



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS

**OBTENCIÓN DE PRODUCTOS TIPO APERITIVO (SNACK) DE
MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE FRITURA AL VACÍO.**

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERA DE ALIMENTOS

VERÓNICA YESSENIA SERRANO GAIBOR

DIRECTOR: Dr. Juan Bravo

Quito, enero 2013

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **VERÓNICA YESSÉNIA SERRANO GAIBOR**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

VERÓNICA YESSÉNIA SERRANO GAIBOR

C.I. 1723455109

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **Obtención de productos tipo aperitivo (snack) de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante la aplicación de fritura al vacío**, que, para aspirar al título de **Ingeniera de Alimentos** fue desarrollado por **Verónica Serrano**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Dr. Juan Bravo
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 100136741-4

Este trabajo es parte del Proyecto de Investigación financiado por la IV Convocatoria de la Universidad Tecnológica Equinoccial, IV.UIO.ING.08:
“Aplicación de Fritura al vacío para obtener productos tipo Snack de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y oca (*Oxalis tuberosa*)”

DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz que guía mi vida, por nunca dejarme sola y darme la oportunidad de estar aquí y todo lo que tengo.

A mis padres, porque han sabido guiarme por el camino de la fe en nuestro Padre Celestial, la generosidad, honradez, gratitud, responsabilidad y amor; por apoyarme en todo momento sin escatimar esfuerzos ni sacrificios, a quienes debo lo que soy y a los que amo con todo mi corazón.

A mi hermana Jessy, por a pesar de todo estar ahí y apoyarme siempre, por quererme tal y como soy, y por ser ese ángel que ha estado junto a mí desde el inicio de mi vida.

A mi hermano Welly, por ser esa personita que llena de alegría mi vida, y que con su inocencia, sinceridad, y gran espíritu me enseña cosas pequeñas pero muy valiosas de la vida que a veces he osado olvidar.

Y a todas las personas que creyeron y confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y sus excelentes profesores; porque a más de ser nuestros maestros fueron nuestros amigos y nos apoyaron e inculcaron valiosas enseñanzas durante toda la carrera, las cuales no solo me han servido en mi vida estudiantil y profesional, sino también en mi vida personal.

Al Dr. Juan Bravo e Ing. Carlota Moreno, por sus conocimientos compartidos, paciencia, apoyo, sabios consejos y acertadas sugerencias brindadas durante la realización de este trabajo.

A la Ing. Elena Villacrés INIAP, por la su valiosa colaboración en los análisis.

A toda mi familia, en especial a mi tía Su, por su amor, ayuda y valiosos consejos que me han impulsado para seguir adelante.

A mis amigas y amigos, Lore, Sofy, Karito, Dru, Andresito, Dieguin, Vale, Cevallitos, Anita y Maury; con los que he compartido buenos y malos momentos, que siempre me brindaron su amistad, respeto, cariño y ayuda desinteresada en el momento oportuno y por los buenos momentos que juntos vivimos.

A todos mis compañeros de la universidad, que hicieron que mi vida universitaria sea una de las mejores experiencias que he tenido, y me permitieron ser su presidenta durante toda la carrera, con los que compartí innumerables momentos de alegrías y tristezas, pero que juntos siempre supimos salir adelante.

A todas las personas que de una u otra forma aportaron con algo para poder culminar con éxito esta meta, a aquellas que supieron brindarme sus conocimientos, consejos, a aquellas que me supieron escuchar y darme ánimos para no decaer ante las dificultades.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. RAÍCES Y TUBÉRCULOS ANDINOS	4
2.2. MASHUA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	5
2.2.1. PRODUCCIÓN	6
2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MASHUA	8
2.2.3. GLUCOSINOLATOS PRESENTES EN LA MASHUA	10
2.2.4. CARACTERÍSTICAS CULINARIAS Y DIVERSIFICACIÓN EN LA DIETA	12
2.2.5. ALTERNATIVAS AGROINDUSTRIALES DE LAS RTAs	13
2.3. COCCIÓN EN AGUA	14
2.3.1. FUNCIONES Y VENTAJAS	15
2.3.2. MODIFICACIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA COCCIÓN	16
2.3.3. MODIFICACIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA COCCIÓN	16
2.4. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	17
2.4.1. SOLUCIÓN OSMÓTICA	18
2.4.2. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VELOCIDAD DE DESHIDRATACIÓN	19

	PÁGINA
2.4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	20
2.5. FRITURA AL VACÍO.....	21
2.5.1. DESHIDRATACIÓN DEL PRODUCTO DURANTE EL PROCESO DE FRITURA AL VACIO	23
2.5.2. ABSORCIÓN DE ACEITE DURANTE EL PROCESO DE FRITURA AL VACIO.....	23
2.5.3. EFECTOS DE LA FRITURA AL VACIO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....	24
2.5.4. ALIMENTOS PROCESADOS CON FRITURA AL VACIO	26
3. METODOLOGÍA.....	35
3.1. MATERIA PRIMA	35
3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	35
3.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MASHUA.....	36
3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	39
3.3.1. FASE 1: PRETRATAMIENTOS APLICADOS A LA MATERIA PRIMA	39
3.3.2. FASE 2: PROCESO DE FRITURA AL VACÍO	40
3.3.3. FASE 3: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PRETRATAMIENTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....	41
3.4. ACEPTABILIDAD	41
3.5. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL	42
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	43
4.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MASHUA.....	44

	PÁGINA
4.2.1. FASE 1: PRETRATAMIENTOS APLICADOS A LA MATERIA PRIMA	44
4.2.2. FASE 2: PROCESO DE FRITURA AL VACÍO	49
4.2.3. FASE 3: EFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL	57
4.3. ACEPTABILIDAD	65
4.4. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL	66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1. CONCLUSIONES	72
5.2. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Producción Nacional de la Mashua	7
Tabla 2. Composición química de la mashua	8
Tabla 3. Métodos utilizados para la caracterización química de la mashua cruda y procesada.	35
Tabla 4. Condiciones de T y t en el proceso de fritura a vacío	40
Tabla 5. Tratamientos previos a la fritura del vacío	41
Tabla 6. Composición química de la mashua fresca.....	43
Tabla 7. Acidez titulable y pH de mashua fresca y cocida	45
Tabla 8. Acidez titulable y ph de las rodajas de mashua deshidratadas osmóticamente	46
Tabla 9. Contenido de humedad y sólidos solubles de las rodajas de mashua deshidratadas osmóticamente	47
Tabla 10. Contenido de grasa, humedad, acidez y pH de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.....	57
Tabla 11. Fuerza de ruptura (crocancia) de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.....	63
Tabla 12. Composición química de los <i>chips</i> de mashua	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Vitamina C de algunas RTAs	9
Figura 2. Estructura química general de los glucosinolatos	10
Figura 3. Productos de degradación de los glucosinolatos	11
Figura 4. Fenómenos de transferencia de masa durante la D. O	18
Figura 5. Diagrama de flujo de la obtención de <i>snacks</i> de mashua	37
Figura 6. Sistema de deshidratación osmótica	38
Figura 7. Sistema de fritura al vacío	38
Figura 8. Acidez titulable de mashua fresca y con la aplicación de los pretratamientos	47
Figura 9. Contenido de humedad de mashua fresca y D.O	48
Figura 10. Contenido de grasa de los <i>snacks</i> de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa	49
Figura 11. Contenido de humedad de los <i>snacks</i> de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa	51
Figura 12. Curva de pérdida de humedad en el proceso de fritura al vacío de <i>chips</i> de mashua	53
Figura 13. Acidez titulable de los <i>snacks</i> de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa	54
Figura 14. pH de los <i>snacks</i> de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa	55
Figura 15. Acidez titulable y pH en las diferentes etapas del proceso	56
Figura 16. Contenido de grasa de los <i>chips</i> de mashua con y sin aplicación de pretratamientos	58
Figura 17. Contenido de humedad de las rodajas de mashua antes del proceso de fritura	59

Figura 18. Contenido de humedad de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos	60
Figura 19. Acidez titulable de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos	61
Figura 20. pH de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos	62
Figura 21. Fuerza de ruptura de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos	64
Figura 22. Composición química de la mashua en estado fresco y los <i>chips</i> de mashua	65
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de obtención de <i>snacks</i> de mashua y su rendimiento	67
Figura 24. Calificación promedio de la aceptabilidad de los <i>chips</i> de mashua	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
FORMATO DE PRUEBA DE CONSUMO.....	87
ANEXO II	
FORMATO DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD	88
ANEXO III	
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO.....	89
ANEXO IV	
FOTOGRAFÍAS DE LOS <i>CHIPS</i> DE MASHUA	92

RESUMEN

El objetivo de éste trabajo fue aplicar la tecnología de fritura al vacío para obtener un producto tipo aperitivo (*snack*) de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Para la elaboración de estos *snacks* o *chips* (hojuelas), se utilizó el ecotipo Ecu-1124, variedad chaucha. Primero se realizó la caracterización química, luego se cortaron rodajas con un espesor de 2 mm, se sometió a dos pretratamientos; cocción por 15 min y deshidratación osmótica (en una solución de 50°Brix de azúcar invertido, a 60 °C, durante 15 min). La fritura al vacío se efectuó a 110 y 120 °C, a 5.24 kPa de presión, por tiempos de 8, 10, 12, 14, 15 min; en las rodajas fritas se determinó el contenido de humedad, grasa, acidez y pH; los resultados se analizaron con ANOVA multifactorial. La muestra procesada a 110 °C por 14 min presentó los menores valores (humedad 2 %, grasa 11 %, acidez 0.5 %). Se comparó con la muestra procesada por fritura convencional a 170 °C por 2 min, preparada con los mismos pretratamientos; los *chips* fritos al vacío presentaron un 60% menos del contenido de grasa. Se evaluó además, el efecto de los pretratamientos en la calidad del producto final, y se observó que los dos pretratamientos influyen significativamente en el contenido de humedad, grasa, acidez y pH. Los *chips* pretratados solo con cocción, presentaron una mayor cantidad de grasa, mientras que, los que fueron deshidratados osmóticamente, presentaron una menor cantidad; hecho que se lo relacionó con contenido de humedad antes de entrar al proceso de fritura, el cual fue alto en los cocidos y bajo en los deshidratados. Posteriormente se efectuó una prueba de aceptabilidad a dos muestras de *chips*, uno, frito después de la cocción y el otro frito después de la cocción y deshidratación osmótica; y el producto de mayor aceptabilidad sensorial fue el *chip* frito al vacío y pretratado con cocción y deshidratación osmótica.

ABSTRACT

The objective of this study was to apply the technology of vacuum frying to obtain a snack-type product of mashua (*Tropaeolum tuberosum*). These chips were prepared using the ecotype Ecu-1124, chaucha variety. In first place was applied a chemical characterization, then cut slices with a thickness of 2 mm, the chips were subjected to two pretreatments, cooking for 15 min and osmotic dehydration (in a 50 ° Brix solution of invert sugar, 60 ° C for 15 min). The vacuum frying was carried out at 110 to 120 ° C at 5.24 kPa, times of 8, 10, 12, 14, 15 min; in fried slices were determined moisture content, fat, acidity and pH; the results were analyzed by ANOVA multifactorial. The chips processed at 110 ° C for 14 min showed the lowest values (2% moisture, 11% fat, 0.5% acidity). The results were compared with the chips processed by conventional frying at 170 ° C for 2 min, prepared with the same pretreatment, and the vacuum fried chips had a 60% lower fat content. Also was evaluated the effect of pretreatment on the final product quality, and observed that the two pretreatments significantly influence the moisture content, fat, acidity and pH. The chips pretreated only with cooking, had a higher amount of fat, while those that were osmotically dehydrated, had a lower amount; fact that it related to moisture content before starting the frying process, which was high in the cooked and low in the dehydrated. Thereafter a test was conducted on two samples of acceptability chips, one cooking before fried and other cooking before frying and osmotic dehydration, and the product that obtains higher sensory acceptability was the vacuum fried chip, with cooking and osmotic dehydration pretreatments.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de productos tipo aperitivo (snacks) es elevado en la población, lo cual puede convertirse en un problema ya que estos son obtenidos mediante fritura convencional, pues son sometidos a aceite a altas temperaturas lo que determina una considerable absorción de éste y una pérdida de vitaminas, constituyendo así su consumo un aumento significativo en la ingesta calórica, lo que puede conducir a serios problemas en la salud.

Además, las tendencias del consumidor se orientan hacia una comida saludable, variada y atractiva, de preparación y consumo rápido, que aporte nutrientes suficientes y donde el aspecto y la textura tengan un atractivo que saque de la monotonía que siempre acompaña a la alimentación habitual, prevaleciendo el concepto de que “lo natural es mejor” y se favorece aquellos productos más frescos y saludables. (Estévez, Hurtado, & Vílches, 2005; Nuchera, Gonzáles, Rodríguez, & Guillermo, 2009).

Por otro lado, los cultivos ancestrales de los pueblos andinos del país se ha perdido en gran medida, por la poca oferta de productos elaborados a partir de los frutos de dichos cultivos, por ello el Gobierno por medio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ha impulsado el rescate y cultivo de raíces y tubérculos andinos, en diferentes comunidades de la región centro del país. En el grupo de estas raíces y tubérculos se encuentran la Mashua (INIAP, 2009).

En nuestro país la tecnología de fritura al vacío aun no ha sido desarrollada, pero en algunos países asiáticos se viene practicando hace algunos años.

En esta tecnología, el alimento se procesa a presión subatmosférica en un sistema cerrado, lo que permite disminuir la temperatura de ebullición del agua y, por tanto, la temperatura del aceite. De esta forma, el agua del

alimento se elimina rápidamente cuando el aceite alcanza la temperatura de ebullición del agua (Shyu, Hau, & Hwang, 2005a).

Otra ventaja de la fritura a vacío es que conserva mejor el color y sabor de los alimentos por la baja temperatura y el bajo contenido de oxígeno, prolongando la vida útil del aceite (Fan, Zhang, & Mujumdar, 2005).

Un efecto adicional es la preservación de los alimentos, resultado de la destrucción de los microorganismos y enzimas por efecto del calor y de la reducción de la actividad de agua cuando el alimento se procesa en finas rodajas (Fellows, 1998).

La fritura al vacío por ser un proceso con unas condiciones menos drásticas que la fritura convencional, se le utiliza para obtener productos fritos tipo snack a partir de frutas y vegetales, por ejemplo, zanahorias, manzanas, cebollas, papas, entre otros (Shyu, Hau, & Hwang, 2005b; Shyu & Hwang, 2001).

Por las razones expuestas, y por el compromiso con el desarrollo de la ciencia y la sociedad, se considera importante aplicar esta tecnología y aprovechar productos nativos ecuatorianos de mayor valor agregado.

Para el desarrollo de esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Obtener Productos tipo Aperitivo (*snack*) de Mashua con aplicación de Fritura al Vacío.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización química de la materia prima (Mashua).
- Aplicar tratamientos previos a la materia prima.
- Optimizar el proceso de fritura al vacío para la elaboración de *chips* de mashua.
- Caracterizar químicamente el producto final.
- Determinar la aceptabilidad del producto final.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. RAÍCES Y TUBÉRCULOS ANDINOS

La producción de raíces y tubérculos andinos (RTAs) está concentrada en la región andina del Ecuador, puesto que, en todo el país no hay otra zona en la que existan condiciones adecuadas para producir RTAs, en términos de lluvia y suelo (Barrera, Espinosa, Tapia, Monteros, & Valverde, 2004).

Dentro del grupo de los tubérculos denominados (RTAs) se encuentran: melloco (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalictuberosa*), zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), mashua (*Tropaeolum hlberosum*), achira (*Cannaedulis*), jícama ó yacón (*Smallanthus sonchifolius*), miso ó mauca (*Mirabilis expansa*) (Barrera *et al.*, 2004).

Las RTAs desde el punto de vista de la Seguridad Alimentaria, constituyen una fuente muy variada en cuanto a contenidos nutritivos que sirven para alimentación humana. Contienen compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides, que permiten prevenir algunas enfermedades, también son fuente de sustancias químicas para utilizar en la industria farmacéutica. Sin embargo las RTAs, a pesar de ser una excelente opción para la agroindustria y la industria farmacéutica, se presenta una marcada tendencia decreciente en cuanto a producción y consumo (Barrera *et al.*, 2004).

Existen varios factores que afectan la producción y conservación de estos cultivos y causan su creciente marginación como la introducción de nuevos cultivos más rentables, la aculturización de la población indígena, la falta de incentivos para su producción y la erosión genética de la especies; éste último está influenciado por el constante cambio en los hábitos alimenticios, simplificación de la agricultura a pocos cultivos, poco auspicio a los cultivos

autóctonos debido a prejuicios sociales y susceptibilidad a plagas y enfermedades (Brito & Espín, 1999a; Condori, Almanza, & Gonzáles, 2003; Tapia *et al.*, 2004).

Para la conservación de estos recursos genéticos, se evidencian dos sistemas; la conservación *in situ* de recursos genéticos de plantas que consiste en el continuo manejo de cultivos por parte de los agricultores en el agroecosistema donde éstos han evolucionado, la misma que se complementa con la conservación *ex situ*, en la cual materiales de estos agroecosistemas son llevados hacia los bancos de genes, permitiendo así la subsistencia de los recursos genéticos para el bienestar de las futuras generaciones (Tapia *et al.*, 2004).

2.2. MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)

La mashua es una planta originaria de los Andes centrales y ha sido cultivada desde épocas preincaicas, las primeras evidencias arqueológicas datan de 650-1350 después de Cristo, en las cuevas de Huachumachay localizadas en el valle de Jauja, Perú. Sin embargo, con la ausencia de un estudio integral acerca de los cultivos y formas silvestres de mashua, es difícil establecer un área como centro de origen del cultivo (Giannoni, 2007; Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003).

Debido a los extraordinarios contrastes geográficos con que cuenta la región andina, ésta llegó a ser uno de los ocho centros importantes del mundo de domesticación de especies en cultivos y hoy provee raíces, legumbres y tubérculos. La misma se extiende desde Colombia al norte hasta Chile al sur, incluyendo el norte de Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú (Alfaro, Illanes, Vera, Torrez, & Larondelle, 1999; Ames de Icochea, 1997).

En la época precolombina, la diversidad de los cultivos andinos sirvió como una forma de seguro agrícola y por lo tanto como una garantía para la seguridad alimentaria de los pueblos (Alfaro *et al.*, 1999).

2.2.1. PRODUCCIÓN

La mashua es una planta de fácil cultivo que puede realizarse en suelos con bajo contenido de nutrientes y no requiere del uso de fertilizantes y pesticidas, aún así, su rendimiento puede ser mayor al de la papa. La cosecha se puede realizar a los 6 u 8 meses de su cultivo (CIP, 2007; CIT, 2005).

Los tubérculos mashua pueden ser almacenados en lugares fríos y ventilados e incluso bajo el suelo para ser extraído cuando se necesiten en un tiempo de hasta seis meses (CIP, 2007).

La planta es resistente a las heladas, y presenta la capacidad de repeler insectos, nematodos, consecuencia de la presencia de componentes como glucosinolatos e isotiocianatos. (Guidi & Machaca, 2003)

Aunque la mashua por su sabor astringente sea el tubérculo menos apetecido por los consumidores en comparación con los otros como el melloco y la oca; la mashua representa al cultivo con mayor potencial de rendimiento, pudiendo ser considerado desde el punto de vista agronómico como el más promisorio y de más alto rendimiento en comparación a cualquier otro tubérculo andino incluyendo la papa (INIAP, 1989).

En parcelas experimentales en Ecuador y Perú se han registrados entre 50.000 y 70.000 kg/ha de rendimiento, la variación de éste se debe a la influencia de factores como la calidad de semilla, niveles de fertilización, cantidad de follaje formado y la variedad (Arabizu & Tapia, 1992; Patiño, Valdivia, Gonzales, & García, 2003).

La variedad del tubérculo constituye uno de los factores con mayor influencia en el rendimiento potencial, por lo que, una selección de variedades adaptadas a las distintas condiciones de suelo y clima de cada zona constituiría una estrategia para mejorar la eficiencia de producción y el rendimiento de los cultivos y (Gómez, Rodríguez, & Fernández, 2000; Patiño *et al.*, 2003).

En la tabla 1 se muestra las superficies sembradas y cosechadas, así como las cantidades cosechadas y vendidas de la mashua en varias provincias del país con sus respectivos cantones, según el censo realizado por el MAG en el año 2000.

