	21 °C
Humedad relativa promedio	73%
Latitud	0°20' Norte

Fuente: (INAMHI, 2017)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)
- Agua destilada
- Metanol
- Ácido gálico
- Trolox
- Na₂CO₃
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

3.2.2. LABORATORIO

- Matraces
- Erlenmeyer
- Probetas
- Micro pipetas
- Pipetas

3.2.3. EQUIPOS

- Secador de bandejas
- Refractómetro
- Calibrador pie de rey
- Balanzas
- Espectrofotómetro
- Selladora al vacío
- Refrigerador
- pH metro

3.2.4. MATERIALES

- Bandejas
- Jarras
- Tinas plásticas

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores en estudio se determinaron según pruebas preliminares y están dados por; el espesor de corte de la mashua, la temperatura propuesta y la velocidad de aire de secado. Los niveles del espesor de corte de la mashua utilizado en la presente investigación se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Espesor de corte de la Mashua.

FACTOR A	
Simbología	Espesor de corte
A1	2 mm
A2	4 mm

Los niveles de temperatura del deshidratador utilizado en la presente investigación se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Temperatura de secado.

FACTOR B	
Simbología	Temperatura de secado
B1	35 °C
B2	45 °C

Los niveles de velocidad de aire de secado del deshidratador utilizado en la presente investigación se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Velocidad de aire de secado.

FACTOR C	
Simbología	Velocidad de aire de secado
C1	2 m/s
C2	4 m/s

3.3.2. TRATAMIENTOS

Los tratamientos respectivos se expresan en la Tabla 9, luego de la combinación de los niveles antes descritos.

Tabla 9. Tratamientos

TRATAMIENTOS	AxBxC	DESCRIPCIÓN
T1	A1B1C1	2mm Espesor+35°C+2m/s velocidad de aire de secado
T2	A1B1C2	2mm Espesor+35°C+4m/s velocidad de aire de secado
T3	A1B2C1	2mm Espesor+45°C+2m/s velocidad de aire de secado
T4	A1B2C2	2mm Espesor+45°C+4m/s velocidad de aire de secado
T5	A2B1C1	4mm Espesor+35°C+2m/s velocidad de aire de secado
T6	A2B1C2	4mm Espesor+35°C+4m/s velocidad de aire de secado
T7	A2B2C1	4mm Espesor+45°C+2m/s velocidad de aire de secado
T8	A2B2C2	4mm Espesor+45°C+4m/s velocidad de aire de secado

3.3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó para la presente investigación un Diseño Completamente al Azar con arreglo Factorial AxBxC donde el factor A es el Espesor de la mashua morada, el factor B es la Temperatura de secado y el factor C es la Velocidad de aire de secado.

3.3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

La presente investigación fue descrita por las siguientes características del experimento:

- TRATAMIENTOS: Ocho (8)

- REPETICIONES: Tres (3)
- NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES: Veinticuatro (24)

3.3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estará constituida de 1000 g mashua morada.

3.3.6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El esquema del análisis estadístico se expresa en la Tabla 10.

Tabla 10. Esquema del ADEVA

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	23
Tratamientos	7
Factor A	1
Factor B	1
Factor C	1
Interacción (AxB)	1
Interacción (AxC)	1
Interacción (BxC)	1
Error experimental	16

3.3.7. ANÁLISIS FUNCIONAL

Para el análisis funcional se utilizó el programa estadístico InfoStat, se aplicó la prueba de Friedman, para analizar las variables no paramétricas como: Textura, Olor, Sabor y Color. En caso de detectarse diferencia entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey 5%.

3.4. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.4.1. VARIABLES CUANTITATIVAS

Las variables cuantitativas se realizaron al inicio de la investigación para caracterizar a la mashua como materia en fresco.

3.4.1.1. Caracterización de la materia prima

En la tabla 11 se aprecia las características fisicoquímicas del tubérculo mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*), las cuales se evaluaron en la presente investigación.

Tabla 11. Análisis fisicoquímico para Mashua

ANÁLISIS	MÉTODO DE ENSAYO/ EQUIPO
Humedad	AOAC 925.10 (Gaithersburg, 2005)
Proteína	AOAC 920.87 (Bernal, 2012)
Ceniza	AOAC 923.03 (Negrete, 2009).
pH	AOAC 981.12 (Henshall, 2012)
Fibra	AOAC 978.10 (Zhang, 2011)
Extracto etéreo	AOAC 928.84 (Gaithersburg, 2005)
Sólidos solubles totales (°Brix)	AOAC 932.14 (Henshall, 2012)
Acidez Titulable	AOAC 964.07 (Henshall, 2012)
Actividad Antioxidante	DPPH (W. Brand-Williams, (1995) y Thaipong, (2006))
Color	Espectrofotómetro de reflectancia (Valero, 2013)

3.4.1.2. Determinación de Humedad

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor que produce la estufa. La cantidad de material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca. Se pesó aproximadamente 10 gramos de mashua fresca y se colocó sobre crisoles, previamente esterilizadas, se colocó en la estufa a 105 °C durante 8 horas, se sacó la muestra y se colocó en un desecador, se dejó enfriar y se pesó y se expresó en gramos para después determinar el porcentaje. (Gaithersburg, 2005). Las ecuaciones (1) y (2) permitieron calcular la humedad y la materia seca de la mashua.

$$\text{Humedad (\%)} = \left[\frac{(P2-P1)-(P3-P1)}{(P2-P1)} \right] * 100 \quad (1)$$

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - \text{Humedad (\%)} \quad (2)$$

Dónde:

P1= Peso del crisol vacío (g).

P2= Peso del crisol con la muestra húmeda (g).

P3= Peso del crisol con la muestra seca (g).

3.4.1.3. Determinación de Proteína

Se utilizó el método de Kjeldahl, para determinar la proteína (Bernal, 2012), se realizó la trituración de la muestra, se homogenizó y se mezcló, se pesó entre 1 y 2 gramos de Mashua. Se tomó una muestra la cual contenía 5 mg de nitrógeno.

Luego se añadió entre 10 y 15 ml (tubo macro) de H₂SO₄ 96-98% y 1 tableta (8 mg) de catalizador. Se montó un sistema para la extracción de humos o scrubber con Na₂CO₃ se realizó la digestión en tres pasos:

- En función del contenido de agua de la muestra, empezar la digestión evaporando agua a 150 °C entre 15 y 30 minutos (Ariza, 2012).
- Realizar un segundo paso entre 270 y 300 °C entre 15 o 30 minutos para reducir la producción de humos blancos (Ariza, 2012).
- Continuar la digestión a 400 °C entre 60 y 90 minutos (Ariza, 2012).

La ecuación (3) permitió calcular el contenido de proteína de la mashua morada.

$$\text{Contenido de proteína} = [\text{Contenido de nitrógeno orgánico} * 6.25] \quad (3)$$

3.4.1.4. Determinación de Ceniza

Para la determinación de ceniza se utilizó el método gravimétrico, se colocó la muestra (mashua) en un crisol de porcelana, perfectamente limpio, introduciéndolo a la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, durante una hora; se extrajo el crisol de la mufla y se introdujo en la estufa a $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante al menos 15 minutos. Se pesó el crisol y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. (Negrete, 2009).

Se determinó la masa del crisol en balanza analítica con aproximación de miligramos. Se registró el dato como A, se tomó una muestra representativa de dos gramos previamente secada y se determinó la masa del crisol con la muestra en balanza analítica con aproximación a miligramos. Se registró el dato como B, se incinero la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol estén blancas. (Negrete, 2009).

Se introdujo el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, durante una hora; se extrajo el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante al menos 15 minutos. Se pasó el crisol al desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se determinó el peso del crisol y del espécimen calcinado en balanza analítica con aproximación de miligramos, se registró el valor como C (Negrete, 2009). La ecuación (4) permitió calcular el porcentaje de ceniza de la mashua morada.

$$\text{Cenizas (\%)} = \left[\frac{C-A}{B-A} \right] * 100 \quad (4)$$

Dónde:

A= masa del crisol vacío en gramos

B= masa del crisol y la muestra seca en gramos

C= masa del crisol y la muestra calcinada en gramos

3.4.1.5. Determinación de pH

El pH se determinó mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) calibrado con un beffer de pH 4 y 7 en 20 ml de muestra (Mashua) triturada. (Henshall, 2012).

3.4.1.6. Determinación de Fibra

Se determinó mediante el método AOAC 978.10-1979. Se pesó con aproximadamente 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada y seca, se colocó en el matraz y se adicionó 200ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición. (FAO, 2009)

Se colocó el condensador y se llevó a ebullición por un minuto. Se dejó hervir exactamente por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas en las paredes. (FAO, 2009).

Se instaló el embudo Buchner con papel filtro y precalentando con agua hirviendo. Al término del tiempo de ebullición, se retiró el matraz, dejando reposar por un minuto y filtrando cuidadosamente usando succión; la filtración se realizó en menos de 10 min. Se lavó el papel filtro con agua hirviendo, transfiriendo el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y se dejó hervir por 30 min. (FAO, 2009).

Se precalentó el crisol de filtración con agua hirviendo y se filtró cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min. Se lavó el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Se colocó el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y se colocó en el desecador. Se pesó rápidamente los crisoles con el residuo y se colocó en la mufla a 550°C por 3 horas, se dejó enfriar en un desecador y se pesó nuevamente (FAO, 2009). La ecuación (5) permitió calcular el porcentaje de fibra cruda de la mashua morada.

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = 100 ((A-B)/C) \quad (5)$$

Dónde:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

3.4.1.7. Determinación de Extracto Etéreo

Se determinó el extracto etéreo mediante el método Soxhlet, siendo un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el alimento. Se lavó los balones y se llevó a la estufa a 105°C por dos horas, se retiró los balones en el desecador, se enfrió, se pesó y se añadió 200 ml de hexano, se pesó de 1 a 2 gramos de muestra, se mezcló con 2 a 3 gramos de sulfato de sodio anhídrido, se colocó en un dedal limpio y se tapó con algodón. Se depositó el dedal con la muestra en el equipo Soxhlet se conectó al calentador y se abrió el agua para el refrigerante, se efectuó la extracción durante 6 a 7 horas (Gaithersburg, 2005). La ecuación (6) permitió calcular el extracto etéreo de la mashua morada.

$$E E = \left[\frac{Pbr - Pb}{Pm} \right] * 100 \quad (6)$$

Dónde:

EE = Porcentaje de extracto etéreo.

Pb = Peso del balón.

Pbr = Peso del balón más residuo.

Pm = Peso de la muestra.

3.4.1.8. Determinación de Sólidos solubles totales °Brix

Los sólidos solubles se midieron de acuerdo al método AOAC 932.14-1980 (Henshall, 2012). Se colocó tres gotas de muestra de Mashua no diluida en el

refractómetro de mesa (modelo 1310499), el cual se calibró con agua destilada. Los resultados se expresaron en °Brix.

3.4.1.9. Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC 964.07-1990 (Henshall, 2012). En 5 ml de muestra se adicionó 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se añadió 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Se tituló la solución con hidróxido de sodio 0,1 N hasta el cambio de color a rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína (8,3 – 8,6). La ecuación (7) permitió determinar el porcentaje de acidez titulable.

$$\text{Acidez Titulable (\%)} = \left[\frac{V_{\text{NaOH}} * N * \text{meq} * V_t}{P_m (g) * V_a (ml)} \right] * 100 \quad (7)$$

Dónde:

V_{NaOH} = volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación.

N = Normalidad de hidróxido de sodio.

meq = mili equivalentes del ácido predominante, principalmente. Cítrico 0,067.
Tartárico 0,075.

V_t = Volumen final.

P_m = Peso de la muestra.

V_a = Volumen de la alícuota.

3.4.1.10. Determinación del método DPPH

Se aplicó el método desarrollado por DPPH (W. Brand-Williams, (1995) y Thaipong, (2006)), el cual se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH•, por antioxidantes; que consistió en la medida de la absorbancia del radical DPPH• 100 µM (3,9 mL) disuelto en metanol al 80 %. Se añadió 0,1 mL de la muestra o estándar, la mezcla se homogenizó cuidadosamente, y se mantuvo en la oscuridad durante 30 minutos. Las medidas

de absorbancia a 515 nm se realizó antes de añadir la muestra inicial pasado los 30 la muestra final. La concentración de DPPH• en el medio de reacción se calculó a partir de una curva de calibración obtenida por regresión lineal. Los resultados se expresaron en actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC). El antioxidante sintético de referencia Trolox, a una concentración de (0,08 - 1,28 mM) en disolución de metanol al 80%, se ensayó en las mismas condiciones.

3.4.1.11. Determinación del Color del tubérculo

Para la medición del color del tubérculo se realizó cuatro cortes de 1 cm de diámetro de diferentes partes de la superficie de la mashua, los cuales se colocaron en el espectrofotómetro para la medición.

El color se midió utilizando el espectrofotómetro de reflectancia con esferas de doble haz (modelo Specord 250 plus) en la escala CIE L*a*b, con el iluminante C y ángulo estándar de observador de 2°. Donde se obtuvo coordenadas L*a*b siendo así; L* representa la luminosidad, que tiene un valor en el intervalo de 0-100, siendo 0 negro y 100 blanco, a* representa una variación de color verde a rojo y b* representa la variación de azul- amarillo, ver figura 8 (Valero, 2013).