Tabla 1. Producción Nacional de la Mashua

Provincia	Cantón	Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Cantidad Cosechada (t)	Cantidad Vendida (t)
Azuay	Cuenca	Mashua	1	1	1	0
Bolívar	Guaranda	Mashua	5	3	6	3
Cañar	Cañar	Mashua	1	1	1	-
Cotopaxi	Latacunga	Mashua	8	4	4	4
	Salcedo	Mashua	1	1	1	1
	Riobamba	Mashua	4	4	4	4
Chimborazo	Guamote	Mashua	5	2	1	1
	Colta	Mashua	3	2	7	6
Tungurahua	Ambato	Mashua	5	4	15	14

(MAG, 2000)

2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MASHUA

Según Espín, Villacrés, y Brito (2004) señalan que debido a que la cantidad de agua en los alimentos es altamente variable, es necesario expresar los valores en base a la materia seca, o presentar de manera simultánea el contenido de humedad ya que muchos datos publicados han omitido este importante aspecto y por lo tanto carecen de utilidad. La composición química de la mashua se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química de la mashua

Parámetro	Valor
Humedad (%)	88.70
Cenizas (%)	4.81
Proteína (%)	9.17
Fibra (%)	5.86
Extracto Etéreo (%)	4.61
Carbohidrato total (%)	75.40
Almidón (%)	46.92
Azúcar total (%)	42.81
Azúcares reductores (%)	35.83
Ca (%)	0.006
P (%)	0.32
Mg (%)	0.11
Na (%)	0.044
K (%)	1.99
Cu (ppm)	9.00
Fe (ppm)	42.00
Mn (ppm)	7.00
Zn (ppm)	48.00
I (ppm)	----
Energía (Kcal/100g)	440.0
Vitamina C (mg / 100g mf)	77.37
Eq. Retinol (Eq / 100g mf)	73.56
Ácido oxálico (mg / 100g mf)	----

* Datos expresados en base seca, muestra entera
mf= materia fresca

(Espín *et al.*, 2004)

En las raíces y tubérculos andinos, los contenidos de materia seca son extremadamente variables (Brito & Espín, 1999b). La mashua presenta porcentajes entre 8 y 24, esta variabilidad se debe a la influencia de factores como la variabilidad genética, las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo (Espín *et al.*, 2004).

La mashua en vitamina C es la que presenta un mayor contenido en relación con otros tubérculos, como se muestra en la Figura 1, con un valor medio de 77 mg de ácido ascórbico por cada 100g de materia fresca (Espín *et al.*, 2004).

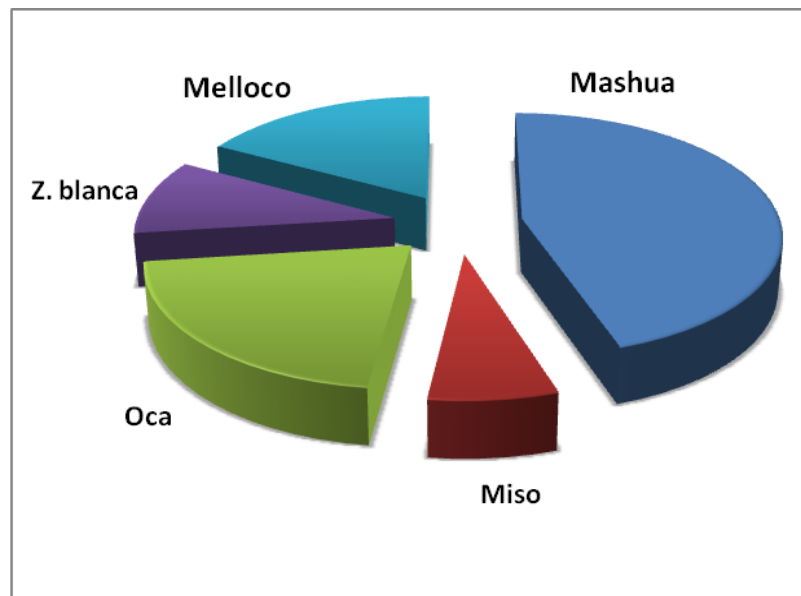


Figura 1. Vitamina C de algunas RTAs. (Espín *et al.*, 2004)

El contenido de provitamina A, expresados como Equivalentes de Retinol (ER) identifica a la mashua como la especie con mayor contenido en carotenos con un contenido medio de 73.56 ER/ 100g de muestra fresca (Espín *et al.*, 2004).

2.2.3. GLUCOSINOLATOS PRESENTES EN LA MASHUA

Los glucosinolatos son aniones orgánicos solubles en agua, poseen un átomo de azufre unido a una β -D-glucopiranososa y una cadena lateral sobre el carbono α del grupo amino tal como se observa en la Figura 2 y que por hidrólisis mediante tioglucosidasas endógenas, denominadas mirosinasas, resultan en diferentes moléculas: isotiocianatos, tiocianatos y nitrilos (Huamaní, 2009). Estos metabolitos secundarios, detectados por lo general en todos los órganos, son responsables del sabor picante y aroma sulfuroso de algunas plantas, que se produce como resultado de su rompimiento en isotiocianatos, se encuentran principalmente en las especies *Cruciferae*, *Brassicaceae* como en el brócoli, nabo, coliflor, en el cultivo andino de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), en la maca (*Lepidium meyenii*) (Arias, 2011; Huamaní, 2009).

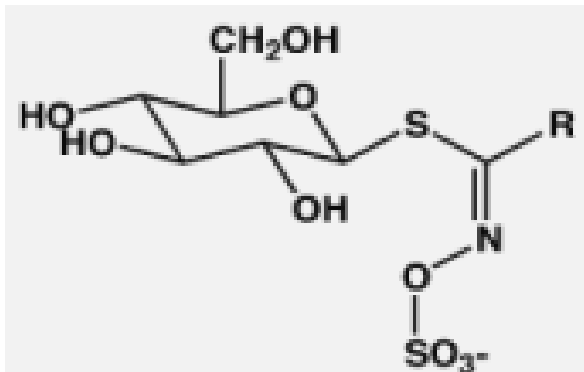


Figura 2. Estructura química general de los glucosinolatos (Arias, 2011)

Los glucosinolatos y sus productos de degradación son considerados como componentes potenciales en la defensa de las plantas contra los insectos herbívoros, hongos, bacterias, moluscos y microorganismos.

Sin embargo, las propiedades defensivas de éstos aumentan frente al daño de sus tejidos, ya sea por daño mecánico, infección o ataque de plagas, se produce un rompimiento celular quedando expuestos los glucosinolatos y facilitando el contacto con la enzima mirosinasa y como resultado de la actividad de esta enzima se liberan glucosa, sulfato y varios compuestos tóxicos, entre los que están isotiocianatos, nitrilos, tiocianatos y oxazolidinas (Arias, 2011) como se presenta en la Figura 3.

Debido a los efectos tóxicos de los productos obtenidos por la degradación de algunos de estos compuestos, su presencia se vuelve indeseable. Los isotiocianatos por diferentes mecanismos biológicos impide la incorporación de yodo a la glándula tiroides, interfieren en la síntesis de la tirosina o bloquean la incorporación del yodo, estimulando la secreción de tirotrófina, provocando la aparición del bocio (Gregorini, 2003).

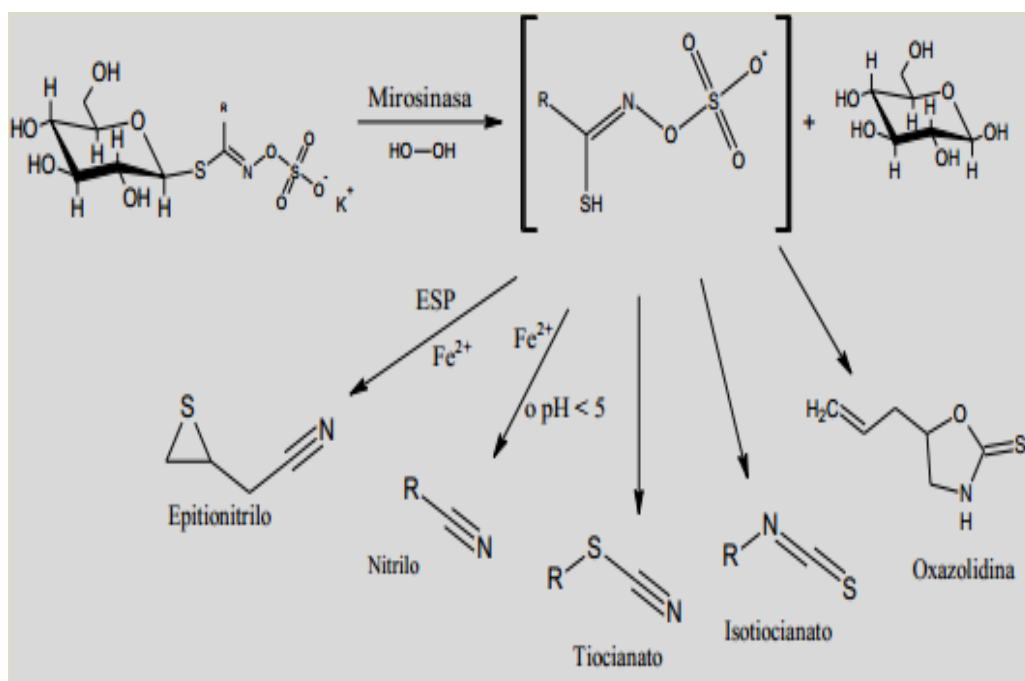


Figura 3. Productos de degradación de los glucosinolatos (Bones & Rossiter, 2006)

Además, los isotiocianatos irritan las mucosas, sin embargo si estos son consumidos como glucosinolatos e hidrolizados en el estomago pueden tener efectos antitiroideos, mientras que los nitrilos, inhiben el crecimiento y provocan lesiones en hígado y riñón (Smith & Brown, 2009). También pueden afectar la utilización digestiva y metabólica de la proteína y por tanto la biodisponibilidad de los aminoácidos, en algunos casos con reducciones de hasta el 50% (Martínez & Martínez, 2006).

El sabor picante característico de la mashua es producido por el p-metoxibenzil isotiocianato, compuesto específico de la subespecie *Tropaeolum tuberosum ssp*, que también contiene pequeñas cantidades de 2-propil isotiocianato y 2-butil isotiocianato, siendo sus principales compuestos (Grau *et al.*, 2003).

Diferentes procesos como una cocción suficientemente prolongada, exposición al sol, fermentación, enlatado, fritura, bajas temperaturas tienen un efecto significativo sobre los isotiocianatos, provocando la inactivación de la enzima mirosinasa, la lisis de las células y lixiviación de estos compuestos y de esta manera eliminar su toxicidad (Gregorini, 2003; Guidi & Machaca, 2003; Verkerk & Dekker, 2008).

2.2.4. CARACTERÍSTICAS CULINARIAS Y DIVERSIFICACIÓN EN LA DIETA

A pesar del sabor poco agradable de los tubérculos andinos, el sabor de la mashua es el más pronunciado y no todos los paladares lo disfrutan por igual, su utilización es variada, empleada en alimentación, como medicina y como planta ornamental (CIT, 2005; Surco, 2004)

La mayoría de la población los consume cocidos, pero previo a ello, son expuestos al sol para aumentar su contenido de azúcares, también se consume en sopas, mermeladas, chupes, fritas y algunos la mezclan con

azúcar para preparar postres. Los brotes tiernos y las flores se consumen cocidos como verduras (CIP, 2007; Giannoni, 2007)

En las zonas rurales en los Andes altos se prepara en forma de sancochado, asado o como thayacha, que consiste en exponer los tubérculos a los efectos de la helada por una noche y consumirlos al día siguiente acompañados de miel de caña (CIT, 2005).

La mashua es también conocida por sus propiedades medicinales, se recomienda su consumo a personas con problemas renales y hepáticos y su aplicación externa en casos de eccemas y manchas. A la mashua también se le adjudican características anafrodísiacas, conocida porque suprime el apetito sexual, disminuye el potencial reproductivo y la función eréctil en el hombre (Grau *et al.*, 2003; Krauss & Soberanis, 2001; Seminario, 2011).

Además, se dice que es un efectivo antibiótico contra bacterias como la *Escherichia coli* y el *Staphylococcus*, y hongos como la *Candida albicans* (CIP, 2007).

2.2.5. ALTERNATIVAS AGROINDUSTRIALES DE LAS RTAs

La domesticación y selección de la gran variedad de recursos fitogenéticos de tubérculos, se dio hace muchos siglos atrás por nuestros antepasados, pero la influencia de costumbres externas a la zona, cambios en los hábitos de consumo la desvalorización y desconocimiento de variedades nativas por las nuevas generaciones y la presión del mercado conducen a una erosión paulatina de la riqueza fitogenética, así como las tradiciones y costumbres locales, usándose como un alimento ocasional y en muy bajas proporciones (García *et al.*, 2003; Montaldo, 1991).

Por ello es necesario incentivar acciones tales como el rescate y valorización de los usos tradicionales y alternativos, como una medida para fortalecer la

conservación y poder llevarlos a una escala industrial (Espinosa, 2004; García *et al.*, 2003)

Según Quispe (2011), el objetivo de aprovechar las características químicas y nutricionales de la mashua, desarrolló nuevos productos como es el caso de una mezcla alimenticia, mermelada para niños y su uso como antioxidante natural, en la industrialización en jarabe para la prevención de enfermedades de la próstata y elaboración de harina de isaño para el engorde de cerdos, entre otros.

En los estudios preliminares para la Agroindustria de las RTAs, Irigoyen y Guidi (2003) realizaron diferentes productos con varios tubérculos, como: harinas, elaboración de puré, tubérculos en almibar, hojuelas y bastones deshidratados, compotas, cremas y obtención de almidón.

Villacrés, Brito, y Espín (2004) manifiestan que la valorización de las RTAs en el sector agroindustrial sólo será posible con la ejecución de acciones encaminadas a mejorar la actual producción y la productividad de las RTAs, que constituyen las principales limitantes de su desarrollo.

2.3. COCCIÓN EN AGUA

La cocción es un tratamiento térmico al cual es sometido el alimento, donde la acción del calor hace que se incremente la movilidad de las moléculas, aportando la energía suficiente para que reaccionen entre ellas y se transformen, causando así, una serie de fenómenos, tanto físicos como químicos, que afectan a la calidad del alimento, porque inciden sobre sus características organolépticas, nutritivas y sanitarias (Bello, 1998).

Esta operación se efectúa en un sistema abierto con agua, donde los alimentos se encuentran sumergidos y el calor va subiendo poco a poco hasta alcanzar temperaturas aproximadas a 100°C, cuando empieza la

ebullición, se baja el fuego para evitar una evaporación rápida y la pérdida de líquido (Grüner, Metz, & Gil, 2008).

El objetivo principal de la cocción es ablandar los tejidos de los alimentos y gelatinizar el almidón para que sean más fácilmente digeridos, pero por la acción del calor, además, se manifiestan modificaciones físicas y químicas que mejoran el aroma, el sabor y la digestibilidad del alimento al producirse la solución parcial de las pectinas que cementan las uniones entre las células y la destrucción de la celulosa de la pared celular, liberando así sustancias nutritivas intracelulares (Vázquez, De Cos, & López, 2005).

2.3.1. FUNCIONES Y VENTAJAS

La cocción permite eliminar algunas sustancias potencialmente tóxicas, tales como derivados cianurados, pesticidas, nitratos, aditivos, entre otros, ya que las solubiliza y pueden ser descartados fácilmente en el líquido de cocción (Bello, 1998).

La aplicación de éste proceso aumenta la digestibilidad y la biodisponibilidad de los alimentos ya que, ablanda su textura provocando de esta manera que las sustancias nutritivas y los jugos sean más accesibles, además, coagula la albúmina y espesa el almidón, por lo que se aprovechan mejor los nutrientes necesarios para el cuerpo humano (Gil, 2010).

Debido a la acción del calor en este proceso, se produce una reducción en la carga microbiana e inactivación de enzimas indeseables induciendo a alargar la vida útil del alimento como a mejorar sus características organolépticas (Gil, 2010).

2.3.2. MODIFICACIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA COCCIÓN

Se refiere a los cambios externos y visibles que afectan a la apariencia, textura y aroma y sabor del producto, con la clara repercusión visual, olfativa y gustativa (Bello, 1998).

La cocción afecta al volumen del alimento, bien sea por aumento o disminución a causa de la absorción de agua o por la deshidratación o pérdida de grasa al ser fundida respectivamente, también afecta a la consistencia, por desnaturalización y coagulación de las proteínas y por dextrinización del almidón, que trae como consecuencia el endurecimiento del alimento, sucediendo lo contrario con las fibras ya que estas se ablandan (Mataix & Carazo, 2005).

Además, su influencia se evidencia en las características organolépticas, por la caramelización de azúcares simples y pardeamiento de proteínas (color), liberación de sustancias volátiles (olor), formación de nuevos productos y solubilización (sabor) (Mataix & Carazo, 2005).

2.3.3. MODIFICACIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS EN LOS ALIMENTOS DURANTE LA COCCIÓN

Se refiere a cambios que afectan a la composición molecular del alimento y se relacionan tanto con su valor nutritivo, como con su seguridad microbiana (Bello, 1998).

Por la acción del calor y la presencia de agua que conlleva este proceso, los hidratos de carbono se gelatinizan, debido a una formación de un engrudo de almidón, en cambio, las proteínas pueden coagularse, hidrolizarse y desnaturalizarse, acompañadas de la inactivación de enzimas, además, la digestibilidad de las mismas mejora si se aplica un calor suave, pero a

temperaturas mayores a 100°C se llevaría a cabo una isomerización y descomposición de los aminoácidos. Los lípidos en cambio, a temperaturas variables se funden en función de los triglicéridos presentes, abandonando parcialmente el alimento que los contiene (Mataix & Carazo, 2005).

2.4. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de la ingeniería de alimentos, en la que ocurren efectos combinados de deshidratación e impregnación de solutos (Barra, 2009). Constituye un tratamiento a bajas temperaturas utilizado para reducir el contenido de agua de los alimentos, con el objetivo de extender su vida útil y mantener características sensoriales, funcionales y nutricionales (Parzanese, 2009)

Consiste en la eliminación parcial del agua del alimento por su inmersión en una solución concentrada de solutos solubles, donde se produce un proceso de contra-difusión simultánea de agua y solutos través de la membrana celular del alimento, ocurriendo tres tipos de transferencia de masa en contracorriente: flujo de agua del producto a la solución osmótica, transferencia del soluto de la solución al producto y salida de solutos del producto (azúcares, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas que forman parte del sabor, color y el olor) hacia la solución, como se muestra en la Figura 4. La salida de estos solutos nativos del alimento se da en pequeñas cantidades y cuantitativamente son despreciables (Chavarro, Ochoa, & Ayala, 2006; López, Montes, Serna, & Franco, 2002).

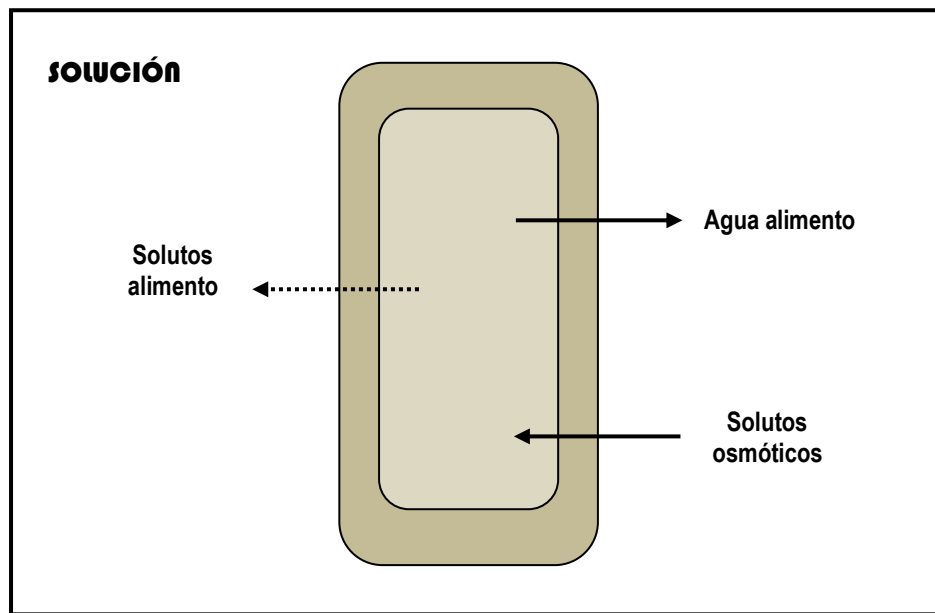


Figura 4. Fenómenos de transferencia de masa durante la D. O
(Parzanese, 2009)

En la deshidratación osmótica se disminuye la actividad de agua (a_w), pero no lo suficiente como para alcanzar una suficiente estabilidad durante el almacenamiento, por esta razón, la principal aplicación de éste método es como pretratamiento ante otros procesos contribuyendo a una mejora en la calidad del producto final (Ayala, Serna, & Giraldo, 2009; CIP & COTESU, 1996).

2.4.1. SOLUCIÓN OSMÓTICA

La solución osmótica o también denominada hipertónica, es una solución concentrada en la cual se sumerge el producto a deshidratar, ésta debe ser rica en solutos de tal manera que ejerzan una gran influencia sobre la actividad de agua del producto, creando así una diferencia de presión osmótica entre el producto y la solución, por lo que, la elección del soluto

para la preparación de la solución osmótica es muy importante y se deben considerar factores como: las características sensoriales del producto, la masa molecular del soluto y el costo (Barbosa, Vega, & Ibarz, 2000; Soto, 2002; Vega *et al.*, 2007).

Uno de los solutos que se utiliza es el azúcar invertido, que es el producto de la hidrólisis de la sacarosa, liberándose la glucosa y la fructosa. Este tipo de azúcar es más soluble en agua, tiene un poder edulcorante más elevado y muestra menos tendencia a cristalizar en comparación a la sacarosa (Herrera, Bolaños, & Lutz, 2003; Linstromberg, 1979; Madrid, 1999; Remington, 2003)

2.4.2. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VELOCIDAD DE DESHIDRATACIÓN

El proceso de Deshidratación osmótica, está influenciado por varios factores que pueden modificarse para obtener diversos patrones en la deshidratación (Guzmán, 2003).

La materia prima, en cada tipo de producto tiene su propia estructura y naturaleza de los tejidos, dependen de factores como el grado de madurez, la variedad, composición química, entre otros; pero por medio de tratamientos físicos y/o químicos previos, se puede alterar su estructura celular para lograr que los flujos de materia desde y hacia los tejidos se modifiquen (Fito, 1992).

La geometría y tamaño del producto, variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la acción de la solución osmótica, de modo que, ésta aumentará en productos de menor tamaño elevándose así la pérdida de agua, por el contrario, si el tamaño es mayor, la pérdida de agua será menor (Parzanese, 2009).

La Concentración de la solución osmótica, cuanto mayor sea, mayor será la diferencia de presión osmótica entre ésta y el producto, lo cual aumentará la velocidad de salida de agua del producto (Parzanese, 2009).

Las temperaturas altas de la solución, pueden perjudicar a las membranas celulares ya que para la mayoría de especies vegetales ésta se modifica entre los 50 y 60 °C, además, aumenta los coeficientes de difusión e incrementa la velocidad de transferencia, reduciendo así, el tiempo de tratamiento, lo que permite tener pérdidas de peso más elevadas (Barbosa *et al.*, 2000; Guzmán, 2003).

La agitación de la solución osmótica, mejora el proceso de DO ya que permite homogenizar la temperatura y concentración de soluto, aumentando así, la velocidad de deshidratación, sin embargo, una excesiva agitación podría producir la desintegración o daño del producto (Guzmán, 2003; Parzanese, 2009).

La relación masa de solución / masa de producto, cuanto mayor sea, es decir, cuanto mayor sea la cantidad de jarabe respecto al producto a deshidratar, mayor será la pérdida de agua y ganancia de solutos (Parzanese, 2009).

2.4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Evita la exposición del producto a temperaturas elevadas por tiempos prolongados, y de esta manera evita también el deterioro del sabor, incrementa la retención de sustancias volátiles, promueve la estabilización del color, reduce las reacciones de pardeamiento enzimático oxidativo, logra en poco tiempo remover alrededor de un 50% del agua del producto y no permite el fácil desarrollo de microorganismos que atacan y dañan de manera rápida a los productos, debido a la relativa baja de actividad de agua (Alvarado, 2006; Guzmán, 2003; Machacuay, 2009).

Constituye también un proceso atractivo desde el punto de vista económico por los reducidos costos energéticos por la aplicación de temperaturas bajas, además, al reducir el contenido de agua disminuye el peso del producto, lo cual reduce los costos de empaque y transporte (Alvarado, 2006).

Dentro de las desventajas de este proceso es que siempre es necesaria una etapa posterior para estabilizar el producto, se produce el desprendimiento de solutos o partículas del producto sumergido provocando el enturbiamiento del jarabe, además, existe una dilución del mismo al final del proceso, constituyendo así, una limitante para la producción a gran escala de productos utilizando deshidratación (Guzmán, 2003; Machacuay, 2009; Parzanese, 2009).

2.5. FRITURA AL VACÍO

El consumo de productos fritos como aperitivos presenta una constante tendencia creciente, pero a la vez también crece la preocupación por la calidad nutricional de los *chips* y el consumo excesivo de calorías, lo que ha motivado a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, y de productos que aporten menos calorías y grasas a la dieta, sin sacrificar las características organolépticas (Bouchon & Pyle, 2004; Urbano, García, & Martínez, 2012).

La fritura al vacío es una operación donde el alimento se procesa a presión subatmosférica en un sistema cerrado, lo que permite disminuir la temperatura de ebullición del agua y, por tanto, la temperatura de fritura, tomando en cuenta que la temperatura del aceite debe estar por encima del punto de ebullición del agua, de modo que, a medida que va subiendo la temperatura del sistema, cuando el aceite llegue la temperatura de ebullición del agua, el agua contenida en el alimento se eliminará rápidamente; donde los niveles de temperatura del aceite en este tipo de proceso están entre 100 y 110°C, la presión alrededor de 3.1 kPa, y tiempos de vacío de 20-25min,

siendo 24.7°C la temperatura de ebullición del agua a esta presión (Garayo & Moreira, 2002; Moreira, Castell- Pérez, & Barrufet, 1999; Shyu, Hau, & Hwang, 2005).

Los productos fritos tipo aperitivos *snacks*, obtenidos por fritura al vacío presentan una gran ventaja en la reducción de la cantidad de grasa en el producto final, además, conserva las mismas o incluso algunos autores consideran que le da mejores características organolépticas, incluyendo sabor y olor (flavor), textura (crocancia) y apariencia (color, forma y brillo) al producto en comparación con la fritura convencional, a consecuencia de la baja temperatura y el bajo contenido de oxígeno, con que se trabaja, lo cual permite también prolongar la vida útil del aceite, por lo que freír al vacío puede ser una opción para la producción de frutas y verduras con bajo contenido en aceite y deseadas características organolépticas (Garayo & Moreira, 2002; Saguy & Dana, 2003; Urbano *et al.*, 2012).

Durante el proceso de fritura se provocan cambios en el alimento, ya sean éstos físicos, químicos y nutricionales, los mismos que dependerán de la influencia de algunos factores como la humedad y el tipo de alimento, la calidad del aceite y condiciones del proceso como la temperatura, la presión y tiempo de residencia del producto en el aceite caliente (Dobarganes, Márquez, & Velasco, 2000; Fan, Zhang, & Mujumdar, 2005).

La transferencia de calor al sumergir el alimento en el aceite caliente se realiza por dos mecanismos: convección y conducción, donde la transferencia de calor por convección ocurre entre el aceite caliente y la superficie del alimento; en cambio la conducción, tiene lugar en el interior del alimento la misma que está influenciada por las propiedades térmicas del alimento y éstas pueden cambiar durante el proceso (Singh, 1995; Yamsaengsung, Rungsee, & Prasertsit, 2008)

El calor del aceite se utiliza como calor sensible para el aumento de la temperatura del agua a su punto de ebullición y como calor sensible en el aumento de la temperatura del producto a la temperatura del aceite (Yamsaengsung *et al.*, 2008).

2.5.1. DESHIDRATACIÓN DEL PRODUCTO DURANTE EL PROCESO DE FRITURA AL VACIO

Farkas, Singh, y Rumsey (1996a) distinguen tres periodos en la transferencia de calor y agua en la fritura convencional y Bravo (2008), comprobó que en fritura al vacío se da un similar comportamiento. Primero, la etapa de calentamiento del alimento, la misma que inicia con la inmersión del alimento en el aceite caliente a alta temperatura y termina cuando la superficie del alimento alcanza la temperatura de ebullición del agua superficial, siendo una etapa muy rápida y de difícil cuantificación; puesto que la diferencia de temperatura entre el alimento y la temperatura de ebullición del agua a presión subatmosférica es de apenas unos pocos grados (Garayo & Moreira, 2002).

La segunda etapa constituye una etapa casi inapreciable, debido a la velocidad de evaporación del agua superficial ya que la cantidad de calor transferido en el proceso es suficiente para que el agua alcance su ebullición, dando lugar a la formación de una costra (Farkas *et al.*, 1996a).

La tercera etapa es considerada la de mayor duración, y es donde se elimina la mayor cantidad de agua del interior del alimento, ya que, su temperatura es cercana al punto de ebullición del agua existente en su interior (Farkas *et al.*, 1996a)

2.5.2. ABSORCIÓN DE ACEITE DURANTE EL PROCESO DE FRITURA AL VACIO

Para describir los mecanismos de transferencia de aceite en la fritura al vacío Garayo y Moreira (2002) dividen el proceso en tres etapas: fritura, presurización y enfriamiento.

En la etapa de fritura, por el vacío generado, la temperatura de ebullición del agua está por debajo de los 100°C, por lo que, el agua se evaporará más fácilmente, donde, la salida del vapor de agua y la baja diferencia de presión entre el interior de los poros del alimento y el aceite no permite que éste penetre en el mismo (Garayo & Moreira, 2002)

La etapa de presurización inicia cuando el alimento se retira del aceite caliente y empieza a introducirse aire en el equipo para recuperar la presión atmosférica. En esta etapa, aumenta rápidamente la presión y la temperatura de los poros, generando la adherencia del aceite en la superficie y penetrando en el, hasta que la presión en los poros este en equilibrio con la presión atmosférica (Troncoso, Pedreschi, & Zuñiga, 2009). Sin embargo, a baja presión el aire se introduce más rápidamente que el aceite dentro del espacio del poro y obstruye el paso del aceite hacia el interior del producto (Bravo, 2008)

La etapa de enfriamiento empieza cuando el alimento es retirado del equipo de fritura, en donde parte del aceite que se encuentra en la superficie continúa penetrando en los poros del alimento, pero a diferencia de la fritura convencional, en esta etapa se adhiere menos aceite en la superficie del producto, existiendo menos aceite disponible para penetrar (Garayo & Moreira, 2002).

2.5.3. EFECTOS DE LA FRITURA AL VACIO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

La mayoría de investigaciones de fritura al vacío, se ha concentrado en buscar las condiciones óptimas en el proceso de fritura, para poder desarrollar productos más saludables, con buenas características organolépticas (textura, color y sabor) y tiempos de vida útil prolongados, además, se ha estudiado la influencia de la aplicación de pretratamientos y post-tratamientos en la calidad organoléptica del alimento (Bravo, 2008).

Las temperaturas del proceso es un factor determinante, ya que su influencia hace que el alimento experimente una serie de cambios como es el desarrollo del color característico, textura, sabor y aroma, además, se da la formación de la costra, que es la que le proporciona el atributo característico de crujiente al alimento y a su vez, impide la migración de los nutrientes del alimento al aceite; contribuyendo de esta manera también, al valor nutricional del producto y reduciendo el deterioro del aceite (Bravo, Rúaless, Sanjuán, & Clemente, 2006; Dobarganes *et al.*, 2000; Fellows, 1998; Saguy & Dana, 2003)

La aplicación de pretratamientos ayuda a mejorar algunas características en los alimentos, éstos pueden ser aplicados solos o combinados entre sí, y los más utilizados en la fritura al vacío son, la deshidratación osmótica, escaldado, congelación, ayudan a disminuir el contenido final de aceite en el producto, evitar el pardeamiento y en la textura, evitando que se produzca una excesiva contracción en su estructura (Bravo *et al.*, 2006; Fan, Min, & Mujumdar, 2006; Fan, Zhang, Xiao, Sun, & Tao, 2005; Kitson, Lackey, & Wright, 1997).

Según Bouchon y Pyle (2004), Garayo y Moreira (2002), en la etapa en donde el alimento puede absorber la mayor cantidad de aceite es en el momento del enfriamiento y al restablecer la presión atmosférica después de la fritura, por lo que, la aplicación de un post tratamiento a las rodajas fritas es de vital importancia en la calidad del producto final, y la centrifugación ha sido el tratamiento generalmente utilizado en algunos estudios (Fan, Zhang, & Mujumdar, 2005; Shyu *et al.*, 2005a).

En cuanto a la degradación de las vitaminas, estudios como el realizado por Villamizar y Giraldo (2011), en la elaboración de pasabocas de mango demuestran que la fritura al vacío las conserva en mayor proporción en relación a la fritura convencional, debido a las bajas temperaturas de proceso a las que el alimento es sometido, es así que, el contenido de vitamina C aplicando fritura al vacío presenta una pérdida del 43% con

relación a la pasta (puré de mango y mezcla almidón-harina de trigo), y relacionándolo con la fritura convencional, en éste hay una pérdida del 94%.

Durante el proceso de fritura se da lugar a la formación de acrilamida, afectando a la calidad nutricional del producto final, pero Dunovská, Holadová, y Hájková (2004), explican que los altos niveles de temperatura y la baja humedad favorecen la formación de este compuesto siguiendo la ruta de la reacción de Maillard, por lo que, si se quiere reducir la formación de éste durante el proceso de fritura en profundidad, (Gertz, Klostermann, & Kochhar, 2003) manifiesta que el límite inferior para la formación de acrilamida, es de 120 °C, por lo que, la aplicación de fritura al vacío es muy recomendable; expone además, que se debe asegurar que las rodajas del producto a freír deben contener una cantidad de agua superior a 10% al momento de ingresar al aceite caliente.

2.5.4. ALIMENTOS PROCESADOS CON FRITURA AL VACIO

Actualmente se aplica la fritura al vacío para obtener nuevos productos tipo *snack*, a partir de frutas, tubérculos, verduras, entre los se encuentran, mango, manzana, tomate de árbol, papas, plátano, yuca.

Villamizar y Giraldo (2011) elaboraron un *snack* de mango, bajo condiciones de proceso de 51 kPa, 110 °C y 90 s, tras la realización de análisis químicos y un análisis sensorial donde se evaluó color, sabor, aroma y textura; reportó valores de humedad 1.3 %, aw 0.3, contenido de grasa 9.5 %, color 19 ΔE y textura 0.25 kgf. Además, Villamizar, Quiceno, y Giraldo (2011) hicieron una comparación de la fritura al vacío y atmosférica en la obtención del mismo producto y bajo las mismas condiciones, donde concluyeron que la presión de vacío favoreció la calidad del pasabocas en textura, color, grasa, humedad y aw; en la conservación de la vitamina C y la reducción de la síntesis de acrilamida.

Nunes y Moreira (2009) estudiaron el efecto de los parámetros de la deshidratación osmótica y la fritura al vacío para producir *chips* de mango de alta calidad, donde, el mejor *chip* de mango fue producido bajo condiciones de deshidratación osmótica, a una temperatura de 40°C, concentración de solución de 65 % (w/v), por 60 min, ya que obtuvo el más alto índice de eficacia de la deshidratación y buena textura. La fritura se realizó a 120 °C por 2 min y presión de 1.33 kPa, ya que fue el tratamiento que presentó el menor contenido de aceite con un 22 % y 2 % de humedad, pero explica también que más del 45% del contenido de aceite se redujo aplicando centrifugación a 225 rpm durante 25 s durante la etapa de presurización.

Se realizó *snacks* de plátano, Castellanos (2011), estudió el efecto de las variables de proceso: fuerza térmica equivalente, presión absoluta y tiempo en la calidad de los *chips*, siendo 57.4 °C, 28.63 kPa y 6.1 minutos la combinación general que optimizó su respuesta en forma simultánea en un nivel de deseabilidad de 0.89 y concluyó que la fritura al vacío permite calentar el aceite a temperaturas por debajo de 140°C y se obtienen productos con calidades similares a los conseguidos a presión atmosférica.

Montero (2008), optimizó el proceso de elaboración de *chips* de tomate de árbol en fritura al vacío, para ello, sometió a las rodajas a deshidratación osmótica como pretratamiento a la fritura. Sus variables de estudio fueron: concentración de la solución osmótica, tiempo de residencia en la solución osmótica y tiempo de fritura, obteniendo como condiciones óptimas un 52 %, 64 y 9 min respectivamente, y mantuvieron constante la temperatura de la solución osmótica a 50 °C, a 110 °C la temperatura de fritura y a 1.87 kPa la presión; el producto final tuvo un 0.08 g/g bs de contenido de humedad y 0.27 g/g bs de contenido de grasa.

Urbano *et al.* (2012), analizaron el comportamiento de *chips* de yuca en procesos de fritura atmosférica y a vacío, para ello realizó frituras a 165°C y a 130 °C respectivamente. A las muestras realizó análisis de color, textura y

sonido, pérdida de peso, humedad y contenido graso, además, determinó el efecto del blanqueo como pretratamiento a la fritura, donde ultimó que el tratamiento de fritura al vacío con blanqueo es el que mejores resultados aportó y que resultó ser un tratamiento alternativo a la fritura a presión atmosférica ya que mejora el color de las muestras, reduce la ganancia de aceite de las mismas y mantiene su carácter crujiente.

Tan y Mittal (2006), estudiaron los cambios en las propiedades físicoquímicas de Donuts durante la fritura al vacío e hicieron una comparación con fritura convencional a 190°C. Analizaron los efectos del contenido de humedad inicial, nivel de vacío y temperatura de fritura sobre las propiedades tales como: la pérdida de humedad, absorción de aceite, y la calidad del producto final (textura, color); y concluyeron que las condiciones deseadas de fritura al vacío son de 3 kPa y 180 °C y que el contenido de humedad inicial afecta significativamente las propiedades de las donuts. En cuanto al volumen y color total, manifiestan que son afectados por la temperatura de fritura, pero la absorción de aceite y textura, además de la temperatura, también son afectadas por el vacío, y que la temperatura de fritura y el vacío no están directamente relacionados con el contenido final de humedad de donuts. Añadieron también que, en comparación con la fritura atmosférica, la fritura al vacío puede reducir la temperatura de fritura; lograr más volumen y color deseados, contenido final de humedad similares, más absorción de aceite, y el producto menos compacto.

Bravo, Sanjuán, Clemente, y Mulet (2011), estudiaron el efecto de la presión en la fritura al vacío de *chips* de manzana y determinaron además, la difusividad de la humedad obteniendo un ajuste estrecho entre los datos experimentales y el modelo, llegando así a la conclusión de que, el coeficiente de difusión tiene una relación directa con la temperatura de fritura de acuerdo con la ley de Arrhenius, pero una relación inversa con la presión, ya éste se reduce cuando la presión aumenta. Además que, independientemente de la presión de trabajo, la transferencia de agua

durante el proceso de fritura de las rodajas de manzana puede ser descrito por la segunda ley de Fick para la geometría de estas, también que al disminuir de manera suficiente la presión se puede obtener productos similares obtenidos por fritura convencional, pero en este caso utilizando bajas temperaturas, ayudando así a evitar la formación de acrilamida y la retención de altos contenidos de grasa.

Dueik, Moreno, y Bouchon (2011), determinaron que la rugosidad de la superficie reduce el drenaje en fritura al vacío y atmosférica de manzana y rodajas de patata, para ello, las manzanas y rebanadas de papa fueron fritas a condiciones de vacío de 6.5 kPa y atmosférica con una sola fuerza equivalente de conducción térmica de 70 ° C, hasta alcanzar un nivel de deshidratación del 2% y drenaron las rodajas durante diferentes tiempos 0, 3 y 9 min antes de la presurización (fritura al vacío) y enfriamiento (fritura atmosférica). Con lo que llegaron a la conclusión que los productos fritos a vacío absorbieron significativamente menos aceite que las atmosféricamente fritas, con una relación de 56.7 y 18% menos en las patatas y manzanas fritas al vacío, respectivamente. También observaron que las manzanas drenaron mucho más aceite de su superficie que las papas fritas, debido a que los chips de manzana mostraron superficies más lisas que las papas fritas, por lo que ultimaron que la rugosidad de la superficie y la capacidad de drenaje están inversamente relacionadas. Además, que las rodajas de papa fritas al vacío presentaron mayor superficie rugosa que las a presión atmosférica en un 29% más, y explican que puede deberse a los cambios de presión que sufren los tejidos durante la despresurización y presurización.

Shyu *et al.* (2005a) analizaron los efectos de las condiciones de procesamiento sobre la calidad de los *chips* de zanahoria fritos al vacío, para ellos experimentaron con diferentes temperaturas y tiempos de fritura, y llegaron a la conclusión de que durante la fritura al vacío, el contenido de humedad, color y fuerza de rotura de los chips de zanahoria disminuyó, pero el contenido de aceite aumentó con el aumento de temperatura de fritura y

tiempo, por lo que recomiendan freír al vacío a temperaturas de 90 o 100 °C, durante 20 minutos, 2.6 kPa de presión y aplicación de centrifugación por 30 min después de la fritura, para producir chips de zanahoria con menor contenido de humedad y de aceite, así como buen color y una textura crujiente. También observaron una porosidad más uniforme y una textura íntegra en la sección transverso-vertical de chips de zanahoria. Además aportan, que los contenidos de humedad y aceite en los chips de zanahoria fueron significativamente reducidos, cuando las rodajas fueron tratadas previamente a la fritura, por inmersión en solución de fructosa a 50 °C durante 30 min y congelación a -30 °C.

Fan, Zhang, y Mujumdar (2005), investigaron el efecto de la temperatura de fritura y el grado de vacío en el contenido de humedad, grasa, el color y la textura de los *chips* de zanahoria, para ello, experimentaron con varias temperaturas, niveles de vacío diferentes e intervalos de tiempo diferentes, además, después de la fritura fueron sometidas a centrifugación a 300 rpm por 10 min.

Fan *et al.* (2006), estudiaron el efecto de varios pretratamientos en la calidad de chips de zanahoria fritas al vacío, donde sometieron a las rodajas de zanahoria a cuatro diferentes pretratamientos: escaldado, escaldado y secado por aire, escaldado y deshidratación osmótica, escaldado, deshidratación osmótica y congelación. El proceso de fritura lo hicieron a 100 °C, por 20min y presión de 10 kPa.

Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005), optimizaron la fritura al vacío para deshidratar los chips de zanahoria, para lo cual, sometieron a las rodajas a 3 pretratamientos: escaldado, escaldado y deshidratación osmótica, escaldado, deshidratación osmótica y congelación. En la fritura experimentaron con diferentes temperaturas, diferentes presiones, tiempos de fritura (5-30 min), y los chips sometidos a centrifugación por 10 min. Concluyendo que, durante la primera etapa de fritura al vacío, la velocidad de eliminación de la humedad y la absorción de aceite aumenta con el

aumento de la temperatura del aceite de fritura y el grado de vacío, demostraron también, que el color no se ve afectado por el grado de vacío y la temperatura, al contrario de la fuerza de ruptura, la misma que disminuyó con el aumento de temperatura de fritura y el grado de vacío. Encontraron también, que los pretratamientos afectan significativamente el contenido de agua, de grasa, y la actividad de agua de los chips de zanahoria y que cada pretratamiento afecta de manera diferente en el rendimiento total, cantidades de carotenos, vitamina C, y los valores de color de los chips. Además determinaron, que el patrón de distribución de la grasa depende del contenido inicial de agua y la estructura del material dejado por la evaporación del agua y ultimaron, que las condiciones óptimas de fritura al vacío son, temperaturas entre 100 y 110 °C, y la presión entre 10 y 20 kPa, en un tiempo de fritura de 15 min.