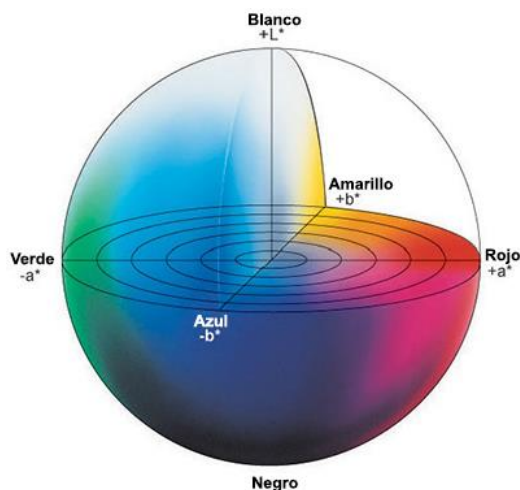


Figura 8. Determinación del color

Fuente: (Valero, 2013).

A partir del componente a^* y b^* se calculó al ángulo de tono Hue y la cromaticidad mediante la ecuación (8) y (9) respectivamente (Valero, 2013).

$$h^* = \arctg (b^*/a^*) \quad (8)$$

$$c^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (9)$$

Además, se calculó la variación de color de acuerdo a la ecuación (10) descrita por Gliemmo, Latorre, Gerschenson y Campos, (2009).

$$\Delta E = [(\Delta L^*) + (\Delta a^*) + (\Delta b^*)] \quad (10)$$

Dónde:

L_0 , a^*_0 y b^*_0 = representan la lectura en el tiempo de 0.

L , a^* y b^* = representan la lectura individual instantánea durante el almacenamiento.

Una vez realizado la deshidratación de la Mashua se llevó a cabo una prueba organoléptica en donde intervinieron 15 panelistas, a los resultados obtenidos se aplicó la prueba de Friedman dando como resultado la obtención de los mejores tratamientos.

Las variables cuantitativas a evaluar de los mejores tratamientos se expresan en la Tabla 12:

Tabla 12. Variables cuantitativas

ANÁLISIS	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	AOAC 925.10
Sólidos solubles totales °Brix	AOAC 932.14
pH	AOAC 981.12
Acidez titulable	AOAC 964.07
Actividad Antioxidante	DPPH

3.5. VARIABLES CUALITATIVAS

3.5.1. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Se realizó un análisis de aceptabilidad, considerando como variables: olor, color, sabor y textura. Estas variables se evaluaron mediante pruebas de degustación y aplicando la prueba de Friedman. Se necesitó la presencia de 15 panelistas, a los cuales se les proporcionó las muestras de hojuelas de mashua morada, agua como medio de neutralización y las fichas de catación para su respectiva evaluación.

Todas las muestras se evaluaron en una escala del 1 a 4; correspondiendo el 4 a (excelente), 3 (bueno), 2 (regular) y 1 (malo).

Posteriormente se obtuvo los resultados de la catación, se realizó las tabulaciones para aplicar la prueba de Friedman y obtener los mejores tratamientos.

3.6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El proceso poscosecha de la mashua morada se realizó de acuerdo al estado de madurez comercial del producto, cosechada a los 6 meses. Se clasificó de acuerdo al tamaño hasta obtener un peso total de 1Kg para cada tratamiento con su respectiva repetición, se realizó un análisis fisicoquímico y actividad antioxidante en fresco, para el proceso de secado de la mashua negra morada se utilizó el secador de bandejas a temperaturas de 35 y 45 °C, un espesor de 2 y 4 mm y una velocidad de 2 y 4m/s respectivamente. Una vez terminado el proceso de secado se realizó un análisis organoléptico, teniendo como resultado los mejores tratamientos a las cuales se les aplicó un análisis fisicoquímico y actividad antioxidante del producto final con el fin de realizar una comparación entre los parámetros establecidos y así determinar cuál de las combinaciones conserva el mayor contenido actividad antioxidante en el producto final.

3.6.1. DIAGRAMA DE BLOQUES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Diagrama de bloques de mashua morada deshidratada por Secador de Bandejas ver figura 9.

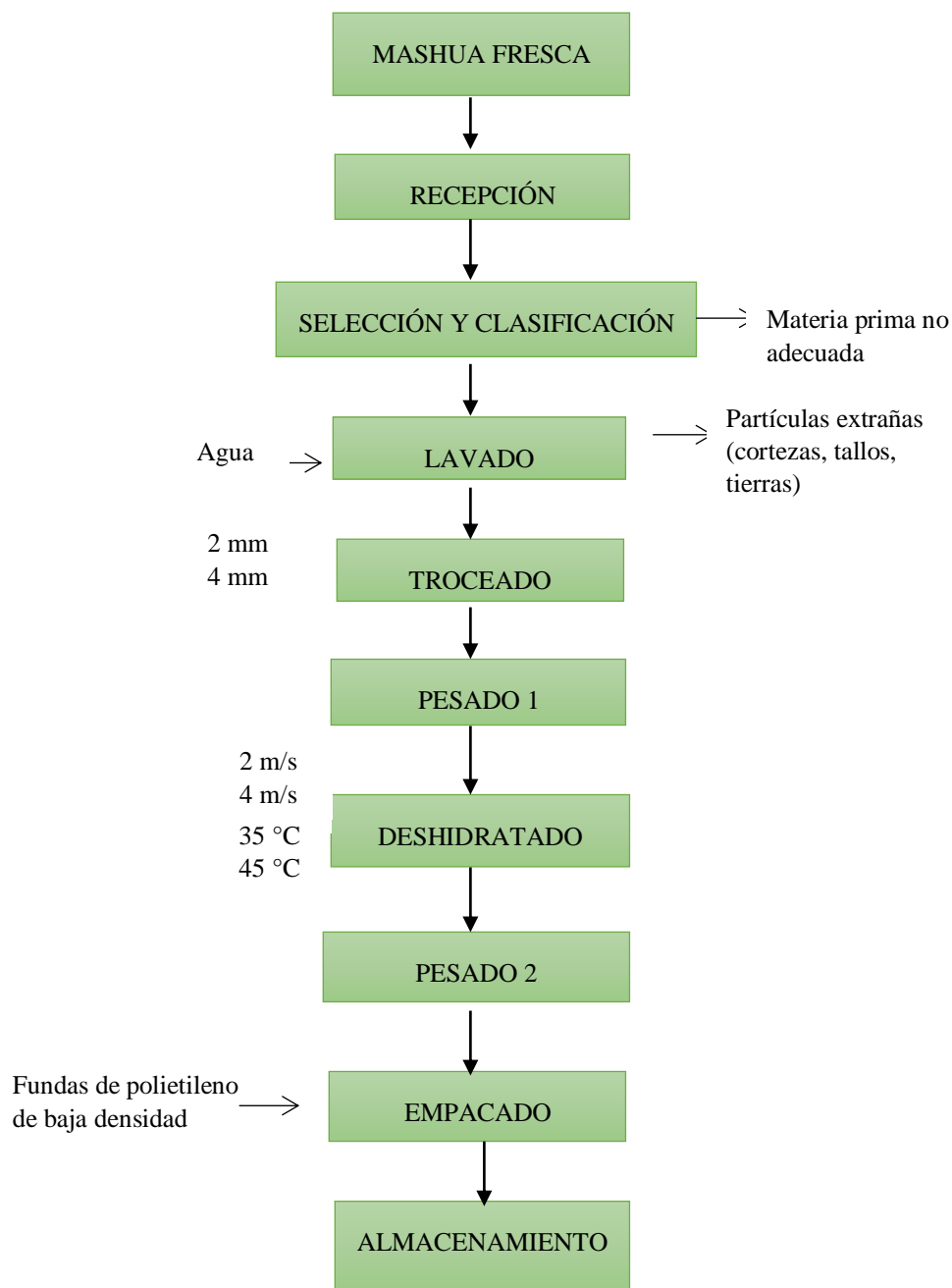


Figura 9. Diagrama de bloques

3.6.2. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO POR SECADO DE BANDEJAS.

3.6.2.1. Recepción

Se realizó el pesaje del tubérculo para saber el peso inicial de la materia prima, para este proceso se utilizó una balanza, el peso se expresó en gramos como se observa en la figura 10.



Figura 10. Recepción de mashua

3.6.2.2. Selección y clasificación

La selección y clasificación se llevó a cabo con el fin de eliminar todo tipo de impurezas de forma manual, además se retiraron tubérculos en descomposición para evitar una mala presentación del producto final como se aprecia en la figura 11.



Figura 11. Selección y clasificación de mashua

3.6.2.3. Lavado y desinfección

Se realizó tres repeticiones de lavado y posteriormente una desinfección en una solución de agua y cloro al 10%, con el fin de eliminar toda clase de impurezas y carga microbiológica perjudicial a la materia prima como se evidencia en la figura 12.



Figura 12. Lavado y desinfección de mashua

3.6.2.4. Troceado

El troceado del tubérculo se realizó en rodajas de 2 y 4 mm de grosor como se observa en la figura 13.



Figura 13. Troceado de mashua

3.6.2.5. Pesado 1

Se pesó la mashua a deshidratar, las rodajas del tubérculo se distribuyeron en las bandejas del deshidratador ocupando toda el área como se visualiza en la figura 14.



Figura 14. Pesado 1 de mashua deshidratar

3.6.2.6. Deshidratado

Se deshidrató la mashua en el secador de bandejas con los parámetros; rangos de temperatura (35 y 45 °C), velocidad de aire de secado (2 y 4 m/s) y espesor de corte del tubérculo (2 y 4 mm) como indica la figura 15.



Figura 15. Deshidratado de mashua

3.6.2.7. Pesado 2

Se pesó el tubérculo deshidratado como producto final, para luego ser envasada como se aprecia en la figura 16.



Figura 16. Pesado 2 de mashua en deshidratación

3.6.2.8. Empacado

Se envasó en fundas de polietileno de baja densidad, para poder conservar sus características funcionales, fisicoquímicas y organolépticas, como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Envasado de mashua deshidratada

3.6.2.9. Almacenamiento

Por último, el producto envasado fue almacenado en condiciones apropiadas para proteger su integridad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 13 se puede apreciar el resultado de la caracterización de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*) en fresco obteniendo como resultado un 86,3 % de humedad, 1,48% de proteína cruda y de almidón 9,88% como valores más altos. Por otro lado, los valores relativamente bajos se obtuvo el extracto etéreo con 0,69%, fibra 0,88% y cenizas 0,76%.

Tabla 13. Composición fisicoquímica de la Mashua morada

Parámetro analizado	Resultado (%)
Humedad	86,3
Proteína cruda	1,48
Extracto etéreo	0,69
Fibra	0,88
Cenizas	0,76
Almidón	9,88

Grau, (2003) realizó el análisis físico químico en fresco de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*), en donde obtuvo como resultado en humedad de 87,4%, 1,50%, almidón 8,90%, en comparación a los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan mucho y las variaciones que puedan existir va a depender de las condiciones edáficas, climáticas y procesos realizados a nivel de laboratorio.

Por otro lado Cuya (2009), plasmó su investigación en mashua amarilla variedad “zapallo amarillo”, en donde realizó el análisis físico químico obteniendo como resultado un porcentaje de humedad de 88%, proteína de 1,58% y ceniza de 0,59%, en comparación a los valores obtenidos en mashua morada de humedad, proteína y ceniza de 86,3%, 1,48% y 0,76% respectivamente, se evidencia una variación mínima en los porcentajes, estas diferencias se podría atribuir a que son variedades diferentes y a las condiciones edafo-climáticas en donde se produjo el tubérculo.

Tabla 14. Composición físicoquímico de la Mashua morada

Parámetro analizado	Unidad	Resultado
pH	-	6,2
Sólidos solubles totales	°Brix	8,0
Acidez titulable como Ac. Oxálico	mg/100 g	77,2
Actividad Antioxidante	mM Trolox/ 100g de muestra	13,01

En la tabla 14 se puede apreciar los valores obtenidos de pH, sólidos solubles y acidez titulable de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*) que son 6,2, 8,0 °Brix y 77,2 mg/100g. Por otro lado, Cuya (2009) obtuvo como resultado un pH de 6,22 lo que quiere decir que es ligeramente ácido y de sólidos solubles 8,5 °Brix en su investigación de mashua en fresco, por lo tanto, los resultados obtenidos son similares en las dos investigaciones.

El valor encontrado de actividad antioxidante obtenida mediante el método DPPH se encuentra plasmado en la Tabla 14, dando como resultado 13,01 mM Trolox/100g de muestra este valor se asemeja a los encontrados por (W. Brand-Williams, (1995) y Thaipong, (2006)), los cuales obtuvieron 14,2 mM Trolox/100g en mashua de piel y pulpa morada.

4.1.1. COLORIMETRÍA EN MASHUA

En la tabla 15 se observan los parámetros de color donde la luminosidad (L*) presentó un valor de 99,75, el ángulo de tono (Hue) fue de 116,67 grados y croma

presentó un valor de 3,15. Una vez obtenido los valores se puede aseverar que la pulpa de la mashua es de color amarillo verdoso completamente claro, también se puede afirmar que existe saturación de color debido a que la tonalidad es intensa.