Shyu y Hwang (2011), optimizaron el procesos de fritura al vacío de zanahoria usando un diseño central compuesto, para lo cual, aplicaron varios pretratamientos a las rodajas de zanahoria; escaldado, deshidratación osmótica y congelación; y el proceso de fritura al vacío lo realizaron a 2.6 kPa, diversas temperaturas y diferentes intervalos de tiempo.

Shyu, Hau, y Hwang (1998), evaluaron el efecto de la fritura al vacío sobre la estabilidad oxidativa de los aceites, donde, a las rodajas les aplicaron los mismos 2 pretratamientos anteriormente descritos y frieron por 6 días consecutivos con diferentes aceites (aceite de palma de aceite, manteca de cerdo, o de soja), cada hora. Concluyeron que, el contenido de humedad, de aceite, el color, y fuerza de rotura de los chips se vieron afectados significativamente por las condiciones de procesamiento tales como la concentración de fructosa de inmersión, temperatura y tiempo de fritura, por lo que, determinan que las condiciones optimas de fritura están entre 100 y 105 °C, de 16 a 20 min, 2.64 kPa de presión y la concentración de inmersión de fructosa del 30-40%. Además encontraron que la fritura al vacío imparte una menor degradación oxidativa del aceite y que el aceite de palma y manteca de cerdo poseen mayor estabilidad térmica que el aceite de soja.

Song, Zhang, y Mujumdar (2007b), estudiaron la optimización del secado previo al vacío con microondas sobre la calidad de papas fritas al vacío, para ello, sometieron a las rodajas de papa a escaldado y secado al vacío con microondas para luego ser fritas a varias temperaturas, diversos tiempos y bajo vacío 11.33 kPa y sometidas a centrifugación a 300 rpm durante 1 min. Song, Zhang, y Mujumdar (2007a), analizaron el efecto del secado al vacío previo con microondas sobre la calidad de papas fritas al vacío, aplicaron los mismos pretratamientos y utilizaron las mismas condiciones de fritura descritas en el anterior estudio, pero con una variación de tiempos. Llegaron a la conclusión, de que el secado al vacío con microondas tuvo un efecto significativo sobre la humedad y contenidos de aceite, así como los parámetros de color y la estructura de los chips de patata. El contenido de humedad y el contenido de aceite disminuyó con mayor tiempo de presecado, en el color tuvo un efecto negativo y la fuerza de ruptura se incrementó a mayor tiempo de presecado. Durante la fritura al vacío, el contenido de humedad de las patatas fritas disminuyó con el aumento de la temperatura y el tiempo, mientras que el contenido de aceite aumentó, por lo que las condiciones óptimas de presecado al vacío con microondas es a tiempo de 8-9 min, temperatura de fritura 108-110 °C, y tiempo de 20-21 min.

Garayo y Moreira (2002), analizaron el efecto de la temperatura de fritura a 118, 132, y 144 ° C, y presión de vacío (16.6, 9.8 y 3.1 kPa) en la velocidad de secado y la absorción de aceite de las patatas fritas y en la calidad del producto, en la contracción, el color y la textura. Además comparó con fritura convencional a 165 °C por 30 min. Obtuvo como resultados que el mejor tratamiento de fritura al vacío fue a 3.115 kPa y 144 °C ya que en comparación con las fritas atmosféricamente, éstas tuvieron un contenido de aceite inferior y el color y la textura deseables. Además, determinaron que la tasa de absorción de aceite durante la fritura al vacío está estrechamente relacionada con la de pérdida de humedad, por lo que a mayor velocidad de secado es más alto el índice de absorción de aceite.

El objetivo del trabajo de Amany, Sharker, y Azza (2012), fue estudiar el efecto de los procesos de fritura atmosférica y al vacío sobre algunas propiedades físicas y sensoriales de las patatas fritas, para evaluar la calidad del aceite de fritura, para ello, frieron bajo condiciones atmosféricas a 180 °C por 20 min y fritura al vacío a 120 °C y 5.37 kPa de presión por 6min, y después de la fritura al vacío aplicaron centrifugación a 750 rpm, durante 40 s. Determinaron que en la fritura al vacío, el contenido de humedad y la absorción de aceite de patatas fritas se redujo significativamente, también proporciona deseables atributos de textura y un color amarillo dorado; en comparación con los fritos a fritura atmosférica. Además, que la fritura al vacío causa menor degradación por oxidación del aceite que la fritura atmosférica.

Haizam, Tarmizi, y Niranjana (2012), estudiaron la combinación de fritura al vacío moderado con alto drenaje al vacío y la relación entre las condiciones de proceso y absorción de aceite, para ello, a las rebanadas de patata las frieron al vacío bajo dos condiciones 140 °C, 20 KPa y 162 °C, 50.67 KPa, hasta alcanzar un contenido en humedad de 10 y 15 %, luego se las sometieron bajo un alto nivel de vacío de 1.33 KPa. Determinaron que, la reducción de la presión después de la fritura en un valor muy por debajo de la presión de fritura es un método que reduce significativamente la absorción de aceite por el producto, con una reducción del 48% comparado con un drenaje a la misma presión que la presión de la fritura. Además, bajo estas condiciones el producto pierde continuamente humedad durante el curso de drenaje, por lo que, se consiguió un producto con bajos contenidos de humedad sin extender los tiempos de fritura, logrando así mantener la calidad nutricional de los productos sensibles al calor.

Haizam, Tarmizi, y Niranjana (2010) en cambio estudió la posibilidad de reducir el contenido de aceite de las patatas fritas combinando la fritura atmosférica con aplicación de vacío después de la fritura, lo que le llevó a comprobar que también existió una reducción significativa en el contenido de

aceite de las patatas fritas, pero aplicando un drenaje bajo vacío de 13.3KPa durante 3 min.

Haizam, Tarmizi, y Niranjana (2011), realizaron un estudio comparativo de la aplicación de drenaje atmosférico y al vacío después de la fritura en chips de patatas y patatas fritas, donde encontraron que, en los chips de patatas el drenaje bajo presión de vacío reduce significativamente el contenido de aceite en un 38% en comparación con el drenaje atmosférico, pero en las patatas fritas no encontraron diferencias significativas entre los dos tipos de drenaje, explican además, que esto se debió, a que los chips de patatas tienen una alta área superficial con proporción al volumen, pero es limitado en el caso de productos como patatas fritas.

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, se utilizaron los siguientes materiales, métodos de análisis y procesos.

3.1. MATERIA PRIMA

Se utilizó mashua (*Tropaeolum tuberosum*), adquirida en el mercado de Saquisilí, provincia de Cotopaxi. Esta mashua corresponde al ecotipo Ecu-1124, variedad chaucha (Tapia *et al.*, 2004).

3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se realizó la caracterización química de la mashua mediante los métodos que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Métodos utilizados para la caracterización química de la mashua cruda y procesada.

Análisis	Método
Humedad	930.15 ., A.O.A.C. (1996). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP
Grasa	920.39C. A.O.A.C. (1997).
Ceniza	940.26C, A.O.A.C. (1992).
Glucosinolatos	Método de la Indian Estándar Institution, 1983. FAO
pH	981.12, A.O.A.C. (1982).
Acidez titulable	942.15, A.O.A.C. (2006).

3.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MASHUA

Para la obtención de los *snacks* de mashua se siguió el proceso indicado en la Figura 5, que se describe a continuación:

En la selección, se descartó los tubérculos que presentaron presencia de daños mecánicos y signos de deterioro causados por microorganismos.

Los tubérculos sanos se lavaron, con agua potable y cepillo para remover todo tipo de material extraño o contaminante, alojado principalmente en sus hendiduras. Se desinfectaron con una solución a 5 ppm de cloro, por inmersión de 5 minutos.

Antes del rebanado se cortaron los extremos de los tubérculos de mashua, y se obtuvieron las rodajas longitudinales de un espesor de 2.5 ± 0.5 mm con una cortadora eléctrica, marca AURORA FS04, 60 Hz y 130 W.

Las rodajas se cocieron con agua (en una relación 1: 5), a 90 °C por 15 min en un recipiente abierto, y rápidamente se enfriaron, sometiéndolas a un baño por aspersion de agua a 19 °C, posteriormente fueron escurridas para eliminar los excesos de agua (Quelal, 2012).

Para la deshidratación osmótica de las rodajas se utilizó el sistema que se presenta en la Figura 6, con una solución osmótica de azúcar invertido de 50 °Brix, a 60 °C. Se deshidrataron 400 g, en una relación rodajas: solución de 1:11.

Las rodajas deshidratadas se lavaron con abundante agua para eliminar los excesos de solución osmótica, y escurrieron para eliminar el exceso de agua superficial, sometiéndolas a centrifugación por 1min a 849 rpm.

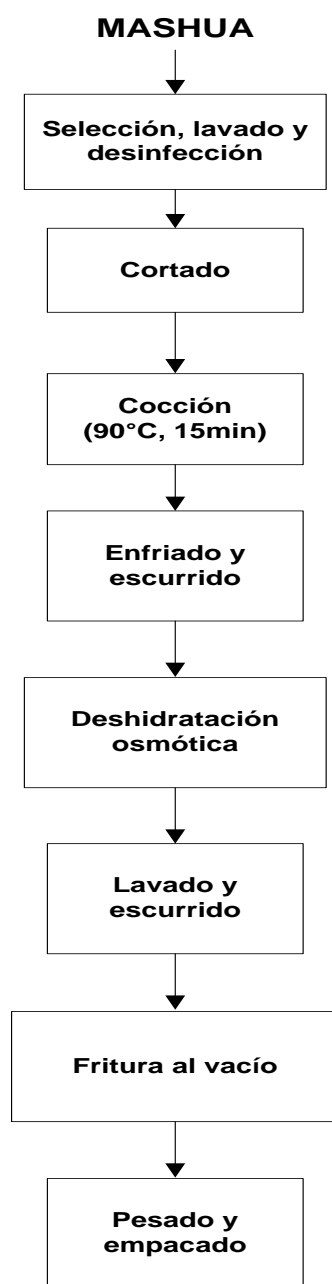
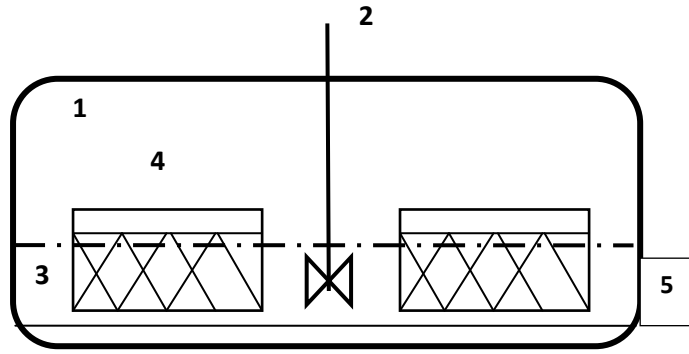


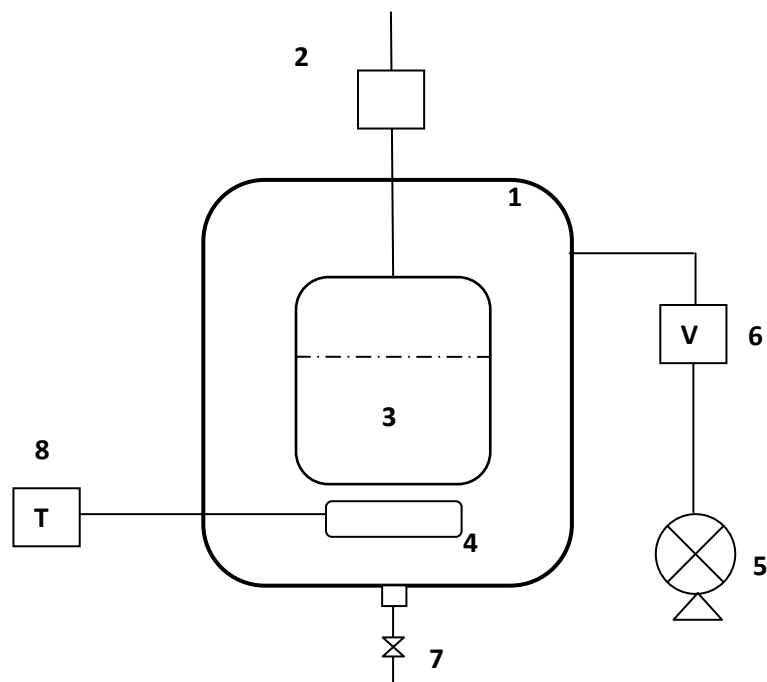
Figura 5. Diagrama de flujo de la obtención de *snacks* de mashua

En cada ciclo de fritura se procesaron 200 g de rodajas de mashua con aceite de origen vegetal, marca Danolin FRI 3317, adquirido en el mercado local. Se utilizó el sistema de fritura al vacío, construido por Sematech, Ecuador, para el proyecto de investigación de la UTE, IV.UIO.ING.06; cuyo esquema se presenta en la Figura 7.



1 Baño térmico, 2 Agitador; 3 Solución osmótica; 4 Portamuestras; 5 Control de temperatura.

Figura 6. Sistema de deshidratación osmótica



1 Cámara de vacío; 2 Motor centrifugo; 3 Aceite; 4 Fuente de calentamiento; 5 Bomba de vacío; 6 Control de vacío; 7 Válvula para romper el vacío; 8 Control de temperatura.

Figura 7. Sistema de fritura al vacío

Las rodajas fritas “*snacks*” de mashua se pesaron en una balanza, marca Mettler Toledo ML802E. Se envasaron en recipientes de vidrio y se almacenaron en refrigeración, para su posterior análisis.

3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El desarrollo de este estudio se dividió en tres fases experimentales, la primera fase correspondió a la aplicación de los pretratamientos, la segunda al proceso de fritura al vacío y la tercera a la evaluación del efecto de los pretratamientos en la calidad del producto final.

3.3.1. FASE 1: PRETRATAMIENTOS APLICADOS A LA MATERIA PRIMA

La materia prima fue sometida a los procesos, considerados como pretratamientos, de cocción y deshidratación osmótica.

3.3.1.1. Proceso de Cocción

La cocción de las rodajas se realizó por 15 min a 90 °C, luego se determinó la acidez titulable y pH, que sirvieron para evaluar el efecto en el contenido de isotiocionatos de la mashua.

3.3.1.2. Proceso de deshidratación osmótica

Las rodajas cocidas de mashua se deshidrataron en una solución osmótica de 50 °Brix a 60 °C, variando el tiempo de inmersión (15 y 20 min), y 3 repeticiones. En las rodajas deshidratadas se determinó el pH, acidez titulable, humedad y sólidos solubles.

3.3.2. FASE 2: PROCESO DE FRITURA AL VACÍO

En esta fase se aplicó un diseño factorial AXB, Temperatura del aceite (2 niveles), tiempo de fritura (5 niveles), como se indica en la Tabla 4, y a una presión absoluta de 5.24 kPa; se efectuaron tres repeticiones

En las rodajas fritas se determinó el contenido de grasa, humedad, acidez titulable y pH.

Tabla 4. Condiciones de T y t en el proceso de fritura al vacío.

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)	
	110	120
8	X	X
10	X	X
12	X	X
14	X	X
15	X	X

3.3.3. FASE 3: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PRETRATAMIENTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

Para determinar el efecto del pretratamiento, previo a la fritura al vacío, se estableció un diseño factorial AXB, categorizado, con tres repeticiones, siendo la cocción y deshidratación los factores, cada uno con dos niveles, como se muestra en la Tabla 5. Se aplicó la fritura al vacío a 110 °C, una presión de 5.24 kPa por 14 min. Se determinó el contenido de grasa, humedad, acidez titulable, pH, y la fuerza de ruptura de las rodajas fritas en cada tratamiento.

Tabla 5. Tratamientos previos a la fritura del vacío.

VARIABLES	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	
	Si	No
COCCIÓN		
Si	X	X
No	X	X

3.4. ACEPTABILIDAD

Previo a la prueba de aceptabilidad se realizó una pequeña encuesta, Anexo I, sobre el consumo de *snacks*, donde los participantes que marcaron en la opción, papitas fritas y chifles, accedieron a la prueba.

Se aplicó una prueba de aceptabilidad para dos tratamientos, *chips* de mashua con aplicación del pretratamiento de cocción y *chips* de mashua con aplicación de los pretratamientos cocción y deshidratación osmótica, se utilizó una prueba hedónica de 5 puntos, donde 1 corresponde a “me disgusta mucho”, 2 “me disgusta”, 3 “ni me gusta ni me disgusta”, 4 “me gusta”, 5 “me gusta mucho”; que se muestra en el Anexo II.

El panel fue integrado por 100 estudiantes de la Universidad Tecnológica Equinoccial no entrenados y de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 28 años, en la planta piloto de procesamiento de alimentos de la universidad. Cada participante recibió las dos muestras codificadas con números diferentes y se utilizó como neutralizador de sabor un vaso de agua.

3.5. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

La caracterización del producto seleccionado en base a sus propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad de las etapas anteriores, se realizó según las metodologías descritas en la tabla 1, donde se determinó el contenido de humedad, grasa, ceniza e isotiocianatos, además se midió el pH y la acidez titulable.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó análisis de varianza ANOVA para evaluar los efectos de los tratamientos y se aplicó la prueba de Tukey (nivel de significancia del 95%) para determinar la existencia de diferencias significativas, para ello, se usó el programa Statgraphics Centurion XV.II.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la materia prima se realizó con los métodos descritos en la metodología, apartado 3.1.1 y cuyos resultados se presentan a continuación, Tabla 6.

Tabla 6. Composición química de la mashua fresca.

Análisis	Mashua	Resumen de Bibliografía
Humedad (%)	89.13 ± 0.06	82.55 – 89.63
Grasa (%)*	3.35 ± 0.17	0.70 – 4.61
Ceniza (%)*	4.46 ± 0.28	0.51 – 4.81
Glucosinolatos (%)*	2.12 ± 0.00	**
Isotiocianatos (mg/100g)	**	20 – 53.54
Ph	6.39 ± 0.07	5.56 – 6.49
Acidez titulable (%)	2.22 ± 0.08	1.93 – 3.20

n=3; ± Desviación estándar

*Base seca

** no determinado

(Espín *et al.*, 2004; Quelal, 2012; Samaniego, 2010).

Los valores obtenidos en la composición química de la mashua en estado fresco concuerdan con los reportados por algunos autores (Espín *et al.*, 2004; Quelal, 2012; Samaniego, 2010).

A pesar de que el tubérculo de mashua presenta mejores características que otros tubérculos en ciertos compuestos, su consumo es restringido por su

elevado contenido de isotiocianatos, los cuales resultan de la hidrólisis de los glucosinolatos, que en el ecotipo estudiado presenta alrededor del 2 %, son los responsables del sabor picante de este tubérculo (Arias, 2011; Huamaní, 2009)

Una forma de medir el contenido de este antinutriente presente en la mashua, es con la determinación del porcentaje de acidez, que tiene relación directa con el contenido de isotiocianatos.

La variación del contenido de cada uno de los compuestos de la mashua se debe a la variabilidad genética, las prácticas culturales, el clima, el tipo de suelo, estado de madurez entre otros (Espín *et al.*, 2004).

4.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE SNACKS DE MASHUA

Las fases experimentales en las que se dividió este proceso se presentan a continuación.

4.2.1. FASE 1: PRETRATAMIENTOS APLICADOS A LA MATERIA PRIMA

4.2.1.1. Proceso de Cocción

La cocción de la mashua se realizó de acuerdo a las condiciones indicadas en la metodología, apartado 3.3.1.1 y los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 7.

Tabla 7. Acidez titulable y pH de mashua fresca y cocida.

	Acidez titulable (%)	Ph
Mashua fresca	2.22 ± 0.08 ^a	6.39 ± 0.07 ^b
Mashua cocida	0.68 ± 0,03 ^b	6.67 ± 0.03 ^a

n=3; ± Desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia estadística significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.14178 (%Acidez) y Tukey= 0.04795 (pH).

En la Tabla 7 se aprecia que tanto para el porcentaje de acidez y pH, estadísticamente existe diferencia entre la mashua fresca y cocida, ocurriendo una disminución de la acidez en un 69 %, y un aumento en el pH en un 4% de la mashua cocida en relación a la mashua fresca, valores similares reportados por Quelal (2012), con una reducción de acidez del 60%.

Además, se comprueba lo expuesto por Grau *et al.* (2003), quienes manifiestan que ciertos procesos como exposición a la luz solar, lavado y cocción ayudan a disminuir el sabor picante, desagradable al paladar que la mashua fresca presenta, debido al contenido de isotiocianatos, disminuyendo la acidez y aumentando el pH.

4.2.1.2. Proceso de deshidratación osmótica

En la Tabla 8 se presentan los resultados del porcentaje de acidez y pH de las rodajas de mashua deshidratadas osmóticamente a dos diferentes tiempos y bajo las mismas condiciones de temperatura y concentración de la solución, condiciones que fueron tomadas del estudio realizado por Quelal (2012).

Tabla 8. Acidez titulable y ph de las rodajas de mashua cocidas y deshidratadas osmóticamente.

Temperatura (°C)	Sólidos solubles solc. Osm. (°Brix)	tiempo (min)	Acidez titulable (%)	pH
60	50	15	0.22 ^a	7.13 ± 0.03 ^b
60	50	20	0.165 ^b	7.29 ± 0.02 ^a

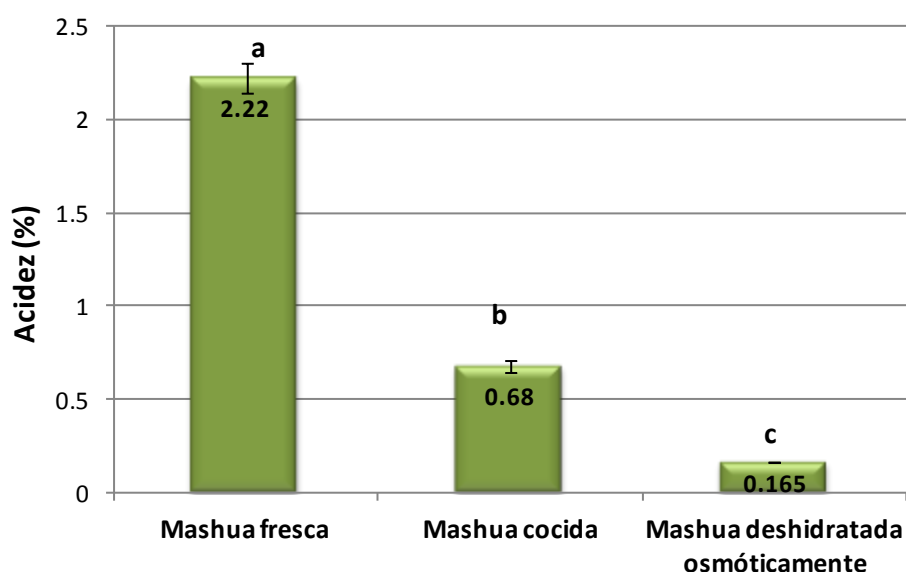
n=3; ± Desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia estadística significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.0 (%Acidez) y Tukey= 0.04704 (pH).

Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos analizados en cuanto acidez titulable y pH, alcanzándose el menor valor de acidez y mayor valor de pH a 60 °C, 50 °Brix, y 20 min.

La deshidratación osmótica, como pretratamiento, complementa al efecto de la cocción para disminuir el contenido de isotiocianatos, evidenciado en la baja de acidez y aumento del pH, además de contribuir en el sabor y la calidad del producto final.

La Figura 8, presenta el porcentaje de acidez de las rodajas de mashua fresca y de las rodajas sometidas a los pretratamientos, de cocción y deshidratación osmótica, donde, estadísticamente existe diferencia significativa en cada una de las etapas, y se observa una tendencia decreciente, por lo que, el porcentaje de acidez de las rodajas de mashua deshidratada osmóticamente con respecto a la mashua fresca disminuyó en un 93% y en relación a la mashua cocida en un 76%.



n=3; ± Desviación estándar
 Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.13151

Figura 8. Acidez titulable de mashua fresca y con la aplicación de los pretratamientos.

En el proceso de deshidratación osmótica también el tiempo de inmersión de las rodajas en la solución osmótica afecta de manera significativa su contenido de humedad y concentración de sólidos solubles como se muestran en la Tabla 9, donde a medida que aumenta el tiempo de inmersión disminuye el contenido de humedad, y el aumento de los sólidos solubles.

Tabla 9. Contenido de humedad y sólidos solubles de las rodajas de mashua cocidas y deshidratadas osmóticamente

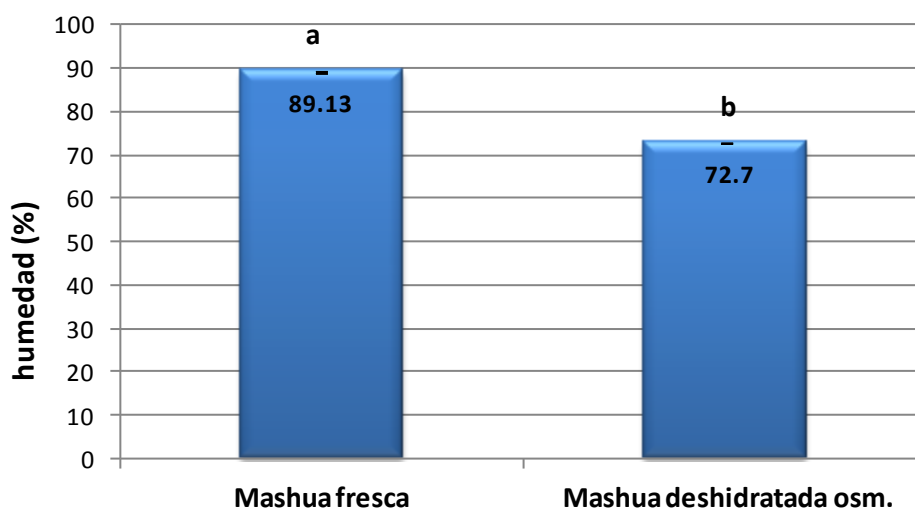
Temperatura (°C)	Sólidos solubles solc. Osm. (°Brix)	tiempo (min)	Humedad (%)	Sólidos solubles producto (°Brix)
60	50	15	73.93 ± 0.21 ^a	25.00 ± 0.00 ^b
60	50	20	72.70 ± 0.12 ^b	28.00 ± 0.25 ^a

n=3; ± Desviación estándar con 3 réplicas
 Letras diferentes en una misma columna denotan diferencia significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.3945 (%Humedad) y Tukey= 0.3938 (°Brix).

El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los tratamientos tanto para el contenido de humedad y sólidos solubles de las rodajas de mashua sumergidas en la solución osmótica, alcanzándose un mínimo contenido de humedad de aproximadamente 73 % y mayor concentración de sólidos solubles 28 °Brix con el tratamiento a 60 °C, 50°Brix, por 20 min.

Además, comparando el contenido de humedad de las rodajas de mashua deshidratadas osmóticamente y el de las rodajas de mashua en estado fresco, éstas presentan diferencia significativa, como se presenta en la Figura 9, existiendo una disminución del 18% en el contenido de humedad de las rodajas deshidratadas en relación a las frescas.

Esto puede ser efecto de la pérdida de agua, que experimentan las rodajas en el proceso de deshidratación osmótica, donde, se produce el flujo del agua del alimento a la solución osmótica y la transferencia de solutos de la solución hacia el alimento (Chavarro *et al.*, 2006; López *et al.*, 2002).



Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.2323

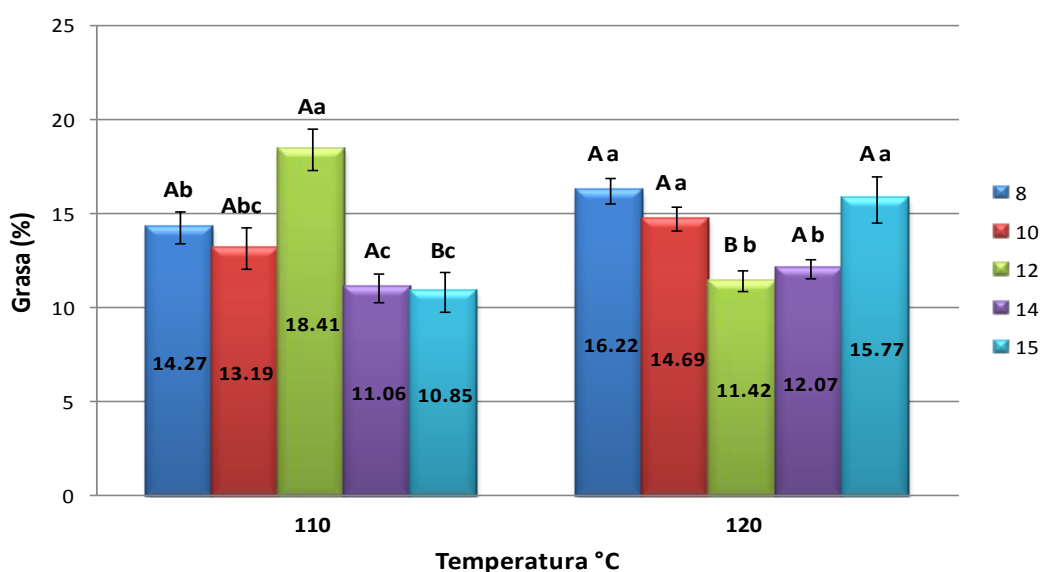
Figura 9. Contenido de humedad de mashua fresca y cocida con D.O

4.2.2. FASE 2: PROCESO DE FRITURA AL VACÍO

4.2.2.1. Contenido de grasa

En la Figura 10 se presentan los resultados obtenidos del contenido de grasa de los *chips* de mashua, procesados a diferentes tiempos de fritura y bajo las mismas condiciones de temperatura y presión.

El análisis de varianza muestra que cada uno de los factores, temperatura y tiempo tienen un efecto estadísticamente significativo en el contenido final de grasa de los chips.



Para el mismo tiempo de fritura letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Para la misma temperatura de fritura letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 2.5121

Figura 10. Contenido de grasa de los *snacks* de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa

Además, los *chips* procesados a 110 °C por 14 min no muestran diferencia estadística significativa con los procesados al mismo tiempo de fritura a 120 °C, tampoco con los *chips* procesados a la misma temperatura pero a

tiempos de 10 y 15 min, sin embargo, se escogió al procesado a 110 °C por 14 min como el más óptimo, por presentar un bajo contenido de grasa y una mejor relación costo-beneficio, ya que al trabajar a menor temperatura y tiempo se reduce costos.

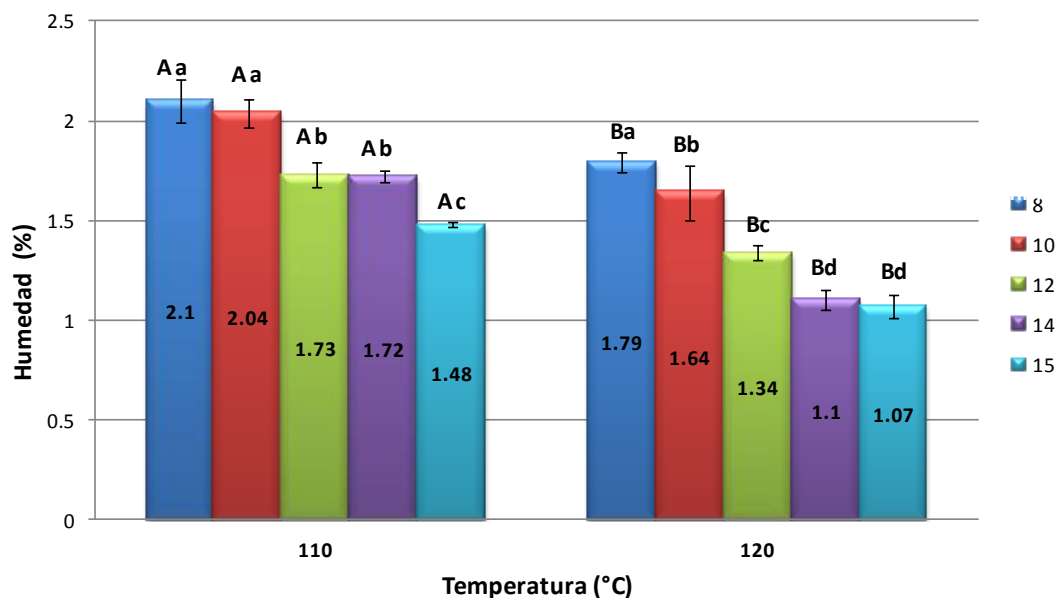
Con el objetivo de contrastar el efecto de la fritura convencional y la fritura al vacío en el contenido de grasa de los *chips* de mashua, se realizó la fritura convencional a 170 °C por 2 min y con las mismas condiciones de los pretratamientos, donde se obtuvieron *chips* con un 28 % de grasa; y al comparar con los *chips* fritos al vacío a 110 °C por 14 min que presentan el 11 %, se evidencia que con este último procesamiento se consiguió una reducción del 60 % del contenido de grasa de los *chips*. Este resultado obtenido corrobora lo manifestado por otros autores, que los productos fritos, tipo aperitivos *snacks*, obtenidos por fritura al vacío presentan una gran ventaja en la reducción de la cantidad de grasa en el producto final (Bravo *et al.*, 2011; Dueik *et al.*, 2011; Garayo & Moreira, 2002; Haizam *et al.*, 2011; Shyu & Hwang, 2011; Urbano *et al.*, 2012; Villamizar *et al.*, 2011). Las condiciones de fritura elegidas, son similares a las condiciones consideradas en trabajos similares; así Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005), optimizó el proceso de fritura de chips de zanahoria a 110 °C, 10 kPa por 15 min; Shyu y Hwang (2011) a 2.64 kPa, recomendando temperaturas de fritura entre 100 y 105 °C y tiempos de 16 a 20 min; Montero (2008) en chips de tomate de árbol a 110 °C, 1.87 kPa por 9 min y Song *et al.* (2007b) en fritura de patatas a 11.33 kPa, 110 °C y 20 min.

El contenido de grasa de los *chips* de mashua, es menor al obtenido en trabajos similares de fritura al vacío; Nunes y Moreira (2009) reportaron un contenido de grasa de 22 % en *chips* de mango, lo que indica que el contenido de grasa en los *chips* de mashua fue menor en un 50 %; mientras Villamizar y Giraldo (2011) obtuvo estos *chips* con un 10 %, contenido similar a los *chips* de mashua; Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005) en *chips* de zanahoria reportaron un contenido de grasa de alrededor del 35 %, que en comparación con los *chips* de mashua, éstos presentan un 69 % menos en

su contenido; Shyu y Hwang (2011) en cambio, obtuvieron *chips* de zanahoria con un 10 % de grasa, contenido muy similar a los *chips* de mashua; Song *et al.* (2007b) obtuvo *chips* de papas con un 25 % de grasa, siendo mayor al de *chips* de mashua en un 56 %, por su parte Garayo y Moreira (2002) en el mismo producto presenta un contenido del 37 %, mayor al de mashua en un 70 % y Montero (2008) en chips de tomate de árbol obtuvo un 27 %, contenido graso mayor en un 59 % en relación a los chips de mashua.

4.2.2.2. Humedad

Los resultados del contenido final de humedad en los chips de mashua y las diferencias estadísticamente significativas obtenidas entre los diferentes tratamientos se muestran en la Figura 11.



Para el mismo tiempo de fritura letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
 Para la misma temperatura de fritura letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.2050

Figura 11. Contenido de humedad de los *snacks* de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa

En esta figura se aprecia que, el contenido de humedad de los *chips* de mashua presenta una tendencia decreciente con el tiempo de fritura; además la temperatura de fritura también influye de manera directa en el contenido de humedad de los chips, es así que, a mayor temperatura y tiempo de fritura el contenido de humedad es menor, teniendo así, el menor contenido de humedad de 1.07 %, a 120 °C de temperatura y tiempo de 15 min, y de manera contraria, el mayor contenido de 2.10 % a 110 °C por 8 min.

Los *chips* de mashua procesados a 110°C por 14min, presentan un contenido de humedad de 1.72 %, el mismo que está dentro de los límites establecidos por la NTE INEN 2 561: (2010) Bocaditos de Productos Vegetales que indica un valor máximo de humedad del 5 %. Además, este valor es similar e incluso menor al reportado en algunos estudios de fritura al vacío; así, Villamizar y Giraldo (2011), obtuvieron *chips* de mango con una humedad final de 1.25 % y Nunes y Moreira (2009) reportó un 2 %; Dueik *et al.* (2011) alcanzaron niveles de humedad final de 2 % en *chips* de manzana y rodajas de patata; Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005) reportó un 3 % en *chips* de zanahoria y Shyu y Hwang (2011) reportó un 4 %; Song *et al.* (2007b) obtuvo *chips* de patatas con un 4 % y Garayo y Moreira (2002) *chips* con 1.9 % y en *chips* de tomate de árbol, Montero (2008) reportó un 8 %.

En la Figura 12 se puede observar que la curva de pérdida de humedad adimensional (Ψ) en el proceso de fritura al vacío de *chips* de mashua, presenta la forma típica de las curvas de secado en la etapa de velocidad decreciente y a las reportadas por Garayo y Moreira (2002), Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005), Bravo (2008), Tan y Mittal (2006).

Al comparar el contenido de humedad de los *chips* de mashua con la mashua en estado fresco y las rodajas cocidas sometidas a deshidratación osmótica, se tiene una disminución del 97.97 % y 97.62 % respectivamente, por lo que, la fritura puede considerarse como un proceso de deshidratación como lo manifiesta Urbano *et al.* (2012) y explica que al momento que el alimento ingresa en el aceite caliente, el calor es transferido al primero, el

cual rápidamente se calienta y cuando el agua alcanza su punto de ebullición empieza a evaporarse y pasa al aceite.

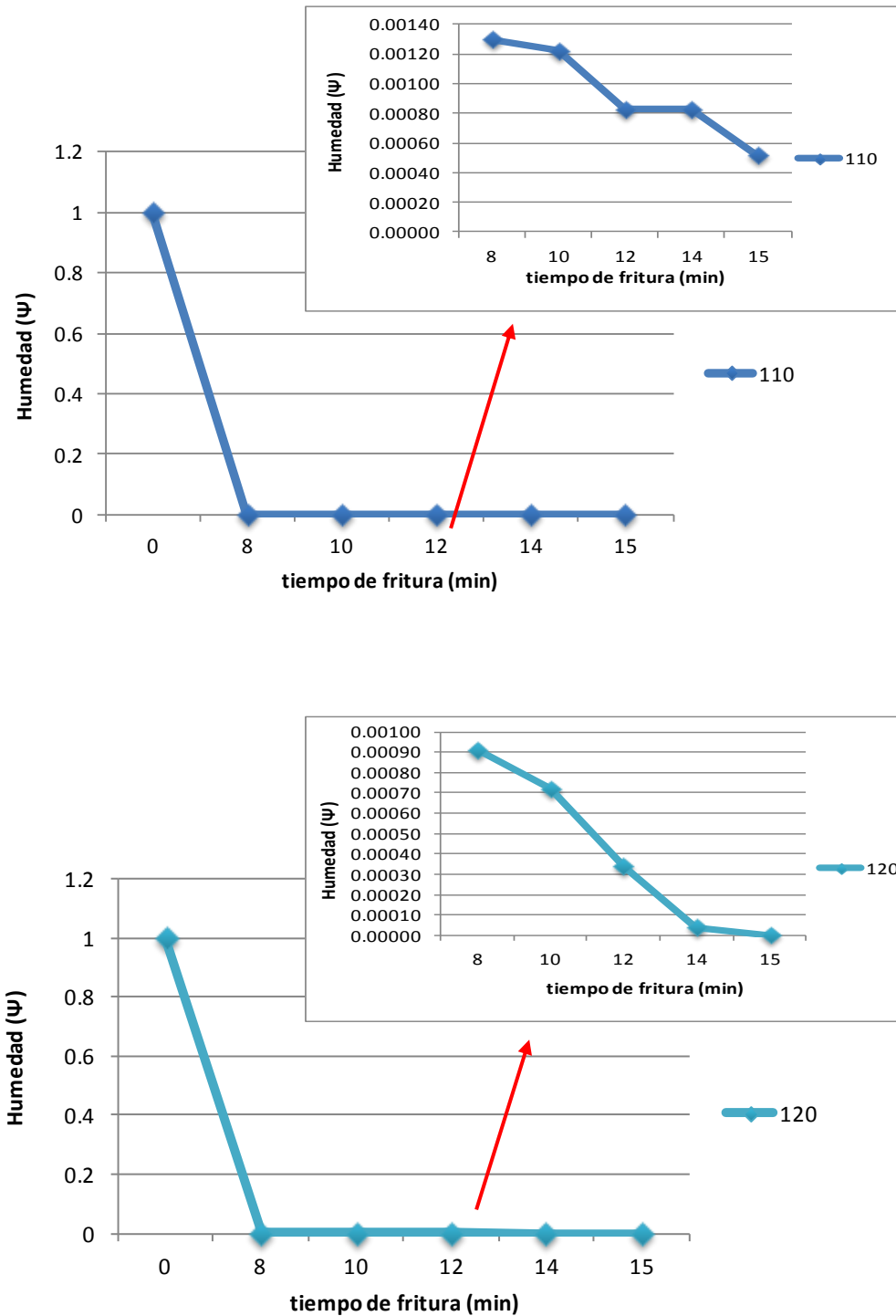
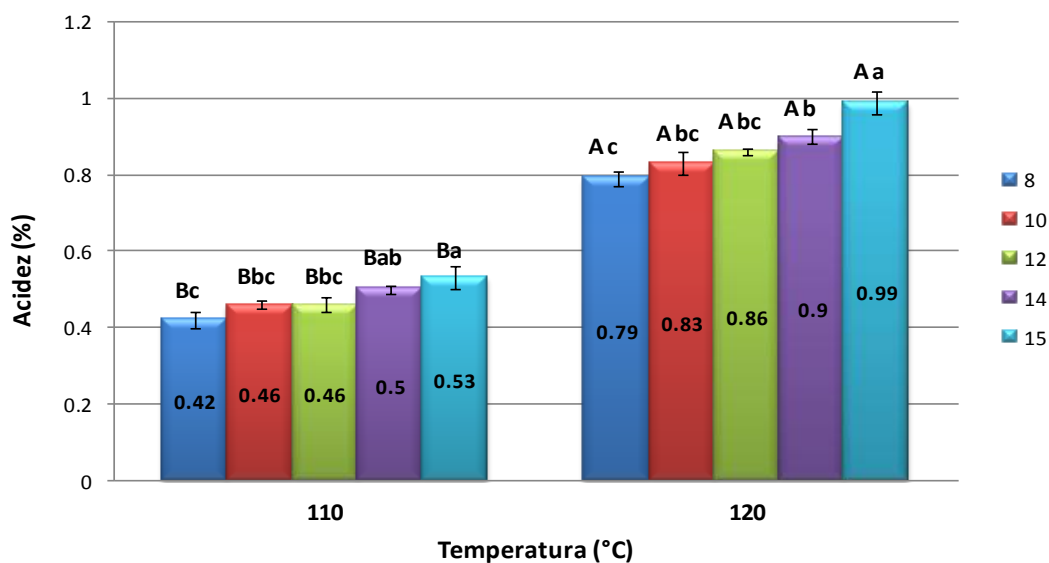