Tabla 15. Valores de color en mashua

Color de la Mashua			
	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma
Mashua	99,75	116,67	3,15

En la figura 18, se puede apreciar la ubicación de los parámetros de color, en donde se categoriza el tubérculo que corresponde a un color amarillo verdoso y brillante. Según (Ortega Dueñas & Nieto C, 2003) aseveran que el color de la Mashua dependerá de la variedad tales como el amarillo, blanco, rojizo, morado, gris y negro, con jaspes oscuros en la piel.

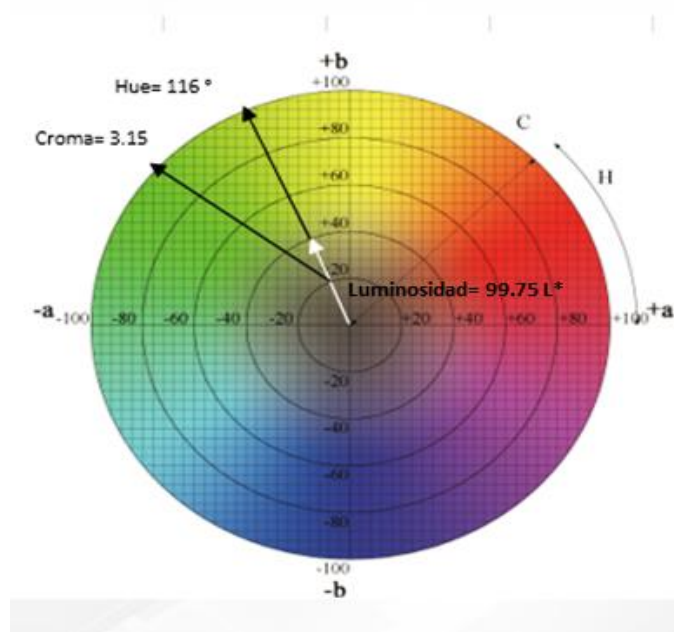


Figura 18. Representación gráfica de croma de mashua fresca

4.2. ANÁLISIS DE VARIABLES CUANTITATIVAS DEL PRODUCTO FINAL

4.2.1. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MASHUA

4.2.1.1. Determinación de equivalentes trolox

Se realizó una curva de calibración con Trolox para el ensayo DPPH con un coeficiente de determinación de regresión $R^2 = 0,9995$; a partir de la cual fue posible expresar la actividad antioxidante de los extractos metanólicos de la Mashua morada en mM Trolox/ 100g de muestra.

Los respectivos porcentajes de actividad antioxidante para cada concentración de Trolox evaluada se presentan en la figura 19.

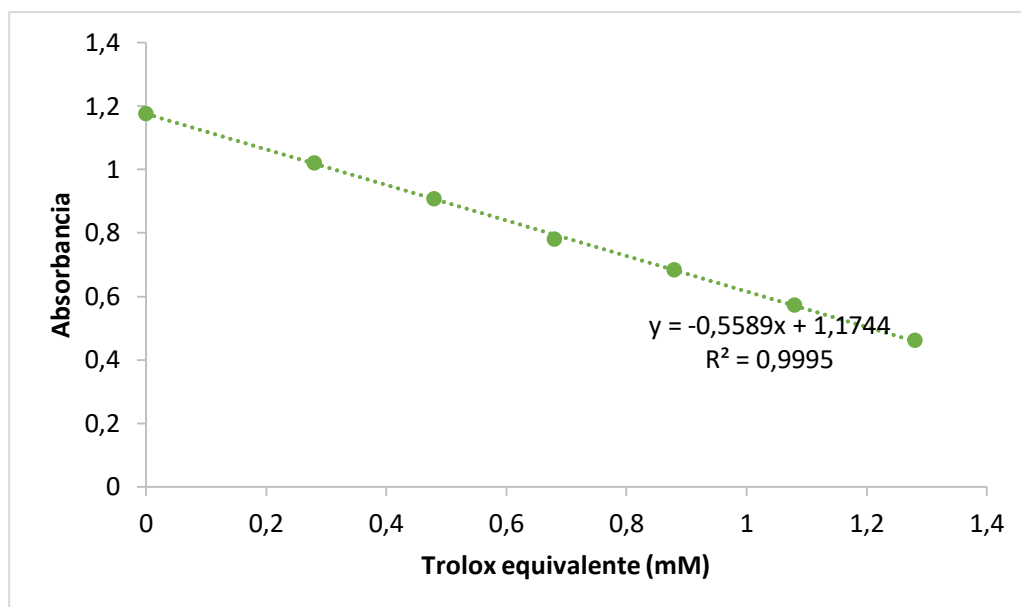


Figura 19. Curva de calibración

En la figura 19 se puede comprobar que existe un comportamiento decreciente ya que para cada concentración tiene su propia lectura de absorción, la cual en la curva de calibración muestra la cantidad de energía radiante absorbida por la sustancia en cada longitud de onda del espectrofotómetro y ésta es medida por un logaritmo de la intensidad de la luz con una longitud de onda específica sobre la intensidad de la luz antes de entrar a la muestra (Díaz P. , 2010).

4.2.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN MASHUA MORADA.

En la tabla 16 se puede apreciar el análisis de varianza de la actividad antioxidante, con una media de 24 mM Trolox/100g de muestra y un coeficiente de variación de 2,13%. Los factores A y B son altamente significativos, el factor C es no significativo, en la interacción total se puede apreciar una alta significancia entre los tres factores, cabe recalcar que esta alta significancia se debe principalmente a la variación de los factores A y B (Anexo 1).

Tabla 16. Análisis de varianza de la actividad antioxidante de la Mashua morada

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	3.76	23				
Trat.	3.65	7	0.52	76.90**	2,66	4,03
FA	0.22	1	0.22	32.54**	4,49	8,53
FB	2.99	1	2.99	441.20**	4,49	8,53
FC	2.00	1	2.00	0.30ns	4,49	8,53
IAB	0.09	1	0.09	12.66*	4,49	8,53
IAC	2.70	1	2.70	0.04ns	4,49	8,53
IBC	0.10	1	0.10	14.23*	4,49	8,53
IABC	0.25	1	0.25	37.35**	4,49	8,53
Error	0.11	16	0.01			

CV: 2,13%

Media: 24 mM Trolox/ 100g de muestra

En la figura 20, se puede apreciar la prueba de Tukey 5% para las interacciones espesor-temperatura-velocidad de aire de secado en donde se formaron 4 rangos de actividad antioxidante de la Mashua, en el cual se destaca el rango (a) el cual se le asigna al tratamiento T6 (corte de 4mm a una temperatura de 35°C y una velocidad de secado de 4 m/s) con una media de 4,53 mM Trolox/ 100g de muestra, cabe mencionar el rango (b) que contiene valores similares al rango (a) que son los tratamientos T5 T1 y T2 con valores de 4,22; 4,11; 4,01 mM Trolox/ 100g de muestra. Los rangos que pertenecen al rango (d) comprenden los tratamientos T3 (2 mm de corte a una temperatura de 45°C y una velocidad de secado de 2 m/s) y el tratamiento T4 (2 mm de corte a una temperatura de 45 °C y una velocidad de 4 m/s) registraron medias de 3,44 y 3,37 mM Trolox/100g de muestra respectivamente siendo los de menor valor ubicándose en el último rango (d).

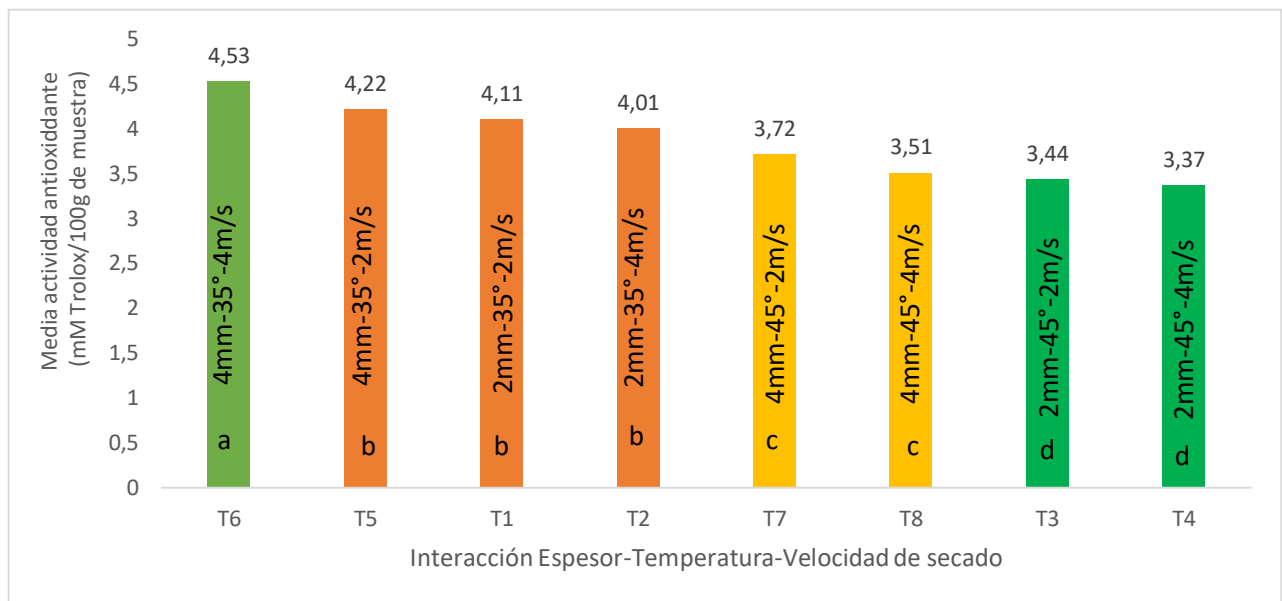


Figura 20. Prueba de Tukey al 5% actividad antioxidante

Cuya (2009), sometió a secado a la Mashua “zapallo amarillo” de un espesor de 2 mm y una velocidad de secado constante de 1,4 m/s, a diferentes temperaturas las cuales fueron 40, 50 y 60 °C, como resultado obtuvo que la mayor retención de actividad antioxidante obtuvo a una temperatura de 40°C, por lo que asevera que a altas temperaturas por tiempos prolongados existe una disminución de vitamina C y compuestos fenólicos, los cuales intervienen directamente en la actividad antioxidante, por lo que al realizar un análisis de los resultados de las interacciones espesor-temperatura-velocidad de aire de secado se puede verificar que a la temperatura más baja de la investigación que es 35°C se obtiene los mejores resultados de actividad antioxidante.

Lara (2017) en su investigación realizó deshidratación de mashua amarilla, obtuvo que el mejor tratamiento es el que evaluó a una temperatura de 35°C y una velocidad de aire de secado de 1,35 m/s en donde la pérdida de actividad antioxidante fue menor con un valor de 3,67 mM Trolox/100g de muestra. En comparación a lo realizado en la presente investigación se puede ratificar que a una temperatura de 35°C se obtiene mejores concentraciones de actividad antioxidante como es el caso del tratamiento T6 con un valor de 4,53 mM Trolox/100g de muestra. Al realizar una comparación entre los valores obtenidos

en la deshidratación entre la mashua amarilla y morada se puede concluir que la variedad morada conserva en mayor cantidad sus propiedades funcionales como la actividad antioxidante.

Singh (2009), manifiesta que a mayor velocidad mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado. Para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación de aire fuerte y regular. Por tal razón al obtener una mayor cantidad de actividad antioxidante a una velocidad de 4 m/s (T6) se corrobora lo dicho por el autor.

Colina (2010), manifiesta que para realizar un proceso de deshidratación se debe rebanar o realizar cortes finos a los alimentos para aumentar su área superficial y poder realizar el proceso de manera efectiva, ya que a tiempos prolongados en secado puede afectar a que haya rompimiento de las paredes celulares perdiendo no solo el agua intercelular sino también el agua intracelular afectando al resultado final de los compuestos fenólicos y de actividad antioxidante. Por tanto, el mejor tratamiento se obtuvo con un espesor de corte de 4mm.

4.2.3. CURVAS DE SECADO DE HOJUELAS DE MASHUA

Con una muestra de 1000 g de mashua se inicia el secado a temperaturas establecidas (35 y 45 °C), a medida que transcurre el tiempo de secado se registra el peso de las muestras cada 10 minutos hasta conseguir un peso constante entre las muestras.

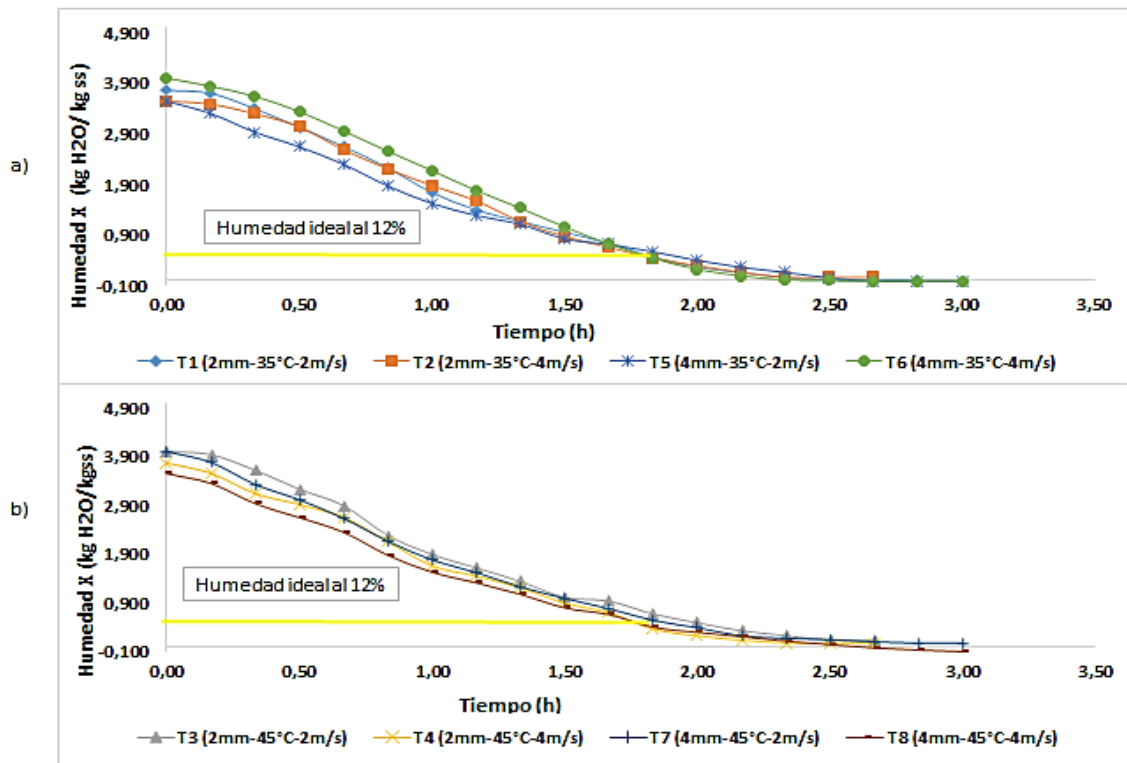


Figura 21. a) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T1, T2, T5, T6);
b) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T3, T4, T7, T8).

En la figura 20 se puede observar la curva de secado de las hojuelas de mashua, el tiempo que necesitaron los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8 para llegar al secado óptimo fueron de 2,83; 2,67; 2,83; 2,67; 3,0; 3,0; 3,17 y 3,33 horas respectivamente. Cabe mencionar que el secado se llevó acabo hasta alcanzar la humedad de equilibrio, a medida que se incrementa la velocidad de aire el tiempo de secado se reduce. Sin embargo, la norma INEN 2996 menciona que para productos deshidratados el porcentaje máximo de humedad es del 12%. El comportamiento del tratamiento T6 es el mejor ya que la curva.

Entonces en la presente investigación se determinó que el factor temperatura no influye con gran incidencia en el proceso, se corrobora con lo manifestado por Cuya (2009) que a altas temperaturas y tiempos prolongados de secado afecta directamente a la textura del alimento y existe una disminución de los compuestos fenólicos y por ende la actividad antioxidante, sin embargo se debe tomar en

cuenta que la temperatura viene acompañada por la velocidad de aire y el espesor de corte, ya que al elevar la velocidades de aire aumenta la transferencia de calor al producto.

En la relación de velocidad de aire de secado y la humedad se evidencia en la presente investigación que existió una gran variación de velocidad de aire de secado, ya que se debió a que cada vez que el secador se abría para pesar las muestras esta tendía a bajar la temperatura y velocidad de aire de secado, provocándose una gran fluctuación de datos. Además, se puede decir que, a temperaturas bajas y a alta velocidad de aire de secado, el coeficiente de convección de transferencia de calor aumenta permitiendo un menor tiempo de secado (Ver Anexo 10).

4.2.4. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS A LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Una vez realizado el análisis de varianza con una factorial AxBxC (espesor, temperatura, velocidad de secado) y la prueba de tukey al 5 %, se obtuvo como resultado que de los 8 tratamientos evaluados 4 de ellos son los que presentan los valores más altos de actividad antioxidante los cuales se pueden apreciar en la tabla 17.

Tabla 17. Descripción de tratamientos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
T6	4mm-35°C-4m/s	A2B1C2
T5	4mm-35°C-2m/s	A2B1C1
T1	2mm-35°C-2m/s	A1B1C1
T2	2mm-35°C-4m/s	A1B1C2

Los 4 mejores tratamientos se sometieron a pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físico-químicas de las hojuelas de Mashua deshidratada sometidas a diferentes factores (espesor-temperatura-velocidad de secado). Se determinó los 4 mejores tratamientos por medio del análisis de varianza, los cuales fueron aplicados los siguientes análisis; Humedad, pH, acidez y °Brix.

4.2.4.1. Análisis de humedad

En la tabla 18 se puede evidenciar los resultados de los mejores tratamientos del análisis de humedad.

Tabla 18. Análisis de humedad

Análisis	Unidad	Resultados			
		T1	T2	T5	T6
Humedad	%	7,40	7,95	7,25	7,15

En la figura 22 muestra el comportamiento de humedad de los mejores tratamientos, en donde destacan los tratamientos T5 y T6 ya que poseen un menor porcentaje de humedad 7,25 y 7,15% respectivamente.

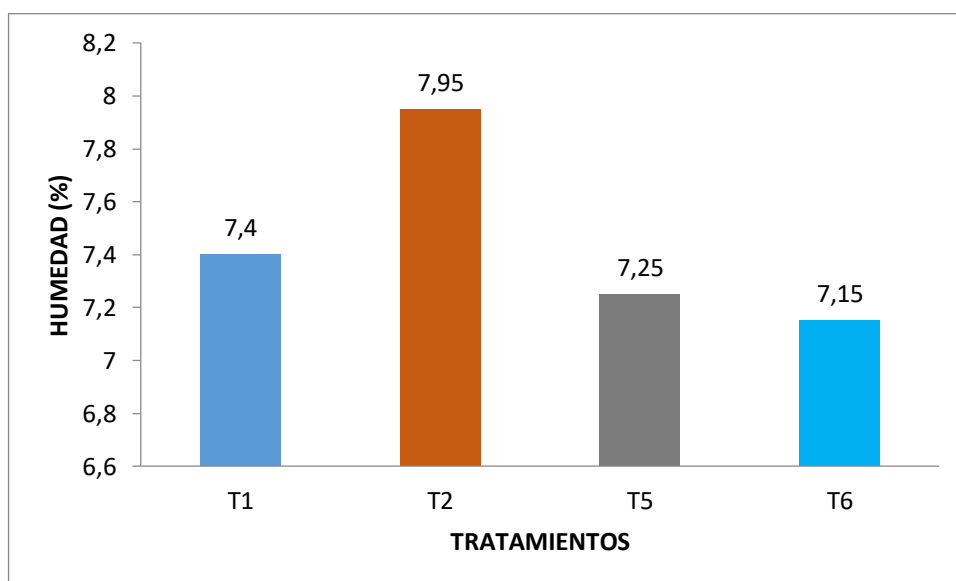


Figura 22. Análisis de la humedad

En la figura 23 se puede observar el gráfico del análisis Clustering del porcentaje de humedad, en donde no se forman grupos totalmente diferenciados, pero cabe recalcar que el grupo del tratamiento T5 (7,25 %) y T6 (7,15 %) poseen el menor contenido de humedad, mientras que el grupo del tratamiento T2 es

estadísticamente diferente a los demás ya que tiene el mayor contenido de humedad. Dando como resultado que el tratamiento T6 (4mm-35°C-4m/s) es el mejor, debido a que presenta una humedad de 7,15%, la cual contiene el menor porcentaje de humedad, indicando que el producto puede conservarse por mayor tiempo y desarrolla menor carga microbiana. El caso contrario es el tratamiento T2 (2mm-35°C-2m/s) que si bien es cierto tiene un porcentaje de 7,95% es el más alto pero está dentro del rango que (Colina, 2010), afirma que el porcentaje que esté entre 3 a 12% de humedad los productos tienen una mínima cantidad de agua.

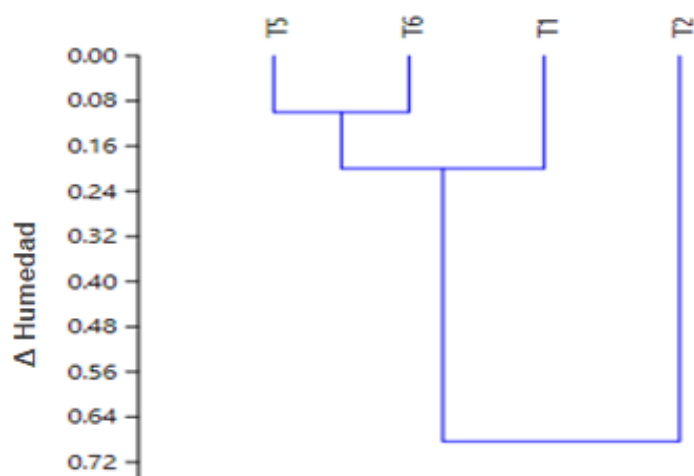


Figura 23. Análisis Clustering de humedad de los mejores tratamientos

El comportamiento del tratamiento T6 al someterle a las condiciones de 4mm de espesor 35°C de temperatura y 4 m/s de velocidad de aire de secado se obtuvo un porcentaje de humedad de 7,15%, esto se debe a que las partículas de agua migren y los compuestos sólidos se junten, así dejando la menor cantidad de espacios entre células evitando la acumulación de agua en dichos espacios (Colina 2010).

Según Díaz (2010) en efecto, la reducción del contenido de humedad puede reducir el daño la carga microbiana de los materiales alimenticios y por ende la vida útil de los alimentos va a ser de mucho más tiempo.

4.2.4.2. pH

En la tabla 19 se puede evidenciar los resultados de los mejores tratamientos del análisis de pH.

Tabla 19. Análisis de pH

Análisis	Unidad	Resultados			
		T1	T2	T5	T6
pH	-	5,58	5,42	5,67	5,70

En la figura 24 muestra los valores de pH de los mejores tratamientos, en donde destacan los tratamientos T5 y T6 al tener valores similares de 5,67 y 5,70 siendo así ligeramente ácidos.

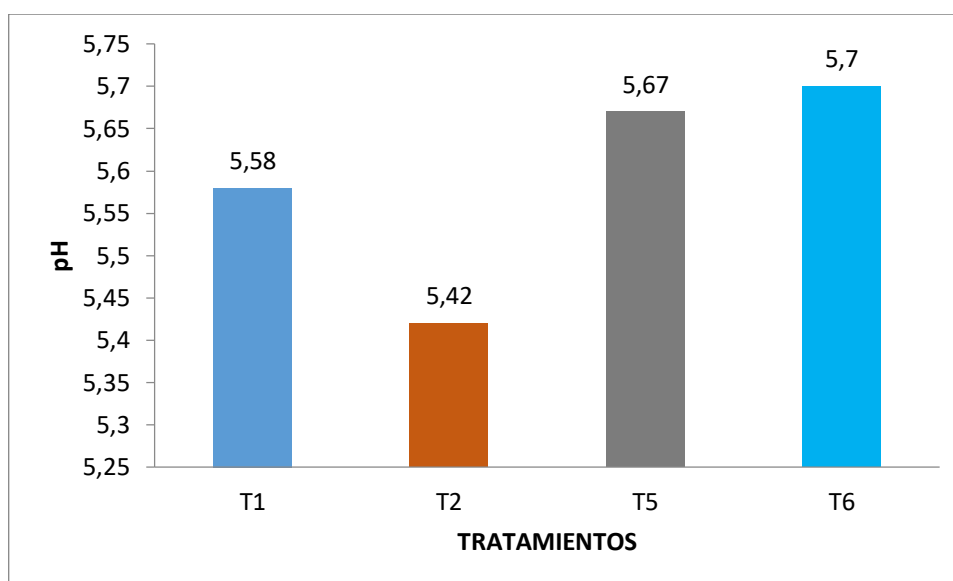


Figura 24. Análisis de pH

La figura 25 se puede apreciar el análisis Clustering de pH, en donde no se puede apreciar la diferencia entre grupos, pero cabe enfatizar que el grupo del tratamiento T5 (5,67) y T6 (5,70) son los menos ácidos a diferencia del grupo del tratamiento T2 (5,42) que es el que presenta mayor acidez. (Ashebir et al. 2009; Khazaei et al. 2008) manifiestan que al bajar el porcentaje de humedad de un alimento el pH también tiende a verse afectado acidificándose, por lo tanto,

productos con pH bajos o acidificados ayudan a que el tiempo de conserva se alargue.

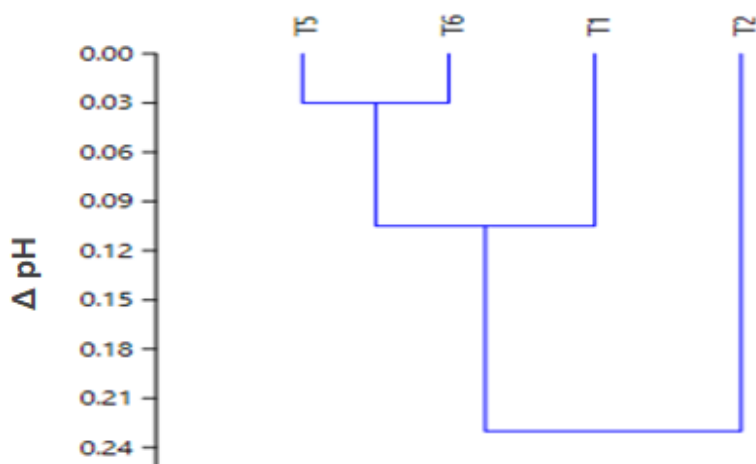


Figura 25. Análisis Clustering de pH de los mejores tratamientos

4.2.4.3. Acidez titulable

En la tabla 20 se puede evidenciar los resultados de los mejores tratamientos del análisis de acidez titulable.