Figura 12. Curva de pérdida de humedad en el proceso de fritura al vacío de *chips* de mashua

4.2.2.3. Acidez titulable y pH

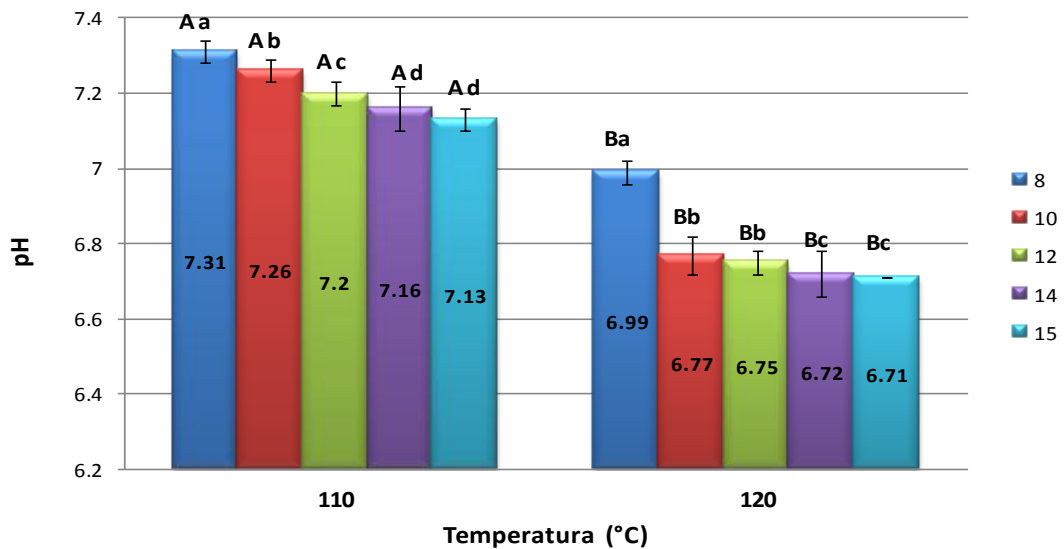
En las Figuras 13-14 se muestran los resultados del efecto de la fritura al vacío en el porcentaje de acidez y pH de los chips de mashua.



Para el mismo tiempo de fritura letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
Para la misma temperatura de fritura letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.1163

Figura 13. Acidez titulable de los *snacks* de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa

Los resultados muestran un crecimiento continuo en el porcentaje de acidez titulable a medida que aumenta la temperatura y tiempo de fritura. De la misma manera se presenta un decrecimiento continuo del pH a medida que aumenta el tiempo y la temperatura de fritura, existiendo así una relación inversamente proporcional.



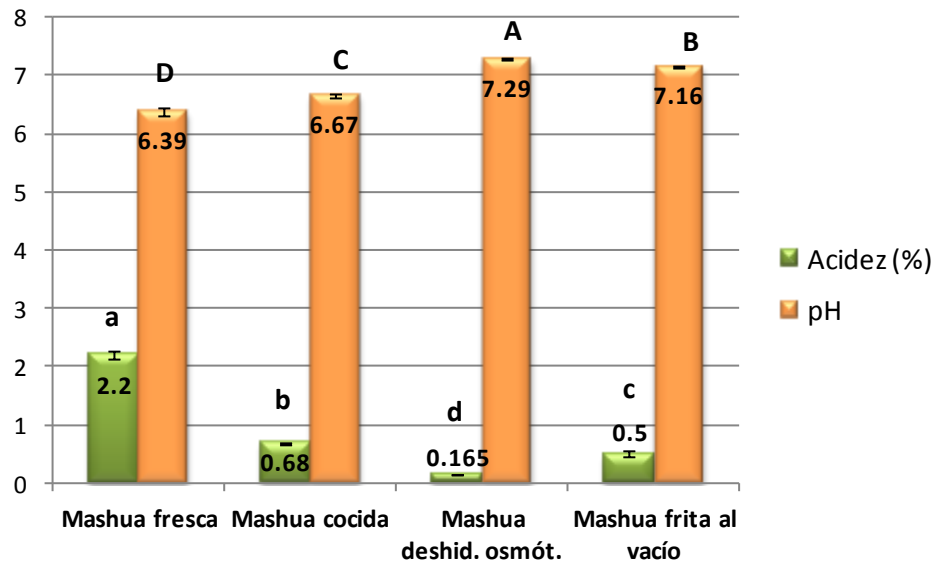
Para el mismo tiempo de fritura letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
 Para la misma temperatura de fritura letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y
 valor de Tukey= 0.04429

Figura 14. pH de los *snacks* de mashua fritos a presión absoluta de 5.24 kPa.

A consecuencia de los pretratamientos de cocción y deshidratación osmótica se disminuye la acidez de las rodajas de mashua, pero en el proceso de fritura se produce un aumento, sin embargo, es menor al de la mashua en estado fresco, como se muestra en la Figura 15. Este comportamiento se debe a que el aceite tiene su propia acidez y al momento de la fritura el alimento entra en contacto con éste produciéndose una variación en su acidez final. También se presume se debe al contenido de humedad con que entran las rodajas de mashua al proceso de fritura, pudiendo dar lugar a una hidrólisis del aceite, produciendo una ruptura de los enlaces éster de los triglicéridos y provocando la formación de ácidos grasos libres (Yagüe & Rodríguez, 2012).

Adicionalmente, Amany *et al.* (2012), en fritura al vacío de patatas con aceite de girasol, reporta en sus resultados que hubo cambios en la acidez del

aceite durante la fritura, señala que aumentó ligeramente con el tiempo. También Shyu *et al.* (1998) manifiesta que el aumento de la acidez puede deberse a la hidrólisis que se produce al reaccionar el aceite con el agua del producto dando lugar a la formación de ácidos grasos libres.



Para el pH letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
 Para el % acidez letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.13562 (%Acidez) y Tukey= 0.09658 (pH).

Figura 15. Acidez titulable y pH en las diferentes etapas del proceso

Los chips de mashua obtuvieron un porcentaje de acidez de 0.5, lo que representa una disminución del 77 % en relación a la mashua en estado fresco. Este hecho podría deberse a la hidrosolubilidad de los glucosinolatos de la mashua en los procesos de cocción y deshidratación osmótica, lo que se traduce en una disminución del sabor picante y la acidez en los *chips*, y un incremento en el pH en un 11 % en relación a la mashua fresca.

4.2.3. FASE 3: EFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos de los *chips* de mashua fritos a 110 °C, 5.24 KPa por 14 min, en el contenido de humedad, grasa, porcentaje de acidez, pH y las diferencias estadísticamente significativas que se encontraron entre los tratamientos.

Tabla 10. Contenido de grasa, humedad, acidez y pH de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

Cocción	D.O	Grasa (%)	Humedad (%)	Acidez (%)	pH
No	No	12.39 ± 0.38 ^{Ba}	4.97 ± 0.10 ^{Aa}	23.87 ± 0.67 ^{Aa}	5.54 ± 0.02 ^{Bb}
Si	No	22.84 ± 0.18 ^{Aa}	2.21 ± 0.09 ^{Ba}	7.59 ± 0.44 ^{Ba}	5.82 ± 0.03 ^{Ab}
No	Si	8.23 ± 0.27 ^{Bb}	2.82 ± 0.12 ^{Ab}	6.31 ± 0.17 ^{Ab}	5.78 ± 0.05 ^{Ba}
Si	Si	11.08 ± 0.38 ^{Ab}	1.90 ± 0.12 ^{Bb}	2.16 ± 0.06 ^{Bb}	6.56 ± 0.05 ^{Aa}

n=3; ± Desviación estándar

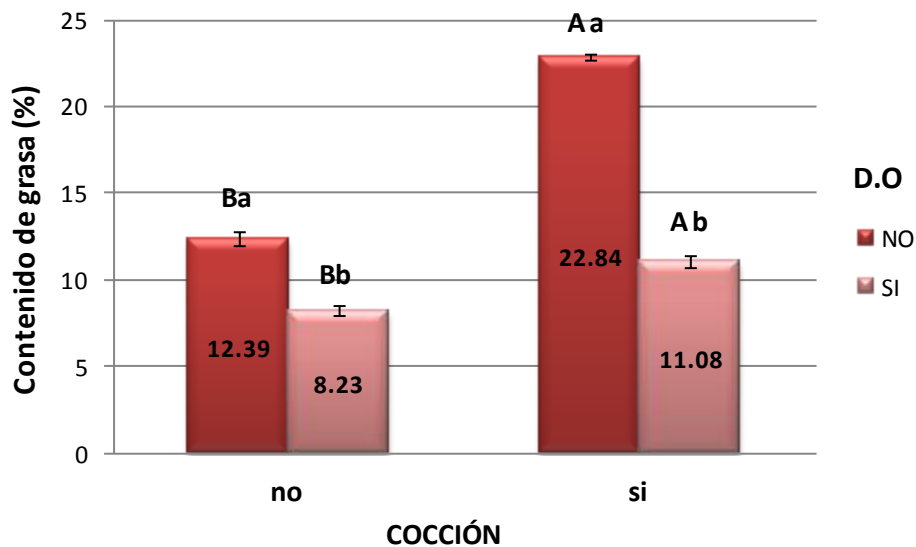
Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05)

Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.84085 (%grasa), Tukey= 0.29066 (%humedad), Tukey= 1.0381 (%Acidez) y Tukey= 0.0986 (pH).

El análisis de varianza muestra que cada uno de los pretratamientos, cocción y deshidratación osmótica, aplicados a las rodajas de mashua influyen de manera significativa en el contenido de grasa, humedad, acidez y pH de las rodajas.

En la Figura 16 se presenta el contenido de grasa de los *chips* de mashua en los diferentes tratamientos y las diferencias significativas que existe entre éstos, además, se identifica la influencia estadísticamente significativa de las condiciones de fritura como la temperatura, presión y tiempo en la absorción de grasa de los chips; corroborando lo manifestado por Urbano *et al.* (2012), donde explica que la cinética de absorción de aceite por parte del producto

es un proceso complejo que está influenciado por la temperatura del aceite, el tiempo de fritura, la presión, las propiedades de permeabilidad de la costra formada en la superficie del alimento y los mecanismos de transferencia de materia.



Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
 Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0,84085

Figura 16. Contenido de grasa de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

Los mayores valores se obtienen en los tratamientos que se aplica cocción, comportamiento similar al estudio de Urbano *et al.* (2012) de *chips* yuca que también presentaron un aumento en la absorción de aceite con este, pero a su vez su aplicación les dio mayor luminosidad y un color más claro y atractivo a sus chips.

En la Figura 17 se muestra el contenido de humedad de las rodajas de mashua antes de entrar al proceso de fritura.

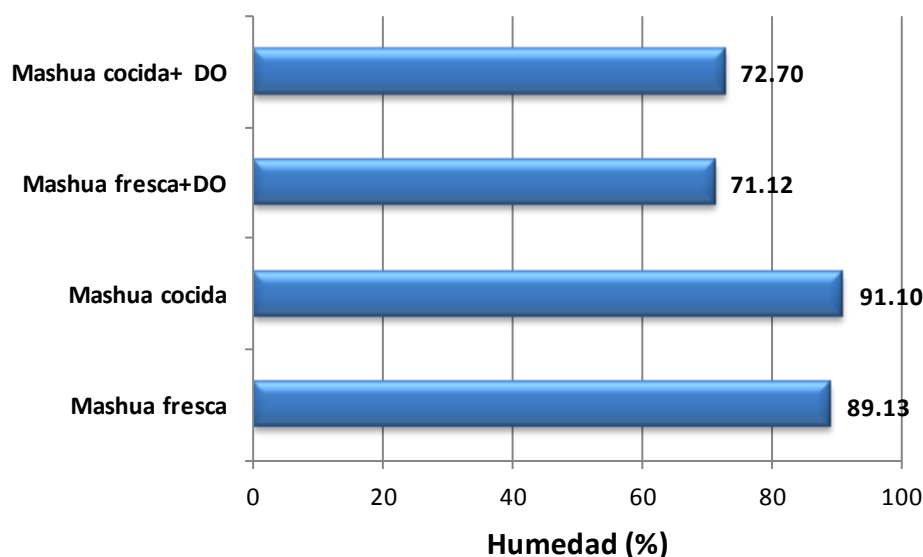


Figura 17. Contenido de humedad de las rodajas de mashua antes del proceso de fritura.

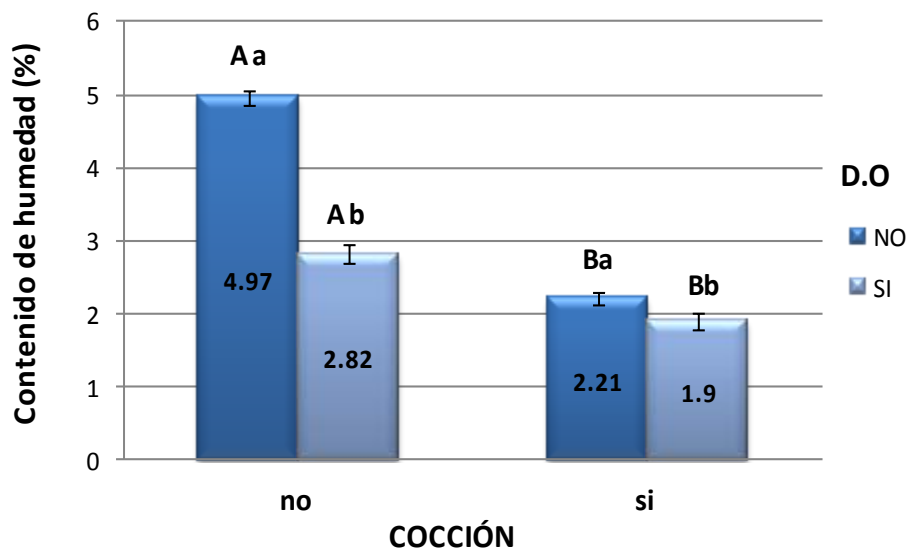
Las rodajas de mashua que mayor porcentaje de humedad presentan son las sometidas a cocción, tanto para las que son deshidratadas osmóticamente como las que no, comportamiento que corrobora con lo manifestado por diferentes autores, quienes declaran que existe una alta correlación positiva entre el contenido de humedad inicial de las rodajas y el contenido final de grasa de los chips (Fan *et al.*, 2006; Garayo & Moreira, 2002; Nunes & Moreira, 2009; Shyu *et al.*, 2005a; Urbano *et al.*, 2012).

Además se puede ver que el pretratamiento de deshidratación osmótica también incide de manera significativa en el contenido total de aceite en los chips de mashua, con una reducción de un 34 % en mashua sin cocción y un 51 % en mashua cocida, en relación al no deshidratado. Valores similares, reportados por Nunes y Moreira (2009) en chips de mango con una disminución de 46 %.

La disminución en la absorción de aceite, se atribuye a que en el proceso de deshidratación osmótica, simultáneamente a la pérdida de agua se produce

un aumento en el contenido de sólidos, por la absorción de solutos de la solución; adicionalmente estudios previos muestran que el bajo contenido de humedad inicial del producto, antes de freír, disminuye el contenido final de aceite (Garayo & Moreira, 2002).

El efecto combinado de cocción con deshidratación osmótica se presenta en la Figura 18, en la que se aprecia que el contenido de agua presenta una disminución significativa entre las que se aplican cocción, existiendo una disminución del 55 % en las rodajas sin deshidratación osmótica y un 33% en las que se aplican deshidratación osmótica.



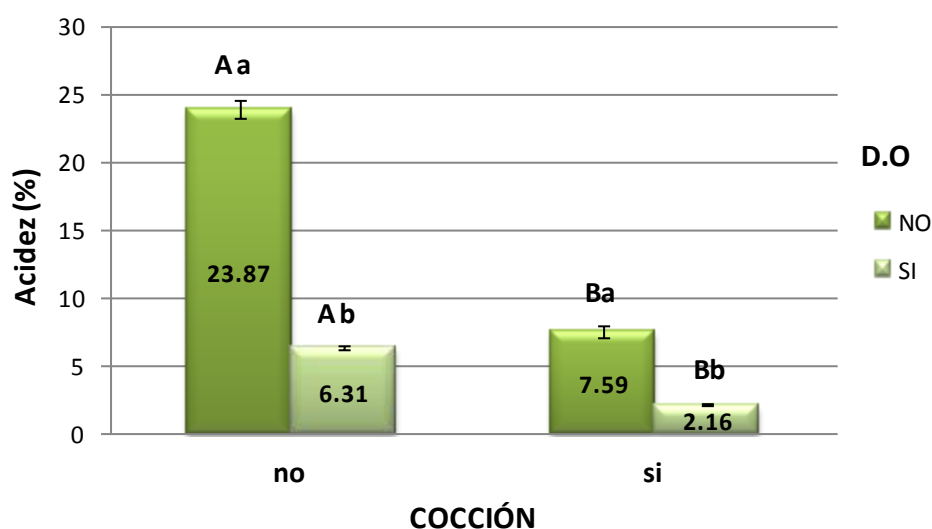
Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05)
 Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.29066

Figura 18. Contenido de humedad de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

Además, se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad en los chips de mashua tratados (con o sin deshidratación osmótica). Se encontró una disminución del 43 % en las rodajas deshidratadas sin cocción y un 14 % en las rodajas cocidas en comparación con las rodajas sin deshidratar.

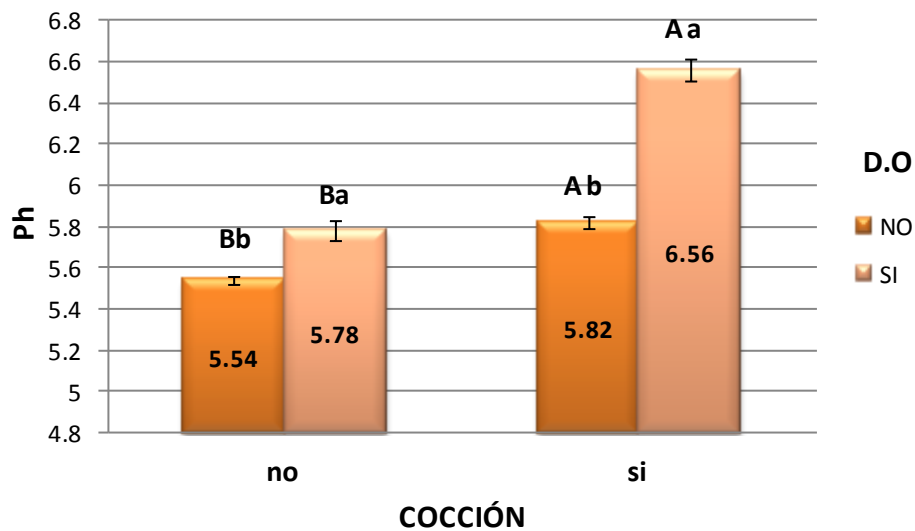
La deshidratación osmótica puede mejorar el contenido de sólidos solubles de los chips de mashua y a la vez disminuir su contenido de humedad, ya que en este proceso se produce una contra-difusión simultánea de agua y solutos través de la membrana celular del alimento y de esta manera contribuye a la calidad, aceptabilidad y preservación del producto final.

Las Figuras 19 y 20 muestran los resultados del porcentaje de acidez y pH de los *chips* de mashua y las diferencias estadísticamente significativas obtenidas entre los diferentes tratamientos.



Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05)
 Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 1.0381

Figura 19. Acidez titulable de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.



Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$)
 Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.0986

Figura 20. pH de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

El mayor porcentaje de acidez, presentan las rodajas a las que no se les aplicó ningún tratamiento con un valor de 24 %, mientras que el menor valor lo presentan las rodajas con aplicación de los dos pretratamientos con un aproximado del 2 %, existiendo así una disminución del 92 % en su contenido de acidez.

Estos resultados demuestran lo manifestado por Gregorini (2003), Guidi y Machaca (2003) y Verkerk y Deker (2008), que la aplicación de pretratamientos ayudan a disminuir el grado de acidez, disminuyendo el sabor picante de la mashua, medida indirecta del contenido de glucosinolatos; ayudando a mejorar las características organolépticas del producto en sabor, apariencia y textura.