20. Análisis de acidez titulable

Análisis	Unidad	Resultados			
		T1	T2	T5	T6
Acidez titulable	g/100g	1,38	1,43	1,28	1,15

En la figura 26 se puede observar los valores de acidez titulable en donde el tratamiento T6 posee el valor de 1,15 g/100g, siendo así el tratamiento que menor contenido de acidez posee. Lo que le da mayor aceptación en sus características organolépticas.

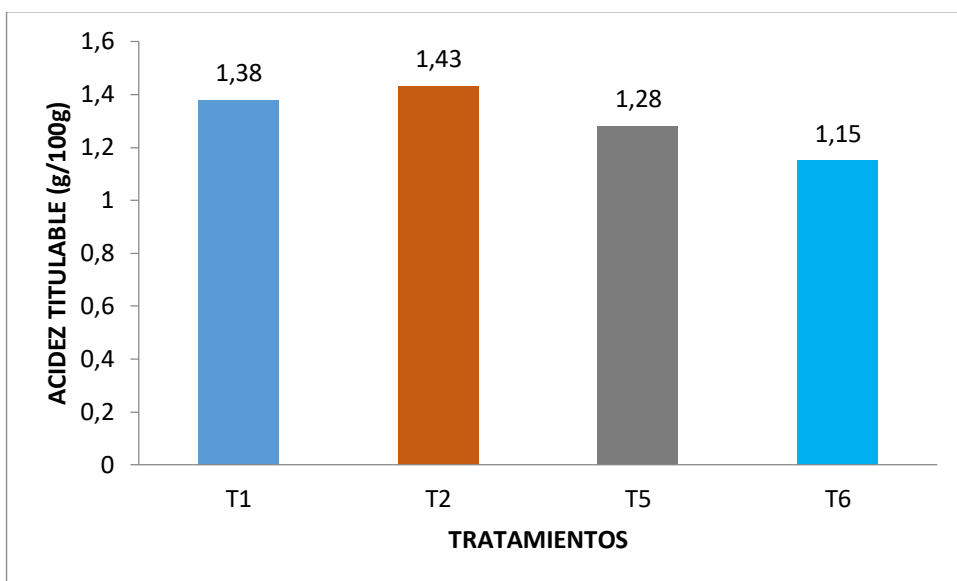


Figura 26. Análisis de Acidez titulable

En la figura 27 se puede apreciar el análisis Clustering de acidez titulable en donde el grupo de los tratamientos T5 (1,28 g/100g) y T6 (1,15 g/100g) estadísticamente se parecen, en cambio el grupo del tratamiento T1 se diferencia su contenido de acidez titulable con un valor de 1,38 g/100g siendo el de menor valor. Galvis, Arjona, Fischer, Landwehr, & Martinez, (2002), manifiestan que la relación del estado madurez, está influenciado por el aumento de los sólidos solubles y la disminución de la acidez titulable.

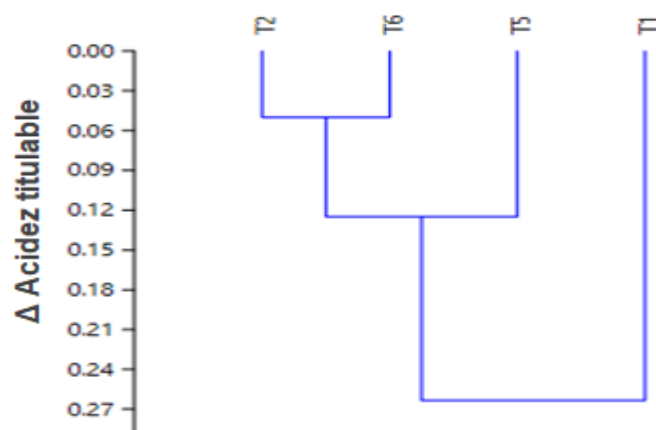


Figura 27. Análisis Clustering de Acidez titulable de los mejores

El comportamiento encontrado en la presente investigación determina que el valor de pH es inversamente proporcional al valor de la acidez titulable; mientras que los sólidos solubles totales subieron, ya que al momento de realizar la deshidratación, se concentraron subiendo la cantidad de azúcares de las hojuelas de mashua, por lo que se puede asemejar al comportamiento de la relación de madurez manifestado por los autores citados anteriormente.

4.2.4.4. Sólidos solubles totales (°Brix)

En la tabla 21 se puede evidenciar los resultados de los mejores tratamientos del análisis de sólidos solubles totales.

Tabla 21. Análisis de Sólidos solubles totales

Análisis	Unidad	Resultados			
		T1	T2	T5	T6
Sólidos solubles totales	°Brix	43,4	43,5	47,8	48,43

En la figura 28 puede apreciar los valores de sólidos solubles totales en donde la mayor concentración azucares se encuentran en el tratamiento T6 con un valor de 48,43 °Brix; cabe mencionar al tratamiento T5 con un valor de 47,80 °Brix que es relativamente similar al tratamiento T6.

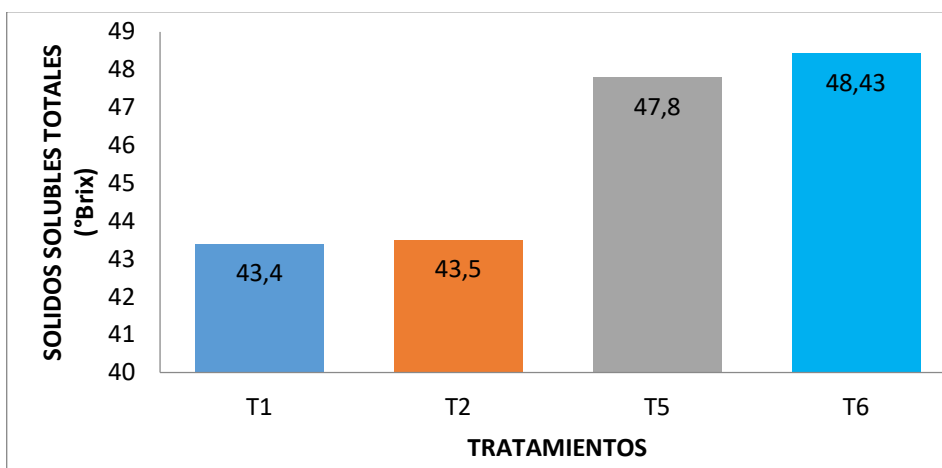


Figura 28. Análisis de Sólidos solubles totales

En la figura 29 se puede apreciar el análisis Clustering en donde se forman dos grupos estadísticamente bien diferenciados, demostrando que el grupo de los tratamientos T5 (47,80 °Brix) y T6 (48,43 °Brix) presentan la mayor cantidad de sólidos solubles totales, mientras que el grupo de los tratamientos T2 (43,50 °Brix) y T1 (43,40 °Brix) siendo los que menos cantidad de sólidos solubles presentan.

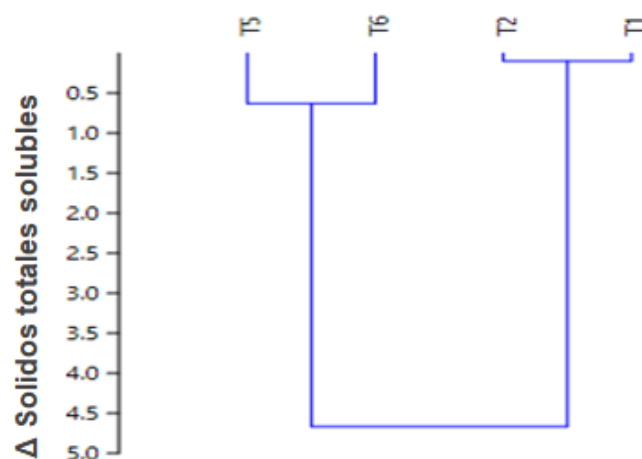


Figura 29. Análisis Clustering de sólidos solubles totales de los mejores tratamientos

Los valores obtenidos en pH, acidez y sólidos solubles en comparación a los resultados del análisis físico químico en fresco varían considerablemente ya que al

realizar una deshidratación y esta sigue avanzando el agua disminuye, el espacio entre células se reduce provocando que los compuestos sólidos se concentren (Quelal, 2012).

4.3. ANÁLISIS DE VARIABLES CUALITATIVAS DEL PRODUCTO FINAL

El análisis sensorial se realizó con un panel de 15 degustadores, los cuales calificaron características organolépticas: color, aroma, sabor y textura. El instrumento para la evaluación sensorial de las hojuelas de mashua deshidratada. Para la evaluación de las variables cualitativas se aplicó el análisis Clustering.

4.3.1. COLOR

En la tabla 22 se expresa los resultados de la prueba de Friedman de la variable color en donde los panelistas calificaron a los tratamientos con una puntuación de 3 (bueno), destacándose los tratamientos T1, T4, T5, T6, T7 y T8 con dicha puntuación, por otro lado los tratamientos T2 y T3 tienen una calificación de 2 (regular) los cuales tuvieron menos aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 22. Resultados del análisis estadístico para la variable color

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1	1	1	2	2	1	1	1
Max	4	3	3	4	4	4	4	4
Sumatoria	38	30	31	40	39	49	51	40
Media	3	2	2	3	3	3	3	3

En la deshidratación de alimentos la pérdida de color o modificaciones de colores desagradables para el consumidor, se debe por reacciones químicas como el pardeamiento enzimático y no enzimático, es por eso que para inactivar estas reacciones se hace uso de pretratamientos como el escaldado que a su vez mantiene o realza el color de los alimentos, se ratifica a lo realizado en Mashua deshidratada (Lara, 2017).

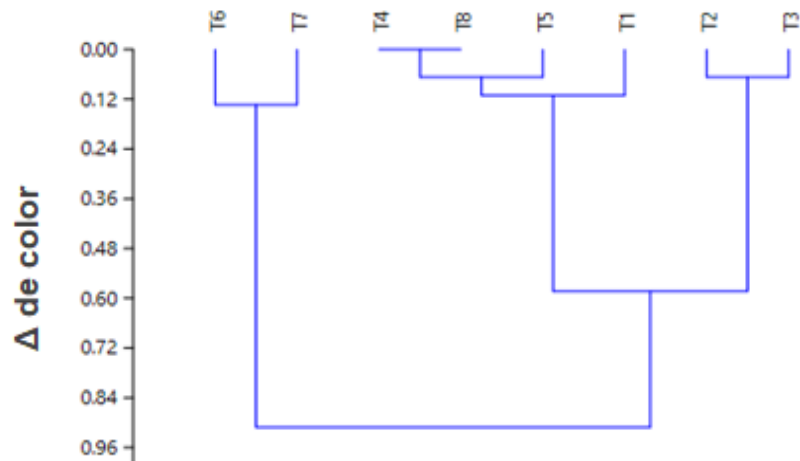


Figura 30. Resultado de mejores tratamientos por el análisis Clustering para color

En la figura 30 se expresa un análisis Clustering donde se forman dos grupos diferenciados dentro de los cuales existe dos subgrupos, cabe recalcar que estadísticamente son similares siendo así los mejores tratamientos son T6 (4mm-35°C-4m/s) y T7 (4mm-45°C-2m/s) para la variable color. En la deshidratación de alimentos la pérdida de color o modificaciones de colores desagradables para el consumidor, se debe por reacciones químicas como el pardeamiento enzimático y no enzimático.

4.3.2. AROMA

En la tabla 23 se expresa los resultados de la prueba de Friedman de la variable aroma en donde los panelistas calificaron a los tratamientos con una puntuación de 3 (bueno), destacándose los tratamientos T1, T2, T4, T5, T6, T7 y T8 con dicha puntuación, por otro lado el tratamiento T3 tienen una calificación de 2 (regular) los cuales tuvieron menos aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 23. Resultados del análisis estadístico para la variable color

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1	1	1	1	1	1	1	1
Max	3	3	3	3	4	4	4	3
Sumatoria	35	33	34	35	37	44	45	37
Media	2	2	2	2	2	3	3	2

En la figura 31 se expresa un análisis Clustering donde se forman dos grupos diferenciados dentro de los cuales existe dos subgrupos, cabe recalcar que estadísticamente son similares siendo así los mejores tratamientos son T6 (4mm-35°C-4m/s) y T1 (2mm-35°C-2m/s) para la variable aroma.

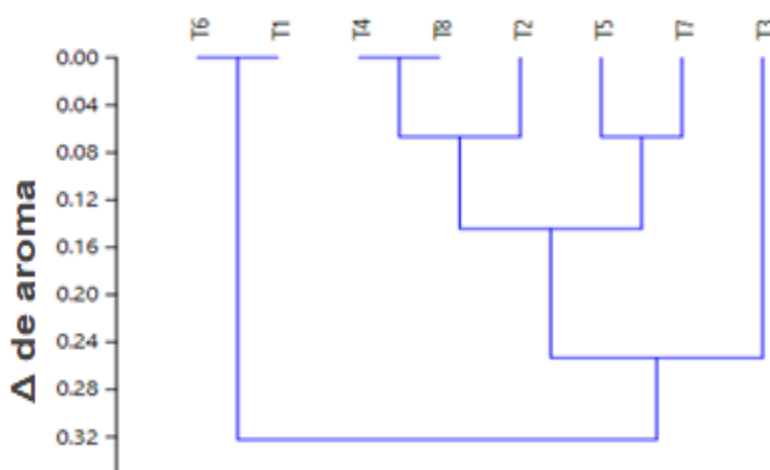


Figura 31. Resultado de mejores tratamientos por análisis Clustering para aroma

El proceso de deshidratación permite mantener o modificar el aroma de los alimentos. Por su parte la mashua tiene un aroma desagradable, que al ser sometido al proceso de deshidratación es eliminado al eliminarse compuestos volátiles, obteniendo un aroma agradable para el consumidor. Se corrobora a lo realizado por (Lara, 2017).

4.3.3. SABOR

En la tabla 24 se expresa los resultados de la prueba de Friedman de la variable sabor en donde los panelistas calificaron a los tratamientos con una puntuación de 3 (bueno), destacándose los tratamientos T6 y T7 con dicha puntuación, por otro

lado los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T8 tienen una calificación de 2 (regular) los cuales tuvieron menos aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 24. Resultados del análisis estadístico para la variable sabor

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1	2	1	2	2	1	1	2
Max	4	4	4	4	4	4	4	4
Sumatoria	44	40	36	41	38	44	39	41
Media	3	3	2	3	3	3	3	3

En la figura 32 se expresa un análisis Clustering donde se forman dos grupos diferenciados dentro de los cuales existe dos subgrupos, cabe recalcar que estadísticamente son similares siendo así los mejores tratamientos son T6 (4mm-35°C-4m/s) y T7 (4mm-45°C-2m/s) para la variable sabor. El proceso de deshidratación favorece a la modificación del sabor de las hojuelas de Mashua ya que el tubérculo contiene compuestos bioactivos como los isotocianatos, que se van perdiendo por las altas temperaturas, los mismos que son los responsables del sabor picante de la Mashua.

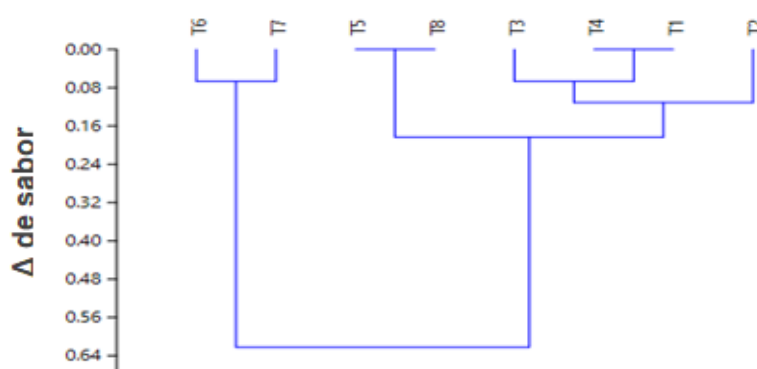


Figura 32. Resultado de mejores tratamientos por Clustering para sabor

4.3.4. TEXTURA

En la tabla 25 se expresa los resultados de la prueba de Friedman de la variable textura en donde los panelistas calificaron a los tratamientos con una puntuación de 3 (bueno), destacándose los tratamientos T5, T6, T7 y T8 con dicha

puntuación, por otro lado los tratamientos T1, T2, T3 y T4 tienen una calificación de 2 (regular) los cuales tuvieron menos aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 25. Resultados del análisis estadístico para la variable textura

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1	1	2	2	2	1	2	1
Max	3	4	3	3	4	4	4	4
Sum	34	37	37	35	42	48	47	42
Mean	2	2	2	2	3	3	3	3

En la figura 33 se expresa un análisis Clustering donde se forman dos grupos diferenciados dentro de los cuales existe dos subgrupos, cabe recalcar que estadísticamente son similares siendo así los mejores tratamientos T6 (4mm-35°C-4m/s) y T7 (4mm-45°C-2m/s) para la variable textura, ya que contienen una mejor masticabilidad y menor rugosidad.

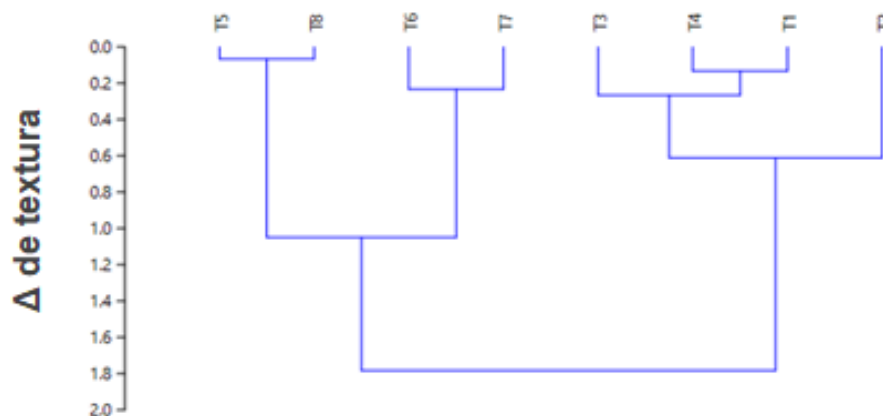


Figura 33. Resultado de mejores tratamientos por el análisis Clustering para textura

4.3.5. BALANCE DE MATERIALES PARA T6

En el balance de materia se puede apreciar el procedimiento al que es sometido el tubérculo desde la recepción hasta obtener las hojuelas de mashua como se muestra a continuación:

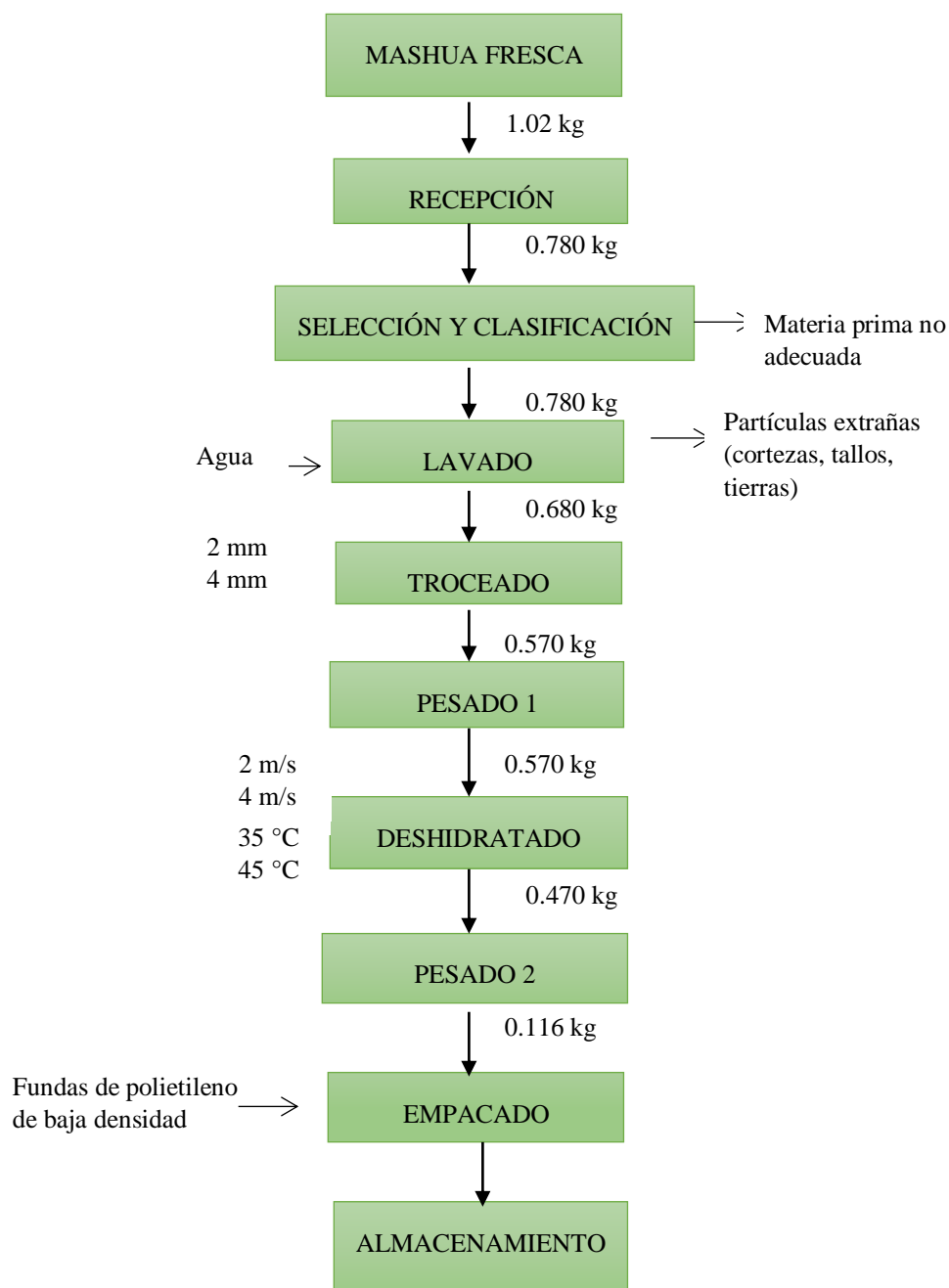


Figura 34. Balance de materiales

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al realizar los análisis fisicoquímicos de la mashua morada con un estado de madurez comercial cosechada a los seis meses, se determinó que presenta un alto contenido de humedad y una actividad antioxidante de 13.01 ± 0.1 mMTrolox/100g de muestra, siendo así un producto apetecible por sus propiedades funcionales.
- En función a las variables asociadas al color de la materia prima se determinó que la pulpa de la mashua es amarilla verdosa completamente clara y su piel contiene betas oscuras, también se puede afirmar que existe saturación de color debido a que la tonalidad es intensa.
- El mejor tratamiento fue T6 (corte de 4mm a una temperatura de 35°C y una velocidad de secado de 4 m/s) con una media de 4,53 mM Trolox/100g de muestra, la cual mostró una mayor retención de actividad antioxidante en hojuelas de mashua deshidratada.
- Una vez realizado el análisis organoléptico del producto final se encontró que el T6 (espesor de corte de 4mm a una temperatura de 35°C y una velocidad de aire de secado de 4 m/s) y T7 (espesor de corte de 4mm a una temperatura de 45°C y una velocidad de aire de secado de 2 m/s) tuvieron estadísticamente una mayor aceptación ya que sus características sensoriales tales como: color y aroma fueron similares a las del tubérculo en fresco. Mientras que, en sabor, los dos tratamientos tuvieron más aceptación ya que eran más dulces a diferencia del resto que tenían el picante propio de la mashua.

- En función a los análisis estadísticos realizados, espesor de corte, temperatura y velocidad de aire de secado, se comprueba que sí influyeron sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y el contenido de actividad antioxidante en mashua morada deshidratada, aceptándose de esta manera, la hipótesis alternativa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para posteriores estudios aumentar el espesor de corte y la velocidad de aire de secado, ya que, en la presente investigación se demostró que, a mayor diámetro y velocidad de aire de secado, la hojuela de mashua conserva más su actividad antioxidante.
- Evaluar la actividad antioxidante del producto, sometido a otro tipo de deshidratación, como por ejemplo la deshidratación osmótica, ya que es un proceso que actúa sobre los tejidos de las frutas y vegetales en forma diferente al secado por convección.
- Evaluar el contenido de polifenoles, carotenoides totales y ácido ascórbico de la mashua morada para ampliar el conocimiento del comportamiento de su actividad funcional.
- Para posibles investigaciones se recomienda evaluar la cuantificación de actividad antioxidante de mashua deshidratada al llegar a un 12% de humedad de equilibrio ya que es el porcentaje máximo establecido por la norma la Norma INEN 2996.

BIBLIOGRAFÍA

- Céspedes, T., & Sánchez, D. (2000). Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo; el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Instituto de Cardiología y Cirugía cardiovascular*.
- Ames de Icochoa, T. (2009). *Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos*. Lima: ISBN 92-9060-195-7.
- Angela, C. S. (2006). *Procesamiento de Frutas: Procesos Húmedos y Procesos Secos*. La Libertad.
- Araya, H. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *SCIELO*, 132-139.
- Ariza, D. (10 de 2012). *Academia*. Obtenido de DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS EN ALIMENTOS : http://www.academia.edu/7046323/DETERMINACION%20DE_PROTEINAS_EN_ALIMENTOS_CON_EL_METODO_DE_BIURET
- Berk, Z. (2013). *Food Process Engineering Second Edition*. United States of America: Elsevier.
- Bernal, C. (12 de 10 de 2012). *Método Kjeldahl*. Obtenido de Grupo selecta: <http://www.grupo-selecta.com/notasdeaplicaciones/sin-categoria/metodo-kjeldahl/>
- Cabrera, M., Salinas, Y., Velázquez, G., & Espinosa, E. (2009). CONTENIDO DE FENOLES SOLUBLES E INSOLUBLES EN LAS ESTRUCTURAS DEL GRANO DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES FÍSICAS. *Agrociencia*, 827-839.
- Calsin, M., Aro, J., & Tipacti, Z. (2016). Evaluación de la eficacia de antioxidantes de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en la oxidación de aceite de soya. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 143-150.
- Campos, C. J. (2011). *Optimización de la Extracción de Glucosinolatos a partir de Harina de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)*. Lima: Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Peru.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Mundi-Prensa.