La fuerza de ruptura representa una medida indirecta de la crocancia del producto, los resultados obtenidos de éste análisis se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Fuerza de ruptura (crocancia) de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

Cocción	D.O	Fuerza de ruptura (N)
No	No	0.61 ± 0.11 ^{Aa}
Si	No	0.32 ± 0.07 ^{Ba}
No	Si	0.37 ± 0.08 ^{Ab}
Si	Si	0.20 ± 0.06 ^{Bb}

n=3; ± Desviación estándar

Para la no aplicación y aplicación de D.O letras mayúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05)

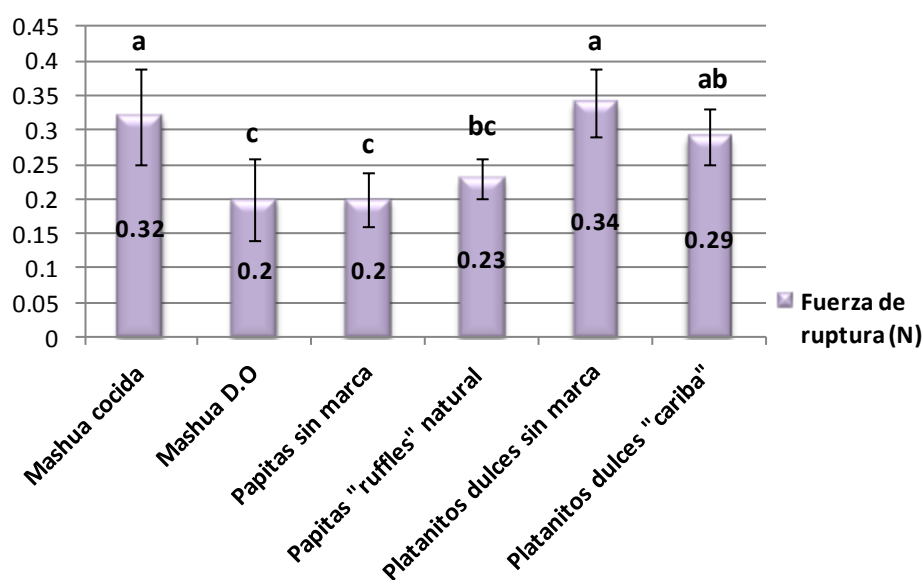
Para la no aplicación y aplicación de cocción letras minúsculas diferentes denotan diferencia significativa (P<0.05) y valor de Tukey= 0.09827.

El análisis estadístico muestra que la fuerza de ruptura de los chips de mashua fue significativamente afectada por los dos pretratamientos, tanto la cocción como la deshidratación osmótica, de manera que los chips que presentan menor fuerza de ruptura son los que fueron sometidos a los dos pretratamientos con un valor de 0.20 N, de forma contraria ocurre con los chips que no se les aplicó ningún pretratamiento, los mismos que presentan un valor de 0.61 N. Se puede afirmar que tanto la cocción como la deshidratación osmótica, tienen una influencia importante en la textura de los chips, al disminuir el valor de la fuerza de ruptura, lo que se traduce en un producto más crocante y queda demostrado, con lo expuesto por Shyu y Hwang (2011) al indicar que la aplicación de la deshidratación osmótica antes del proceso de fritura al vacío, coadyuva a la obtención de *chips* fritos al vacío, con mejor sabor y textura.

Además, en la Tabla 10 se muestra el contenido de humedad de los *chips* de mashua con cada tratamiento, y los *chips* que presentan mayor humedad con un valor aproximado al 5 % son los que no se les aplicó ningún pretratamiento, que son los que también presentan mayor fuerza de ruptura y de manera inversa los que tienen menor humedad son los que fueron sometidos a los dos pretratamientos que también son los que presentan

menor fuerza de ruptura, con esto se ve evidenciado lo manifestado por Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005), quienes dicen que la fuerza de ruptura disminuye con la disminución del contenido humedad.

Con fines de comparación, de nuestro producto con otros productos similares tipo *snacks*, que se encuentran en el mercado y son de alto consumo, también se realizó mediciones de la fuerza de ruptura de éstos, los mismos que se presentan en la Figura 21.



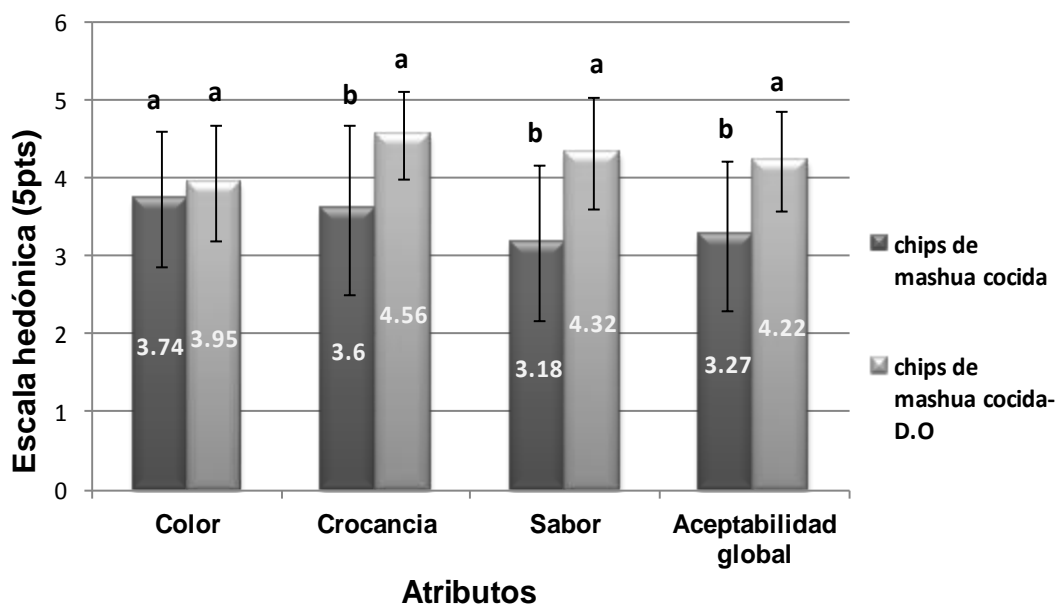
Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.2323

Figura 21. Fuerza de ruptura de los chips de mashua con y sin aplicación de pretratamientos.

La fuerza de ruptura de los *chips* de mashua que fueron sometidos a cocción como pretratamiento no muestra diferencias significativas con los *snacks* de platanitos con marca y sin marca, de la misma manera los *chips* de mashua que fueron sometidos a deshidratación osmótica como pretratamiento son estadísticamente iguales con los *chips* de papitas con marca y sin marca, por lo que se puede decir, que los *chips* de mashua presentan características de textura similares a los *chips* ya existentes en el mercado.

4.3. ACEPTABILIDAD

Debido a los diferentes procesos a los que fueron sometidas las rodajas de mashua fresca, se modificaron sus características organolépticas, las mismas que fueron evaluadas en una prueba de aceptabilidad con una escala hedónica de 5 puntos y los resultados se presentan en la Figura 22.



Letras diferentes en *chips* de mashua cocida y *chips* de mashua cocida- D.O en cada atributo de evaluación, denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) y valor de Tukey= 0.2337

Figura 22. Calificación promedio de la aceptabilidad de los *chips* de mashua.

En el color, el análisis de varianza no muestra diferencia estadística significativa entre las dos muestras de *chips* elegidas para el análisis y dentro de la escala hedónica, el color de las dos muestras les gusta a los participantes.

En los parámetros de crocancia, sabor, y aceptabilidad global, los chips de mashua que fueron sometidas a los 2 pretratamientos (cocción y deshidratación osmótica), alcanzaron una aceptabilidad entre 4 y 5 dentro de

la escala hedónica, valores que corresponden a “me gusta y “me gusta mucho” respectivamente; mientras que a la muestra que sólo fue sometida al pretratamiento de cocción la ubicaron en el puntaje 3 de la escala, que significa que la muestra “ni gusta, ni disgusta”.

En el análisis estadístico, se demuestra que, las calificaciones a las dos muestras son significativamente diferentes, indicando que la aplicación de los dos pretratamientos en la elaboración de *chips* de mashua, permitió que obtengan un mayor puntaje de aceptación sensorial, en los atributos de crocancia, sabor y en la aceptabilidad global.

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Previo a la caracterización del producto final, se aplicó el proceso de obtención de los *snacks* de mashua, que es el que permitió obtener los *chips* que mayor aceptabilidad obtuvieron, y se indica en la Figura 23, en el cual se indica además, el porcentaje de rendimiento para cada una de las etapas.

Estos *chips* obtenidos a las condiciones de fritura al vacío, al 110°C, 5.24 KPa, por 14 min, y aplicado los dos pretratamientos, se caracterizaron con los parámetros descritos en la Tabla 3 de la metodología; y cuyos resultados se exponen en la Tabla 12.

MASHUA
(*Tropaeolum tuberosum*)

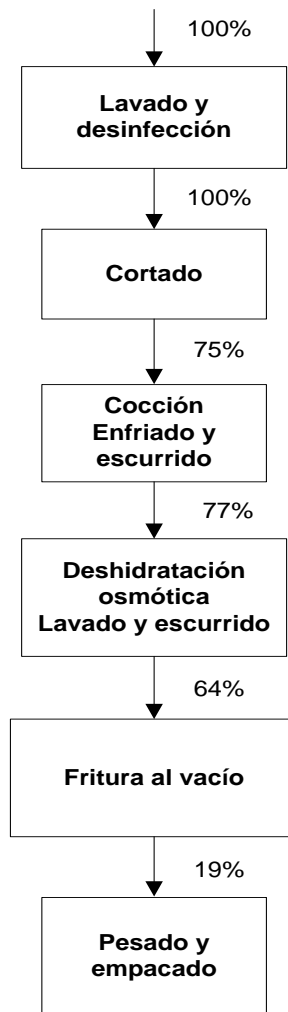


Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de obtención de *snacks* de mashua y su rendimiento.

En la etapa que se da mayor pérdida de rendimiento es en la de fritura con una merma del 45 %, seguida de la etapa de cortado con una disminución del 25 % y en la etapa de deshidratación osmótica una pérdida del 13 %. Mientras que en el proceso de cocción se presenta un aumento del 2 %, comportamiento atribuido al agua absorbida por las rodajas durante este proceso y el agua contenida en la superficie.

El porcentaje de rendimiento global en el proceso de obtención de *snacks* de mashua aplicando fritura al vacío es del 19 %, valor menor al reportado por Quelal (2012), en la obtención de *snacks* de mashua con fritura convencional con un 31 %.

Esta diferencia, se presume que se debe al contenido de grasa de los *snacks* obtenidos con los dos tipos de fritura, siendo el proceso de fritura convencional donde los *snacks* de mashua presentan mayor absorción con un 28 %, a diferencia de los obtenidos al vacío con un 11 %.

Tabla 12. Composición química de los *chips* de mashua

Análisis	<i>chips</i> mashua	Bibliografía
Humedad (%)	1.90 ± 0.12	0.91
Grasa (%)*	11.08 ± 0.38	14.32
Ceniza (%)*	0.89 ± 0.00	1.53
Glucosinolatos (%)*	0.17 ± 0.00	**
Isotiocianatos (mg/100g)	**	2.97
Ph	7.16 ± 0.01	4.47
Acidez titulable (%)	0.50 ± 0.03	0.19

n=3; ± Desviación estándar

*Base seca

** no determinado

(Quelal, 2012)

Los valores obtenidos fueron comparados con los resultados reportados por Quelal (2012) en la elaboración de *chips* de mashua pero con aplicación de fritura convencional, donde, en el contenido de humedad los *chips* de mashua de fritura convencional presentan un 52 % menos humedad que los *chips* al vacío, en el contenido de grasa en cambio, los *chips* de fritura al vacío presentan un menor contenido de grasa en un 23 % en relación al obtenido con fritura convencional, donde se comprueba lo declarado por algunos autores, que en la fritura al vacío se reduce significativamente la absorción de aceite en el producto final (Amany *et al.*, 2012; Bravo *et al.*,

2011; Dueik *et al.*, 2011; Garayo & Moreira, 2002; Haizam *et al.*, 2011; Shyu & Hwang, 2011; Urbano *et al.*, 2012; Villamizar *et al.*, 2011).

En el contenido de isotiocianatos, que son el resultado de la de la hidrólisis de los glucosinolatos, no se puede hacer una comparación directa ya que en los dos estudios se los determinó a éstos por separado, pero, el porcentaje de acidez y pH constituyen una forma indirecta de medición de éstos compuestos, donde los *chips* mashua al vacío presentan un valor mayor en el porcentaje de acidez pero también un valor mayor en el pH en relación a los de fritura convencional, sin embargo para ambos estudios estos valores son considerablemente bajos en relación a la mashua en estado fresco.

En la Figura 24 se presenta la composición química de la mashua en estado fresco y los *chips* de mashua, donde se observa una notable variación en cada uno de los componentes, debido a los diferentes procesos aplicados tanto en pretratamientos (cocción y deshidratación osmótica) como en la fritura al vacío.

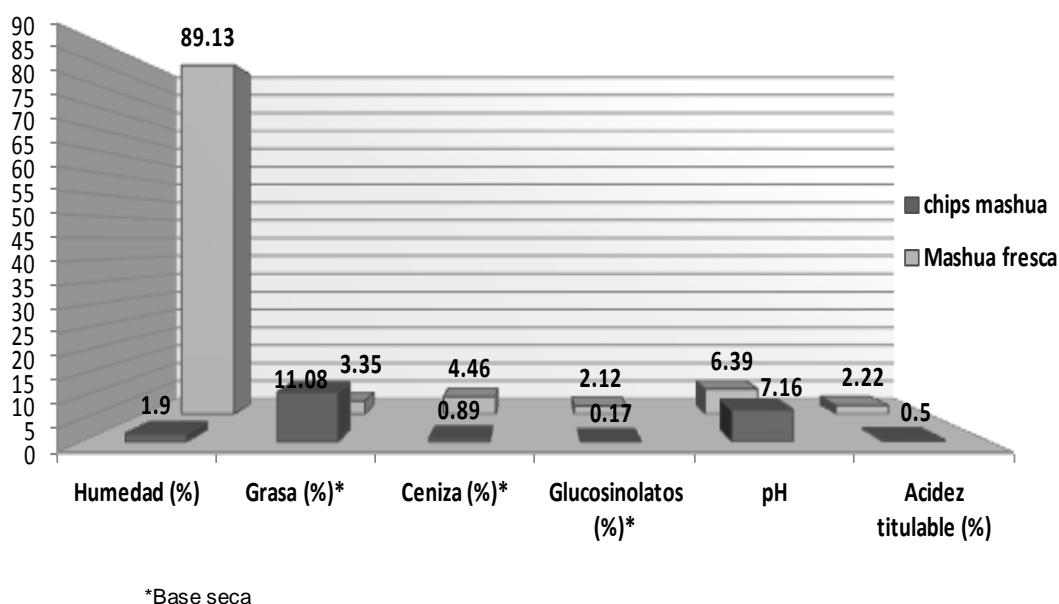


Figura 24. Composición química de la mashua en estado fresco y los *chips* de mashua.

En el contenido de humedad existe una disminución del 98 % en relación al tubérculo crudo, humedad perdida en los diferentes procesos al que fueron sometidas las rodajas de mashua, sin embargo en el proceso que mayor pérdida se experimentó fue en la etapa de fritura, donde las rodajas entraron con alrededor del 73 % de humedad como se muestra en la Figura 18 y se obtuvo los *chips* con alrededor del 2 %.

Según lo señalado por la NTE INEN 2 561: (2010) Bocaditos de Productos Vegetales, el contenido de humedad debe ser menor al 5 %, por consiguiente, los *chips* de mashua con alrededor del 2 %, cumplen con este estándar de humedad establecido para productos afines. También presentan un contenido de humedad similar a algunos productos obtenidos por fritura al vacío, que también reportan contenidos de humedad similares, como es el caso de Villamizar y Giraldo (2011) y Nunes y Moreira (2009), en *chips* de mango con 1.25 % y 2 % respectivamente; Dueik *et al.* (2011) en *chips* de manzana y rodajas de patata un 2 %; Fan, Zhang, Xiao, *et al.* (2005) y Shyu y Hwang (2011) en *chips* de zanahoria un 3 % y 4 % respectivamente; y Garayo y Moreira (2002) en *chips* de patatas con 1.9 %.

En el contenido de grasa la mashua en estado fresco presentan un 70 % menos en su contenido en relación a los chips, comportamiento normal en este tipo de proceso, no obstante, en relación a los *chips* obtenidos por fritura convencional con un contenido de grasa del 28%; la mashua en estado fresco presentan un 88 % menos.

En cuanto al contenido de cenizas, existe una disminución del 80 % en los *chips* de mashua en relación a la mashua en fresco, comportamiento que se le atribuye a la solubilización de las sales minerales en el agua de cocción y en la solución osmótica, en los pretratamientos de cocción y deshidratación osmótica respectivamente a los que fueron sometidas las rodajas (Delgado & Astiasaran, 2005).

Los diferentes procesos aplicados a las rodajas de mashua para la obtención de los *chips* permitieron disminuir el contenido de glucosinolatos en un 92 %,

con el que a su vez, disminuyó el porcentaje de acidez y aumentó el pH en un 77 % y 11% respectivamente, lo que se traduce además, en una reducción del sabor picante característico de la mashua, dándole al producto final un sabor dulce y agradable, con textura crocante.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los tubérculos de mashua presentan un alto contenido de isotiocianatos resultantes de la hidrólisis de los glucosinolatos 2.2 %, limitando su consumo por el sabor picante que estos le confieren.
- En el proceso de deshidratación osmótica, el tiempo de inmersión de las rodajas en la solución osmótica afecta de manera significativa a su contenido de humedad y concentración de sólidos solubles, donde a mayor tiempo de inmersión disminuye el contenido de humedad y el de los sólidos solubles aumenta.
- La aplicación de los pretratamientos disminuye la acidez en un 69 % en las rodajas cocidas y 93 % en las rodajas cocidas y deshidratadas osmóticamente en relación a la mashua fresca. Evidenciándose que la deshidratación osmótica complementa al efecto de la cocción en la reducción del grado de acidez de la mashua y por consiguiente el sabor picante conferido por los isotiocionatos.
- Así mismo la aplicación de los pretratamientos, cocción y deshidratación osmótica, influyen significativamente en el contenido de humedad, y de grasa. Los *chips* pretratados solo con cocción, presentaron una mayor cantidad de grasa, mientras que, los que fueron deshidratados osmóticamente, presentaron una menor cantidad; hecho que se lo relacionó con su menor contenido de humedad antes de entrar al proceso de fritura.

- En el proceso de fritura, las condiciones que permitieron obtener los *chips* de mashua, de mayor aceptabilidad sensorial, tuvieron valores de 110 °C, 5.24 kPa y 14 min, en la temperatura, presión y tiempo respectivamente. Además el contenido de humedad, grasa, acidez y pH; obtuvieron valores de 2 %, 11 %, 0.5 % y 7.16 respectivamente, que son similares o menores a los reportados en otros estudios de fritura al vacío.
- Los *chips* de mashua obtenidos por fritura al vacío, y sometidos a las mismas condiciones de pretratamientos que los *chips* obtenidos por fritura convencional (170 °C, 2 min); presentan una disminución en el contenido de grasa del 60 % en relación a los procesados de forma convencional, con lo que se evidencia que la fritura al vacío reduce significativamente la ganancia de aceite del producto final.
- El porcentaje de acidez de las rodajas de mashua con la aplicación de los dos pretratamientos, disminuyó, pero en el proceso de fritura se produjo un aumento, sin embargo, fue menor al de la mashua en estado fresco, comportamiento atribuido a la acidez propia del aceite y al contenido de humedad con que entran las rodajas de mashua al proceso de fritura, provocando una hidrólisis del aceite, que da lugar a una ruptura de los enlaces éster de los triglicéridos y la formación de ácidos grasos libres.
- Los *chips* de mashua presentaron características de textura similares a los *chips* (de otros alimentos) ya existentes en el mercado, porque no se evidenció diferencias, estadísticamente significativas, en los valores de la fuerza de ruptura.

- La aceptabilidad sensorial de los consumidores demostró que, los *chips* aplicados los dos pretratamientos, obtuvieron en los atributos de crocancia, sabor y, en la aceptabilidad global una puntuación, en la escala hedónica, entre 4 y 5; valores correspondientes a me gusta y me gusta mucho.
- En el proceso de obtención de *chips* de mashua se obtuvo un rendimiento del 19 %, existiendo mayor pérdida en la de fritura con una merma del 45 %, seguida de la etapa de cortado con una disminución del 25 % y en la etapa de deshidratación osmótica una pérdida del 13 %. Mientras que en el proceso de cocción se presenta un aumento del 2 %, comportamiento atribuido al agua absorbida por las rodajas durante este proceso y el agua alojada en la superficie.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de la vida útil de éste producto.
- Aplicar la tecnología de la fritura al vacío en otras frutas y vegetales, especialmente para aquellas que tienen bajo consumo.
- Complementar la investigación, considerando otras variables, tales como el espesor que deberían tener las rodajas para conseguir *chips* con mejores características nutricionales y disminuir el tiempo y temperatura de fritura.
- Modificar las variables del proceso, de manera que se pueda aumentar la cantidad de producción y rendimiento.
- Analizar el efecto de la centrifugación en el contenido de grasa del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, G., Illanes, W., Vera, B., Torrez, E., & Larondelle, Y. (1999). Obtención de Harinas de Raíces y Tubérculos Andinos. In T. Fairlie, M. Bermúdez & M. Holle (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos Avances de Investigación* (Vol. 1). Centro Internacional de la Papa (CIP), Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Lima-Perú.
- Alvarado, W. (2006). *Estudio del Efecto de Deshidratación osmótica como Pretratamiento para el Proceso de Secado por Aire de Piña* Ingeniera de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil-Ecuador.
- Amany, M. M. B., Sharker, M. A., & Azza, A. A. A. (2012). Vacuum frying: An alternative to obtain high quality potato chips and fried oil. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*, 1.
- Ames de Icochea, T. (1997). *Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos*. Centro Internaional de la Papa (CIP). Lima-Perú.
- Arabizu, C., & Tapia, M. (1992). Tubérculos andinos In J. L. Hernández, J. (Ed.), *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. In 26 (Series Ed.) *Producción y protección vegetal* (pp. 147-161). Roma, Italia: FAO.
- Arias, M. (2011). *Análisis y comparación de los glucosinolatos presentes en diferentes accesiones de cubio (Tropaeolum tuberosum) para evaluar su uso potencial en el control del patógeno de la papa Spongospora subterranea* Magíster en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá- Colombia.
- Ayala, A., Serna, L., & Giraldo, C. (2009). Efecto de la Agitación sobre la Deshidratación osmótica de Pitahaya amarilla Empleando Soluciones de Sacarosa. *Scielo*, 34(Interciencia).
- Barbosa, G., Vega, H., & Ibarz, A. (2000). *Deshidratación de Alimentos* Acribia (Ed.)