- Castañeda, W. (2005). Color. En Manizales, *Retrieved from* (pág. 56).
- Castro, A. R. (2008). SECADO DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) POR AIRE CALIENTE CON PRETRATAMIENTO DE OSMODESHIDRATACIÓN. *VITAE*, 15(2), 226 - 231.
- Chile, U. d. (2012). *Operaciones psicrométricas*. Obtenido de Secado y Acondicionamiento de Aire:
<http://operaciones.ciq.uchile.cl/PDF/QF/clases/SECADO%20Y%20ACONDICIONAMIENTO%20DE%20AIRE.pdf>
- Chirinos, R. C. (2008). Phenolic profiles of Anden Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*.
- CIP. (2009). *Cultivos de los Incas* . Obtenido de Tubérculos; Mashua :
http://www.peruecologico.com.pe/tub_mashua.htm (Julio, 2009).
- Colina, M. L. (2010). *DESHIDRACION DE ALIMENTOS*. México: Trillas.
- Cuya, R. (2009). *EFFECTO DE SECADO EN BANDEJA Y ATOMIZACIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MASHUA (Tropaeolum tuberosum R & P)*. Lima.
- Delgado, F., Jiménez, R., & Paredes. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains-characteristics, biosynthesis, processing, and stability. . *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 173–289.
- Díaz, P. (2010). Efecto del tiempo de secado y de la variedad en las características físico-químicas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) Seca. . *Zamorano: Zamorano: Escuela*.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). *Raíces y Tuberculos Andinos* . Obtenido de Caracterización Físico-Química Nutricional y Funcional de Raíces Tubérculos Andinos:
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3264/1/iniapscCD55p91.pdf>
- Espinoza, M. E. (13 de Septiembre de 2015). "AGRICULTURA ANDINA INKA". Obtenido de CULTIVO DE MASHUA: Como alternativa en la Biotecnología Moderna Industrial la MASHUA NEGRA. :
<http://edgarespinozamontesinos.blogspot.com/2015/09/cultivo-de-mashua-como-alternativa-en.html>

- Ezpinoza, C. (2013). *Freeze Drying Technology*. Obtenido de Componentes del liofilizador: <http://www.freezedryingtech.com/es/componentes-del-liofilizador.aspx>
- FAO. (2009). *Análisis proximales*. Obtenido de DEPÓSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm>
- FAO, O. d. (2008). *Cultivos Andinos subexplotados y su aporte en la alimentación 2da. ed.* Santiago de Chile.: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Fellows, P. J. (2007). *Food processing technology principles and practice (tercera ed.)*. Zaragoza: ACRIBIA, S.A.
- Fernández, C. F. (2002). Funciones de la vitamina E. Actualización. *Rev Cubana Estomatol*,39(1), 28 - 32.
- Frankel, E. (2012). *Antioxidants in food and biology*. California, USA: Woodhead Publishing Limited.
- Gaithersburg, M. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (OMA). *AOAC International*,.
- Galvis, J., Arjona, H., Fischer, G., Landwehr, T., & Martínez, R. (2002). Influence of temperature and storage time on quality of mango fruit (*Mangifera indica* L.) variety Van Dyke. *Agronomía Colombiana*, 26-27.
- Grau, A. O. (2003). Mashua (*Tropaeolum tuberosum*). En A. O. Grau, *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops* (Vol. Vol. 25). Lima, Perú: J. M. Engels, Ed.
- Helen, G. C. (2011). CONTENIDO DE POLIFENÓLES, CAROTENOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTES EN FRUTOS DE UCHUVA (*Physalis Peruviana*) EN RELACIÓN A SU ESTADO DE MADURACIÓN. *ReCiTeIA*,11(n1b), 104 - 115.
- Hosting, P. D. (2004). *Freezedryfoods*. Obtenido de Secado en Bandejas : http://www.freezedryfood.net/ind_plant_ani.html
- HSEU, Y., CHANG, W., CHEN, C., LIAO, J., HUANG, C., LU, F., . . . YANG, H. (2008). Antioxidant activities of *Toona Sinensis* leaves extracts using different antioxidant models. *Food Chem. Toxicol* antioxidant models. *Food Chem*, 105-114.

- Illumination, I. C. (2004). *Libro blanco de la gestión del color 3*. Obtenido de Espacios de color y conversión de colores:
https://www.lacie.com/download/whitepaper/wp_colormangement_3_es.pdf
- INAMHI. (Marzo de 2017). *INAMHI*. Obtenido de INAMHI:
http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/bolhist/cli/2017/MENSUAL/bol_men_03.pdf
- Inostroza, L. A., Castro, A. J., Hernández, E. M., Carhuapoma, M., Yuli, R. A., Collado, A., & Córdova, J. S. (2015). Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales “Juan de Dios Guevara”, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Tropaeolum tuberosum* RUIZ & PAVÓN (MASHUA) Y SU APLICACIÓN COMO COLORANTE PARA YOGUR:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/13615>
- J, H. (2012). Manual of Methods of Analisis of Foods Fruits and Vegetables Products. *Food Safety and Standards Authority of India Ministry of Health and Family Welfare Government of India New Delhi*, 1-59.
- Lara, M. (2017). *Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de DESHIDRATACIÓN DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* PARA LA OBTENCIÓN DE HOJUELAS.
- Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Grupo de investigación en ingeniería de alimentos GRIAL*, 130 - 162.
- Manrique , I., Arbizu , C., Vivanco, F., Gonzales, R., Ramírez, C., Chávez, O., . . . Ellis, D. (2013). *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav. (Vol. I). (C. I. Papa, Ed.) Lima, Perú: Coleccion de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). doi:14.4160/9789290604310
- Martínez, S., González , J., Culebras , J., & Tuñón, M. (2000). Los favonoides: propiedades y sus acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria XVII*, 271-278. Obtenido de Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes.
- Milles, S. (Mayo de 2015). *Missouri University Extension*. Obtenido de Drying Foods:
<http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=GH1562>

- Mínguez , M., Pérez, A., & Horne, D. (2005). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales mucho más que simples “colorantes” naturales. *CTC Alimentación*, 108–113.
- Muñoz Juárez M. A., D. G. (2008). *Determinación de actividad antioxidante de diversas partes del árbol Nicotiana Glauca*. Querétaro: Facultad de química, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Negrete, H. (28 de Diciembre de 2009). *QuimiNet*. Obtenido de Determinación de cenizas en alimentos: <https://www.quiminet.com/articulos/determinacion-de-cenizas-en-alimentos-41328.htm>
- Noor, A., Mokhtar, M., Rafiqul, K., & Pramod, K. (2012). Understanding Color Models : A Review. *ARPN Journal of Science and Technology*, 265–275.
- Ortega Dueñas, R., & Nieto C, C. (2003). *Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pav.)*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. Peru: International Potato Center.
- PONTILES, Z. (2008). Secadores. *Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda*, 3-5.
- Quelal, M. (Mayo de 2012). *Researchgate*. Obtenido de Evaluación del valor nutrición de la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dietas para pollos de engorde: https://www.researchgate.net/publication/277852656_Evaluacion_del_valor_nutricion_de_la_harina_de_mashua_Tropaeolum_tuberosum_en_dietas_para_pollos_de_engorde
- Rivera, F. R. (2005). Raíces y tubérculos con alto contenido energético y medicinal. (Desafío, Ed.) *ESTUDIOS CIENTÍFICOS NUTRIENTES CONTENIDO ENERGÉTICO SALUD*, 23-25.
- Roca, W., & Manrique, I. (2005). VALORIZACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS ANDINOS PARA LA NUTRICIÓN Y LA SALUD. *Agrociencia* , 195-201.
- Sachin , J., Chung , L., & Arun , M. (2010). *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Taylor & Francis Group.
- Samaniego, L. A. (2010). *Caracterización de la Mashua (Tropaeolum tuberosum C.) en el Ecuador*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

- Shahidi, F. (2015). *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. United Kingdom: Woodhead Publishig.
- Shofian, N. M., Hamid, A. A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., & Mohd, P. D. (2011). Effect of Freeze-Drying on the Antioxidant Compounds and Antioxidant Activity of Selected Tropical Fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 4678-4692.
- Singh, P. H. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos Segunda edición*. Zaragoza (España): Acribia S.A.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). Guía de Campo de los Cultivos Andinos. *FAO y ANPE*.
- Valdivieso, M. B. (2007). *Manual de producción orgánica de cultivos andinos*. Obtenido de Cultivo de la Mahua:
http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Valero, Y. C. (2012). Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus domestica*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(4).
- Vanaclocha, A., & Requena, J. (2003). *Proceso de conservación de alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Vitale, A. B. (2010). Carotenoides en quimioprevención: Licopeno. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 44(2), 195 - 238.
- W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, & C. Berset. (1995) y Thaipong, (2006). *Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity*. Obtenido de LWT-Food Science And Technology.
- Wu, D., & Sun, D.-W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control A review. . *Trends in Food Science & Technology*, 5–20.
- Zamora, S. J. (2009). Antioxidantes micronutrientes en lucha por la salud. *CL: Red Revista Chilena de Nutricion*, 2 Recuperado de <http://www.ebrary.com>.

ANEXOS

Anexo 1. Actividad antioxidante para los ocho tratamientos.

Tratamientos	Repeticiones			SUMATORIA	Media
	I	II	III		
T1	4.149	4.061	4.105	12.315	4.11
T2	4.003	4.026	4.015	12.0435	4.01
T3	3.618	3.261	3.440	10.3185	3.44
T4	3.560	3.453	3.507	10.5195	3.51
T5	4.153	4.282	4.218	12.6525	4.22
T6	4.492	4.558	4.525	13.575	4.53
T7	3.729	3.719	3.724	11.172	3.72
T8	3.256	3.477	3.367	10.0995	3.37
SUMATORIA	30.96	30.837	30.8985	92.6955	

Anexo 2. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T1

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	G	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	3.762	3.731	0.325
10	0.17	987	0.987	3.700	3.548	1.600
20	0.33	923	0.923	3.395	3.212	1.925
30	0.50	846	0.846	3.029	2.840	1.975
40	0.67	767	0.767	2.652	2.440	2.225
50	0.83	678	0.678	2.229	1.986	2.550
60	1.00	576	0.576	1.743	1.571	1.800
70	1.17	504	0.504	1.400	1.286	1.200
80	1.33	456	0.456	1.171	1.064	1.125
90	1.50	411	0.411	0.957	0.852	1.100
100	1.67	367	0.367	0.748	0.607	1.475
110	1.83	308	0.308	0.467	0.369	1.025
120	2.00	267	0.267	0.271	0.214	0.600
130	2.17	243	0.243	0.157	0.157	0.500
140	2.33	223	0.223	0.062	0.027	0.275
150	2.50	212	0.212	0.010	0.010	0.0
160	2.67	212	0.212	0.010	0.010	0.0
170	2.83	212	0.212	0.010	0.010	0.0

Anexo 3. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T2

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	3.545	3.516	0.325
10	0.17	987	0.987	3.486	3.391	1.050
20	0.33	945	0.945	3.295	3.168	1.400
30	0.50	889	0.889	3.041	2.814	2.500
40	0.67	789	0.789	2.586	2.398	2.075
50	0.83	706	0.706	2.209	2.045	1.800
60	1.00	634	0.634	1.882	1.730	1.675
70	1.17	567	0.567	1.577	1.375	2.225
80	1.33	478	0.478	1.173	1.023	1.650
90	1.50	412	0.412	0.873	0.766	1.175
100	1.67	365	0.365	0.659	0.552	1.175
110	1.83	318	0.318	0.445	0.370	0.825
120	2.00	285	0.285	0.295	0.230	0.725
130	2.17	256	0.256	0.164	0.164	0.525
140	2.33	235	0.235	0.068	0.068	0
150	2.50	235	0.235	0.068	0.068	0
160	2.67	235	0.235	0.068	0.068	0

Anexo 4. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T3

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	4.000	3.968	0.325
10	0.17	987	0.987	3.935	3.775	1.600
20	0.33	923	0.923	3.615	3.420	1.950
30	0.50	845	0.845	3.225	3.058	1.675
40	0.67	778	0.778	2.890	2.585	3.050
50	0.83	656	0.656	2.280	2.085	1.950
60	1.00	578	0.578	1.890	1.753	1.375
70	1.17	523	0.523	1.615	1.475	1.400
80	1.33	467	0.467	1.335	1.173	1.625
90	1.50	402	0.402	1.010	0.973	0.375
100	1.67	387	0.387	0.935	0.803	1.325
110	1.83	334	0.334	0.670	0.580	0.900
120	2.00	298	0.298	0.490	0.408	0.825
130	2.17	265	0.265	0.325	0.278	0.475
140	2.33	246	0.246	0.230	0.183	0.475
150	2.50	227	0.227	0.135	0.135	0.0
160	2.67	227	0.227	0.135	0.135	0.0
170	2.83	227	0.227	0.135	0.135	0.0

Anexo 5. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T4

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	3.762	3.657	1.100
10	0.17	956	0.956	3.552	3.345	2.175
20	0.33	869	0.869	3.138	3.026	1.175
30	0.50	822	0.822	2.914	2.781	1.400
40	0.67	766	0.766	2.648	2.400	2.600
50	0.83	662	0.662	2.152	1.905	2.600
60	1.00	558	0.558	1.657	1.552	1.100
70	1.17	514	0.514	1.448	1.326	1.275
80	1.33	463	0.463	1.205	1.050	1.625
90	1.50	398	0.398	0.895	0.795	1.050
100	1.67	356	0.356	0.695	0.529	1.750
110	1.83	286	0.286	0.362	0.362	0.725
120	2.00	257	0.257	0.224	0.179	0.475
130	2.17	238	0.238	0.133	0.105	0.300
140	2.33	226	0.226	0.076	0.076	0
150	2.50	226	0.226	0.076	0.076	0
160	2.67	226	0.226	0.076	0.076	0

Anexo 6. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T5

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	3.545	3.423	1.350
10	0.17	946	0.946	3.300	3.116	2.025
20	0.33	865	0.865	2.932	2.789	1.575
30	0.50	802	0.802	2.645	2.473	1.900
40	0.67	726	0.726	2.300	2.086	2.350
50	0.83	632	0.632	1.873	1.700	1.900
60	1.00	556	0.556	1.527	1.409	1.300
70	1.17	504	0.504	1.291	1.202	0.975
80	1.33	465	0.465	1.114	0.970	1.575
90	1.50	402	0.402	0.827	0.773	0.600
100	1.67	378	0.378	0.718	0.645	0.800
110	1.83	346	0.346	0.573	0.486	0.950
120	2.00	308	0.308	0.400	0.332	0.750
130	2.17	278	0.278	0.264	0.214	0.550
140	2.33	256	0.256	0.164	0.070	0.475
150	2.50	232	0.232	0.055	0.012	0.175
160	2.67	218	0.218	-0.009	-0.009	0
170	2.83	218	0.218	-0.009	-0.009	0
180	3.00	218	0.218	-0.009	-0.009	0

Anexo 7. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T6

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	4.000	3.920	0.800
10	0.17	968	0.968	3.840	3.740	1.000
20	0.33	928	0.928	3.640	3.490	1.500
30	0.50	868	0.868	3.340	3.150	1.900
40	0.67	792	0.792	2.960	2.760	2.000
50	0.83	712	0.712	2.560	2.368	1.925
60	1.00	635	0.635	2.175	1.980	1.950
70	1.17	557	0.557	1.785	1.610	1.750
80	1.33	487	0.487	1.435	1.250	1.850
90	1.50	413	0.413	1.065	0.895	1.700
100	1.67	345	0.345	0.725	0.585	1.400
110	1.83	289	0.289	0.445	0.335	1.100
120	2.00	245	0.245	0.225	0.160	0.650
130	2.17	219	0.219	0.095	0.055	0.400
140	2.33	203	0.203	0.015	0.008	0.075
150	2.50	200	0.200	0.000	-0.005	0.05
160	2.67	198	0.198	-0.010	-0.010	0
170	2.83	198	0.198	-0.010	-0.010	0
180	3.00	198	0.198	-0.010	-0.010	0

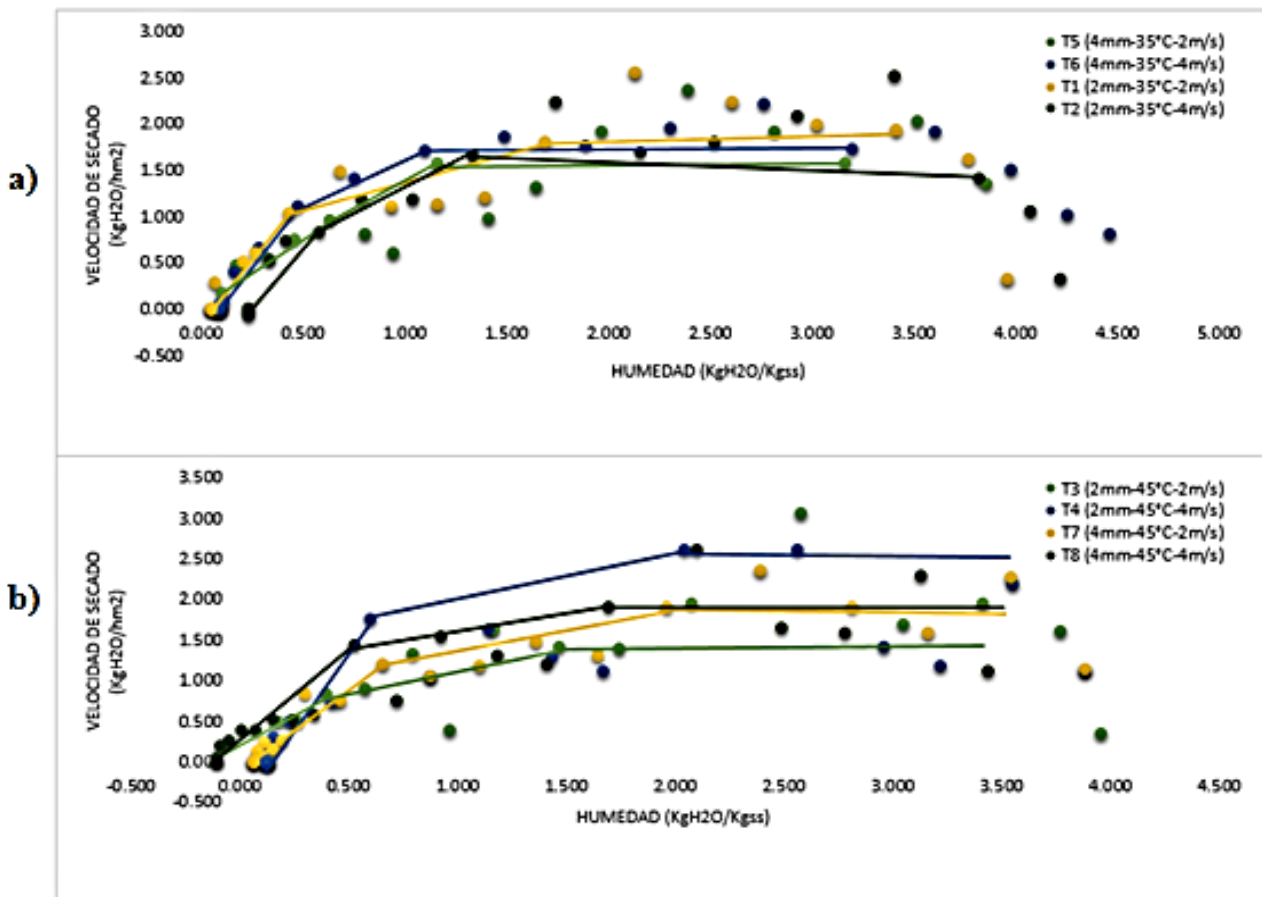
Anexo 8. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T7

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	4.000	3.888	1.125
10	0.17	955	0.955	3.775	3.550	2.250
20	0.33	865	0.865	3.325	3.168	1.575
30	0.50	802	0.802	3.010	2.820	1.900
40	0.67	726	0.726	2.630	2.395	2.350
50	0.83	632	0.632	2.160	1.970	1.900
60	1.00	556	0.556	1.780	1.650	1.300
70	1.17	504	0.504	1.520	1.373	1.475
80	1.33	445	0.445	1.225	1.108	1.175
90	1.50	398	0.398	0.990	0.885	1.050
100	1.67	356	0.356	0.780	0.660	1.200
110	1.83	308	0.308	0.540	0.465	0.750
120	2.00	278	0.278	0.390	0.308	0.825
130	2.17	245	0.245	0.225	0.200	0.250
140	2.33	235	0.235	0.175	0.160	0.150
150	2.50	229	0.229	0.145	0.123	0.225
160	2.67	220	0.220	0.100	0.087	0.125
170	2.83	215	0.215	0.075	0.075	0
180	3.00	215	0.215	0.075	0.075	0
190	3.17	215	0.215	0.075	0.075	0

Anexo 9. Humedad y velocidad de secado para el tratamiento T8

Tiempo	Tiempo	Peso sólido húmedo	Peso sólido húmedo	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD
T	t	W	W	X	$\Delta X1$	R
Min	Horas	g	Kg	kg H2O/ kg ss	kg H2O/ kg ss	kg H2O/h*m ²
0	0.00	1000	1.000	3.545	3.445	1.100
10	0.17	956	0.956	3.345	3.139	2.275
20	0.33	865	0.865	2.932	2.789	1.575
30	0.50	802	0.802	2.645	2.495	1.650
40	0.67	736	0.736	2.345	2.109	2.600
50	0.83	632	0.632	1.873	1.700	1.900
60	1.00	556	0.556	1.527	1.418	1.200
70	1.17	508	0.508	1.309	1.191	1.300
80	1.33	456	0.456	1.073	0.934	1.525
90	1.50	395	0.395	0.795	0.727	0.750
100	1.67	365	0.365	0.659	0.530	1.425
110	1.83	308	0.308	0.400	0.348	0.575
120	2.00	285	0.285	0.295	0.250	0.500
130	2.17	265	0.265	0.205	0.159	0.500
140	2.33	245	0.245	0.114	0.080	0.375
150	2.50	230	0.230	0.045	0.011	0.375
160	2.67	215	0.215	-0.023	-0.045	0.25
170	2.83	205	0.205	-0.068	-0.084	0
180	3.00	198	0.198	-0.100	-0.100	0
190	3.17	198	0.198	-0.100	-0.100	0
200	3.33	198	0.198	-0.100	-0.100	0

Anexo 10. a) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T1, T2, T5, T6); b) Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre (T3, T4, T7, T8).



Anexo 11. Evaluación sensorial de mashua deshidratada



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SECADO DE LA MASHUA MORADA *Tropaeolum
tuberosum* SOBRE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS Y ACTIVIDAD

EVALUACIÓN SENSORIAL

El presente instructivo está orientado a evaluar las características organolépticas de la Mashua morada *Tropaeolum tuberosum* deshidratada.

INSTRUCCIONES PARA EL DEGUSTADOR

Es importante que para la degustación del producto se tome el tiempo que sea necesario y analice detenidamente cada una de las características que se detallan en esta evaluación. Es necesario neutralizar su paladar antes de la siguiente característica que está evaluando.

Señale con una X en las categorías que usted crea correcto según la siguiente información:

- 4 (Excelente)
- 3 (Bueno)
- 2 (Regular)
- 1 (Malo)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

FECHA:

Nº DE CATADOR:.....

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
COLOR	Excelente								
	Buena								
	Regular								
	Mala								
AROMA	Excelente								
	Buena								
	Regular								
	Mala								
SABOR	Excelente								
	Buena								
	Regular								
	Mala								
TEXTURA	Excelente								
	Buena								
	Regular								
	Mala								
OBSERVACIONES:									

Anexo 12. Rangos tabulados para el color

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Max	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Sum	38.00	30.00	31.00	40.00	39.00	49.00	51.00	40.00
Mean	2.53	2.00	2.07	2.67	2.60	3.27	3.40	2.67
Std. error	0.19	0.17	0.15	0.16	0.16	0.23	0.21	0.21
Variance	0.55	0.43	0.35	0.38	0.40	0.78	0.69	0.67
Stand. dev	0.74	0.65	0.59	0.62	0.63	0.88	0.83	0.82
Coeff. var	29.34	32.73	28.72	23.15	24.33	27.05	24.36	30.62

Anexo 13. Rangos tabulados para el aroma

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00
Max	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Sum	44.00	40.00	36.00	41.00	38.00	44.00	39.00	41.00
Mean	2.93	2.67	2.40	2.73	2.53	2.93	2.60	2.73
Std. error	0.21	0.16	0.21	0.18	0.17	0.23	0.29	0.18
Variance	0.64	0.38	0.69	0.50	0.41	0.78	1.26	0.50
Stand. dev	0.80	0.62	0.83	0.70	0.64	0.88	1.12	0.70
Coeff. var	27.23	23.15	34.50	25.75	25.26	30.13	43.12	25.75

Anexo 14. Rangos tabulados para el sabor

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Max	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00
Sum	35.00	33.00	34.00	35.00	37.00	44.00	45.00	37.00
Mean	2.33	2.20	2.27	2.33	2.47	2.93	3.00	2.47
Std. error	0.19	0.17	0.18	0.16	0.22	0.23	0.22	0.19
Variance	0.52	0.46	0.50	0.38	0.70	0.78	0.71	0.55
Stand. dev	0.72	0.68	0.70	0.62	0.83	0.88	0.85	0.74
Coeff. var	31.02	30.73	31.05	26.45	33.80	30.13	28.17	30.13

Anexo 15. Rangos tabulados para la textura

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Min	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00
Max	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Sum	34.00	37.00	37.00	35.00	42.00	48.00	47.00	42.00
Mean	2.27	2.47	2.47	2.33	2.80	3.20	3.13	2.80
Std. error	0.21	0.24	0.13	0.13	0.14	0.24	0.17	0.24
Variance	0.64	0.84	0.27	0.24	0.31	0.89	0.41	0.89
Stand. dev	0.80	0.92	0.52	0.49	0.56	0.94	0.64	0.94
Coeff. var	35.24	37.11	20.94	20.91	20.02	29.41	20.42	33.61