- Barra, J. (2009). *Desarrollo De Snacks en base a Zanahoria (Daucus carota L.) variedad Ábaco Deshidratada osmóticamente para Consumidores Infantiles*. Ingeniero de Alimentos, Universidad de Chile, Santiago-Chile.
- Barrera, V. H., Espinosa, P., Tapia, C. G., Monteros, A. M., & Valverde, F. (2004). Caracterización de la Raíces y los Tubérculos Andinos en la Ecoregión Andina del Ecuador. In V. H. Barrera, Tapia, César G. , Monteros, Alvaro M. (Ed.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (Vol. 4). Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.
- Bello, J. (1998). Los Procesos Secundarios en los Procesos de Cocción. In D. d. Santos (Ed.), *Ciencia y Tecnología Culinaria*. Madrid- España.
- Bones, A. M., & Rossiter, J. T. (2006). The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates. *Phytochemistry*
- Bouchon, P., & Pyle, D. L. (2004). Studying Oil Absorption in Restructured Potato Chips. *Studying Oil Absorption in Restructured Potato Chips.*, 69.
- Bravo, J. (2008). *Contribución al estudio de la fritura al vacío: deshidratación de rodajas de manzana*. Doctorado en Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia- España.
- Bravo, J., Rúaless, J., Sanjuán, N., & Clemente, G. (2006). Innovaciones en el proceso de fritura: la fritura a vacío. *Alimentación Equipos y Tecnología*
- Bravo, J., Sanjuán, N., Clemente, G., & Mulet, A. (2011). Pressure Effect on Deep Fat Frying of Apple Chips. *Drying Technology*, 29.
- Brito, B., & Espín, S. (1999a). Variabilidad en la Composición Química de Raíces y Tubérculos Andinos del Ecuador. In T. Fairlie, M. Morales & M. Holle (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos Avances de Investigación* (Vol. 1). Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima-Perú.

- Brito, B., & Espín, S. (1999b). Variabilidad en la composición química de raíces y tubérculos andinos del Ecuador. In T. Fairlie, M. Bermúdez & M. Holle (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos Avances de Investigación* (Vol. 1). Centro Internacional de la Papa (CIP), Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Lima-Perú.
- Castellanos, F. J. (2011). Efecto de la variación de la temperatura del aceite, presión reducida y tiempo en la Fritura al vacío de Chips de Plátano *CIBIA 8*(Ingeniería de Procesos y Productos).
- CIP. (2007). (Centro Internacional de la Papa). *MASHUA (Tropaeolum tuberosum)*. Retrieved from http://www.peruecologico.com.pe/tub_mashua.htm
- CIP, & COTESU. (1996). Transformación de las RTAs Utilizando Métodos Caseros de Deshidratación Programa Colaborativo Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. La Molina.
- CIT. (2005). (Centro de Información Tecnológica). *Tropaeolum tuberosum. Ruiz & Pavon*. Retrieved from http://www.inia.gob.pe/boletin/BCIT/boletin0002/cultivo_arequipa.htm
- Condori, P., Almanza, J., & Gonzáles, S. (2003). Factores Limitantes de Producción que inciden a los Tubérculos Andinos. In W. García & X. Cadima (Eds.), *Manejo Sostenible de la Agrobiodiversidad de Tubérculos Andinos* (Vol. 1). Cochabamba- Bolivia.
- Chavarro, L., Ochoa, C., & Ayala, A. (2006). Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética de transferencia de masa en la Deshidratación osmótica de papaya *SciELO*, 26(Ciencia y Tecnología de Alimentos).
- Delgado, M., & Astiasaran, I. (2005). Alimentos cocidos. In I. Astiasaran & D. J. A. Martínez (Eds.), *Alimentos composición y propiedades*. México: McGraw-Hill- Interamericana.
- Dobarganes, C., Márquez, G., & Velasco, J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102.

- Dueik, V., Moreno, C., & Bouchon, P. (2011). Surface roughness reduces drainage in vacuum and atmospheric fried apple and potato slices.
- Dunovská, L., Holadová, K., & Hájková, K. (2004). Changes of acrylamide levels in food products during technological processing. . *Czech J. Food Sci*, 22(Special).
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). Caracterización Físico- química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In V. H. Barrera, Tapia, César G. , Monteros, Alvaro M. (Ed.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (Vol. 4). Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.
- Espinosa, P. (2004). Consumo, Aceptabilidad y Oportunidad de Aumentar la Demanda Urbana de las RTAs In V. Barrera, C. G. Tapia & A. M. Monteros (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Sostenible en el Ecuador*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP). Quito- Ecuador, Lima- Perú. .
- Estévez, A., Hurtado, M., & Vílches, F. (2005). *Formulación y elaboración de un "snack" de arándano con incorporación de fibra dietética*. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía.
- Fan, L.-p., Min, Z., & Mujumdar, A. S. (2006). Effect of various Pretreatments on the Quality of Vacuum-fried Carrot chips. *Drying Technology*, 24.
- Fan, L.-p., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2005). Vacuum Frying of Carrot Chips. *Drying Technology*, 23.
- Fan, L.-p., Zhang, M., Xiao, G., Sun, J. C., & Tao, Q. (2005). The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. *International Journal of Food Science and Thechnology*, 40.
- Farkas, B. E., Singh, R. P., & Rumsey, T. (1996a). Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I. Model Development. *Journal of Food Engineering*, 29.
- Fellows, P. J. (1998). Frying. In P. J. Fellows (Ed.), *Food processing technology. Principles and Practice*. New York.

- Fito, P. (1992). *Aportación al Desarrollo de un Proceso de Deshidratación osmótica al Vacío para Alimentos* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia- España.
- Garayo, J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55.
- García, W., Cadima, X., Meneces, P., Aguirre, G., Peredo, O., & Gandarillas, A. (2003). Promoción y Difusión de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. In W. García & X. Cadima (Eds.), *Coservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*.
- Gertz, C., Klostermann, S., & Kochhar, P. (2003). Deep frying: the role of water from food being fried and acrylamide formation. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 10.
- Giannoni, D. (2007). MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*). Retrieved from PERÚ ECOLÓGICO website: http://www.peruecologico.com.pe/flo_mashua_1.htm
- Gil, A. (2010). Los métodos de cocción In Akal (Ed.), *Técnicas Culinarias*. Madrid- España.
- Gómez, D., Rodríguez, A., & Fernández, E. (2000). Análisis de crecimiento en plantas de mashua sometidas a condiciones nutricionales marginales. *Anales Científicos*. Retrieved from http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/pdf_anales/MasterAnales-2000-Volumen%20XLIII.pdf#page=125
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C., & Hermann, M. (2003). *MASHUA (Tropaeolum tuberosum. Ruiz & Pav.)*. International Potato Center, Lima-Perú / International Plant Genetic Resources Institute, Rome-Italy.
- Gregorini, J. (2003). Soja y antinutrientes. Retrieved from <http://www.galeon.com/mundosoja/gregorini.htm>
- Grüner, H., Metz, R., & Gil, A. (2008). Métodos de Cocción Húmeda In Akal (Ed.), *Procesos de Cocina* Madrid- España

- Guidi, A., & Machaca, M. (2003). El uso de la harina de Isaño para la alimentación de cerdos. In W. García & X. Cadima (Eds.), *Manejo Sostenible de la Agrobiodiversidad de Tubérculos Andios* (Vol. 1). Cochabamba- Bolivia.
- Guzmán, L. (2003). *Determinación de las Condiciones de Deshidratación osmótica, para la Obtención de un Producto de Mora Deshidratado por el Método mixto Ósmosis-Aire caliente*. Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.
- Haizam, A., Tarmizi, A., & Niranjana, K. (2010). The Possibility of Lowering Oil Content of Potato Chips by Combining Atmospheric Frying with Postfrying Vacuum Application. *Journal of Food Science*, 75.
- Haizam, A., Tarmizi, A., & Niranjana, K. (2011). Post-Frying Oil Drainage from Potato Chips and French Fries: A Comparative Study of Atmospheric and Vacuum Drainage. *Food Bioprocess Technology*.
- Haizam, A., Tarmizi, A., & Niranjana, K. (2012). Combination of Moderate Vacuum Frying with High Vacuum Drainage—Relationship Between Process Conditions and Oil Uptake. *Food Bioprocess Technology*.
- Herrera, C. H., Bolaños, N., & Lutz, G. (2003). Química de Alimentos U. d. C. Rica (Ed.) *Inmovilización de Invertasa para la Obtención de Jarabes de Azúcar Invertido*
- Huamaní, K. (2009). *Identificación de genes candidatos para la biosíntesis y degradación de glucosinolatos mediante herramientas bioinformáticas*. Biólogo con mención en Biología Celular y Genética, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú.
- INEN. (2010). Bocaditos de productos vegetales. Requisitos *Requisitos bromatológicos* (Vol. NTE INEN 2 561: 2010). Quito- Ecuador: Instituto ecuatoriano de normalización.
- INIAP. (1989). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Informe Técnico Anual: Caracterizaciones de varias colecciones de Germoplasma*. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=PADIPR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001460>

- INIAP. (2009). INIAP: 50 años aportando al país (pp. 116). Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
- Irigoyen, J., & Guidi, A. (2003). Estudios preliminares para la Agroindustria de Raíces y Tubérculos Andinos. In W. García & X. Cadima (Eds.), *Coservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*.
- Kitson, J. A., Lackey, C. L., & Wright, H. T. (1997). New fruit flavor snack. *Food Engineering*, 44.
- Krauss, U., & Soberanis, W. (2001). Control de pudriciones de poscosecha con extracto de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Retrieved 27 Agosto, 2012, from <http://web.catie.ac.cr/informacion/rmip/rmip57/art3-a.htm>
- Linstromberg, W. W. (1979). Química Orgánica: Curso breve Reverté (Ed.) *La Estructura Cíclica de los Azúcares: Mutarrotación*
- López, O., Montes, L. M., Serna, L., & Franco, G. (2002). Conservación de Tomate de árbol mínimamente Procesado por Deshidratación osmótica. In U. P. Bolivariana, Corpoica & C.D.T.F (Eds.), IV Seminario Nacional de Frutas de Clima Frío Moderado Medellín-Colombia.
- Machacuay, S. (2009). *Deshidratación osmótica de frutas*. Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín- Perú. Retrieved from <http://es.scribd.com/doc/22385592/Deshidratacion-Osmotica-de-Frutas>
- Madrid, V. (1999). Confitería y Pastelería: Manual de Información Mundi-Prensa (Ed.) *Azúcares: definición, composición y clasificación*
- MAG. (2000). *III Censo Nacional Agropecuario 2000*. Ecuador: SINAGAP Análisis y Estadísticas
- Martínez, A., & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*. Retrieved from scielo website: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112006000500002&script=sci_arttext&tlng=es

- Mataix, J., & Carazo, E. (2005). Tratamientos Térmicos. In D. d. Santos (Ed.), *Nutrición para Educadores*. (2da ed.). Fundación Iberoamericana Universitaria- España.
- Montaldo, Á. (1991). *Mashua Cultivo de raíces y tubérculos tropicales* (2 ed.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica.
- Montero, C. A. (2008). *Optimización del Proceso de Elaboración de chips de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) en la fritura a condiciones de vacío* Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Nuchera, A., Gonzáles, R., Rodríguez, V., & Guillermo, L. (2009). Tendencia de los mercados para la Industria Alimentaria El sector de la Industria Alimentaria de Costa Rica: Una perspectiva desde la Cadena de Valor. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Nunes, Y., & Moreira, R. (2009). Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips. *Food Science & Technology*(Food Engineering and Physical Properties).
- Parzanese, M. (2009). *Tecnologías para la Industria Alimentaria. Deshidratación osmótica*. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina Retrieved from http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf.
- Patiño, F., Valdivia, G., Gonzales, S., & García, W. (2003). Rendimiento potencial de tubérculos andinos. In W. García & X. Cadima (Eds.), *Manejo Sostenible de la Agrobiodiversidad de Tubérculos Andios* (Vol. 1). Cochabamba- Bolivia.
- Quelal, M. B. (2012). *Obtención de rodajas fritas "chips" de mashua (Tropaeolum tuberosum) aplicando la tecnología de fritura*. Ingeniera de Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Quispe, A. (2011). Valorización del Mashua o Isaño para su uso en la industria alimenticia y Medicinal Retrieved 27/08/2012, 2012, from <http://es.scribd.com/doc/54774175/IDEA-DE-Py-ISANO>

- Remington. (2003). *La Ciencia y Práctica de Farmacia*. Panamericana (Ed.) *Soluciones, emulsiones, suspensiones y extractos*.
- Saguy, I., & Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. . *Journal of Food Engineering*, 56.
- Samaniego, L. (2010). *Caracterización de la mashua (Tropaeolum tuberosum) en el Ecuador*. Ingeniero en industrialización de alimentos Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito - Ecuador.
- Seminario, J. F. (2011). Metabolitos primarios y secundarios en raíces y tubérculos andinos y su relación con el uso. Retrieved from <http://investigacionyacademia.blogspot.com/2011/04/metabolitos-primarios-y-secundarios-en.html>
- Shyu, S.-L., Hau, L.-B., & Hwang, L. S. (1998). Effect of Vacuum Frying on the Oxidative Stability of Oils. *Food Science and Technology*.
- Shyu, S.-L., Hau, L.-B., & Hwang, L. S. (2005a). Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of the Food and Agriculture*, 85.
- Shyu, S.-L., Hau, L.-B., & Hwang, L. S. (2005b). Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of the Food and Agriculture*, 85, 1903-1908.
- Shyu, S.-L., & Hwang, L. S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International.*, 34, 133-142.
- Shyu, S.-L., & Hwang, L. S. (2011). Process Optimization of Vacuum Fried Carrot Chips Using Central Composite Rotatable Design. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19.
- Singh, R. P. (1995). Heat and Mass Transfer in Foods During Deep-Fat Frying. *Food Technology*.
- Smith, M., & Brown, D. (2009). *Plants Poisonous to Livestock*

- Glucosinolates (Goitrogenic Glycosides) Retrieved 26 de Agosto, 2012, from <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/glucosin.html#poison>
- Song, X.-j., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2007a). Effect of Vacuum-Microwave Predrying on Quality of Vacuum-Fried Potato Chips. *Drying Technology*, 25.
- Song, X.-j., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2007b). Optimization of Vacuum Microwave Predrying and Vacuum Frying Conditions to Produce Fried Potato Chips. *Drying Technology*, 25.
- Soto, P. G. (2002). Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales. 21(Avance y Perspectiva). Retrieved from <http://oswaldoparra.files.wordpress.com/2008/10/12-deshidratacion2.pdf>
- Surco, F. (2004). *Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos : mashua, oca, olluco para su aplicación tecnológica*. . Magíster en Ciencias de los Alimentos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú.
- Tan, K. J., & Mittal, G. S. (2006). Physicochemical Properties changes of Donuts during Vacuum Frying. *International Journal of Food Properties*, 9.
- Tapia, C. G., Estrella, J., Monteros, A. M., Valverde, F., Nieto, M., & Córdova, J. (2004). Manejo y Conservación de RTAs *in situ* en fincas de agricultores y *ex situ* en le Banco de Germoplasma de INIAP. In B. V. H., T. C. G. & M. A. M. (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y uso Sostenible en el Ecuador* (Vol. 4). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP). Quito-Ecuador, Lima- Perú. .
- Troncoso, E., Pedreschi, F., & Zuñiga, R. (2009). Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Food Science Technology* 42.
- Urbano, A. M., García, P., & Martínez, J. (2012). Evaluación del Comportamiento de Yuca (*Manihot esculenta Cranz*) en el Proceso de Fritura al Vacío de Chips. *Universidad Politécnica de Valencia*.

- Vázquez, C., De Cos, A. I., & López, C. (2005). Modificación en la Composición de los vegetales con el tratamiento culinario-Tratamiento Térmico. In D. d. Santos (Ed.), *Alimentación y Nutrición manual teórico- práctico* (2da ed.). Madrid- España.
- Vega, A., Palacios, M., Boglio, F., Pássaro, C., Jeréz, C., & Lemus, R. (2007). Deshidratación osmótica de la Papaya Chilena e Influencia de la Temperatura y Concentración de la Solución sobre la Cinética de Transferencia de Materia. *SciELO*, 27.
- Verkerk, R., & Dekker, M. (2008). Glucosinolates. In J. Gilbert, H. Z. & Senyuva (Eds.), *Bioactive compounds in food*. Nueva Delhi- India
- Villacrés, E., Brito, B., & Espín, S. (2004). Alternativas Agroindustriales con Raíces y Tubérculos Andinos. In V. Barrera, C. G. Tapia & A. M. Monteros (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Sostenible en el Ecuador*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP). Quito- Ecuador, Lima- Perú. .
- Villamizar, R. H., & Giraldo, G. A. (2011). Elaboración de un Pasabocas de Mango Tommy Atkins (*Manguifera indica L.*) por el Método de Fritura por Inmersión al Vacío. *CIBIA 8*(Ingeniería de Procesos y Productos).
- Villamizar, R. H., Quiceno, M. C., & Giraldo, G. A. (2011). Comparación de la Fritura al Vacío y Atmosférica en la Obtención de Pasabocas de Mango(*Manguifera Indica L.*).
- Yagüe, M., & Rodríguez, J. (2012). El proceso de fritura en los alimentos. *Eroski Consumer*(Ciencia y Tecnología de los alimentos).
- Yamsaengsung, R., Rungsee, C., & Prasertsit, K. (2008). Simulation of the heat and mass transfer processes during the vacuum frying of potato chips. *Songklanakarin Journal Science and Technology.*, 30.

ANEXOS

ANEXO I

FORMATO DE PRUEBA DE CONSUMO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
INGENIERÍA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL

Nombre.....

Edad..... Fecha..... Curso.....

Señale con una x los productos que consume

- Papitas fritas, chifles
- Galletas
- Fruta fresca
- Gaseosas

Una con líneas según corresponda

- | | |
|---------------|---------|
| Papitas | 1) 0,75 |
| kchitos | 2) 0,40 |
| Chifles | 3) 0,35 |
| Tigretón cake | 4) 0,25 |
| Galletas amor | 5) 0,50 |

ANEXO II

FORMATO DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
INGENIERÍA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL
PRUEBA DE ACEPTABILIDAD DE “CHIPS DE MASHUA”

Usted está recibiendo 2 muestras de *chips* de mashua. Por favor deguste y luego indique con una **X**, en la parte de la escala que corresponda a su aceptabilidad.

	Muestra Nº	

❖ Aceptabilidad global		
“me gusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me gusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“ni me gusta ni me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
❖ Sabor		
“me gusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me gusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“ni me gusta ni me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
❖ Color		
“me gusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me gusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“ni me gusta ni me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
❖ Textura		
“me gusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me gusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“ni me gusta ni me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
“me disgusta mucho”	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Comentarios.....
.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO III

FIGURAS

Proceso de Elaboración de los *chips* de mashua

Recepción, selección y lavado de la materia prima



Cortado y Rebanado



Cocción, Lavado y escurrido



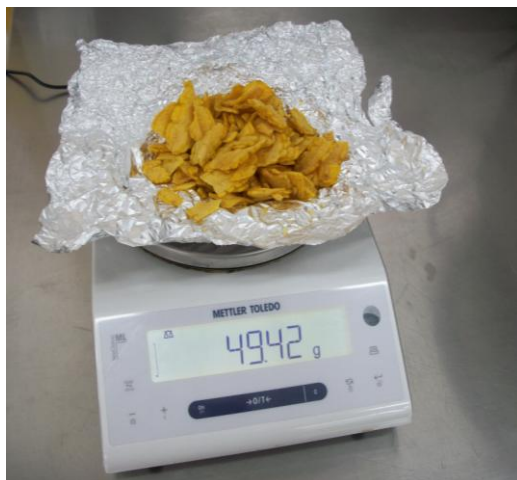
Deshidratación osmótica, lavado y escurrido



Fritura al vacío



Pesado y empackado



ANEXO IV

CHIPS DE MASHUA

Chips de mashua con diferentes tratamientos

mashua cruda- frita



mashua cocida- frita



mashua cruda- D.O- frita



mashua cocida- D.O- frita

