

Redescubriendo la oca y la mashua

Mediante esta obra se aporta información sobre el potencial de la oca (*Oxalis tuberosa*, Mol) y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) para el desarrollo de nuevos productos nutritivos y con características sensoriales agradables al consumidor mediante la aplicación de tecnologías apropiadas de procesamiento y almacenamiento. El proceso se inició con el rodajado y acondicionamiento de los tubérculos para disminuir su contenido de compuestos no nutritivos en estado crudo, lo cual se alcanzó con el procesamiento térmico y la deshidratación osmótica. Luego se seleccionó la condición apropiada de fritura para la obtención de chips, con base a pruebas de aceptabilidad y preferencia con 65 catadores. Entre las características físicas, sobresale la baja actividad de agua (0,27), tonalidad de color y crocancia de los chips. Entre los componentes nutricionales se registraron en mayor concentración los azúcares totales, fibra cruda, grasa, vitamina C y carotenoides totales en el caso de la mashua. Se estimó un tiempo de vida útil de 111 días para los chips de oca y 90 días para los chips de mashua, empacados en fundas metalizadas y almacenados a una temperatura de 17°C y humedad relativa del 50%.



Elena Villacrés · María Belén Quelal · Javier Alvarez

Redescubriendo la oca y la mashua

Desarrollo de nuevos snacks



978-3-8417-6707-3

editorial académica española

**Elena Villacrés
María Belén Quelal
Javier Alvarez**

Redescubriendo la oca y la mashua

**Elena Villacrés
María Belén Quelal
Javier Álvarez**

Redescubriendo la oca y la mashua

Desarrollo de nuevos snacks

Editorial Académica Española

Impressum / Aviso legal

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Información bibliográfica de la Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek clasifica esta publicación en la Deutsche Nationalbibliografie; los datos bibliográficos detallados están disponibles en internet en <http://dnb.d-nb.de>.

Todos los nombres de marcas y nombres de productos mencionados en este libro están sujetos a la protección de marca comercial, marca registrada o patentes y son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. La reproducción en esta obra de nombres de marcas, nombres de productos, nombres comunes, nombres comerciales, descripciones de productos, etc., incluso sin una indicación particular, de ninguna manera debe interpretarse como que estos nombres pueden ser considerados sin limitaciones en materia de marcas y legislación de protección de marcas y, por lo tanto, ser utilizados por cualquier persona.

Coverbild / Imagen de portada: www.ingimage.com

Verlag / Editorial:

Editorial Académica Española

ist ein Imprint der / es una marca de

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Alemania

Email / Correo Electrónico: info@omniscryptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Publicado en: consulte la última página

ISBN: 978-3-8417-6707-3

Copyright / Propiedad literaria © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Todos los derechos reservados. Saarbrücken 2016

**Redescubriendo la Oca (*Oxalis tuberosa* Mol) y la mashua
(*Tropaeolum tuberosum*)**

Elena Villacrés P.

María Belén Quelal T.

Javier Álvarez M.

Departamento de Nutrición y Calidad

Estación Experimental Santa Catalina, INIAP



Mayo, 2016

Autores:

Elena Villacrés.

María Belén Quelal.

Javier Álvarez.

Departamento de Nutrición y Calidad
Programa Nacional de Maíz
Estación Experimental Santa Catalina - INIAP
Panamericana Sur Km. 1, Mejía
Teléfono: 3007134 ext: 17
Web: www.iniap.gob.ec

ISBN:

CONTENIDO

Glosario de términos	5
1.- Introducción	6
2.- Oca (<i>oxalis tuberosa</i> , <i>mol</i>) y mashua (<i>tropaeolum tuberosum</i>).....	6
2.1 Origen y distribución de los tubérculos.....	6
2.2 Taxonomía de los tubérculos	7
2.3 Descripción botánica.....	7
2.4 Condiciones agroecológicas de los tubérculos.....	8
2.5 Colección de oca y mashua del Banco del Germoplasmas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.....	9
2.6 Composición química de los tubérculos	11
2.7 Antinutricionales presentes en los tubérculos	12
2.7.1 Oxalatos presentes en la oca	12
2.7.2 Glucosinolatos presentes en la mashua	13
2.8 Procesamiento agroindustrial de tubérculos.....	15
3. Metodología	16
3.1 Materia prima	17
3.2 Descripción de los procesos realizados	17
3.3 Descripción de los procesos usados en la elaboración de los chips de oca y mashua.....	19
3.3.1 Recepción y preparación de los tubérculos.....	19
3.3.2 Deshidratación osmótica.....	19
3.3.3 Fritura	19
3.3.4 Empacado y almacenamiento	20
3.4 Pruebas experimentales realizadas en oca y mashua cruda y procesada	21
4. Discusión de resultados	21
4.1 Caracterización físico, química y nutricional de la materia prima	21
4.2 Acondicionamiento de la materia prima previo al proceso de fritura.....	22
4.2.1 Proceso de acondicionamiento de la oca	22
4.2.2 Proceso de acondicionamiento de la mashua	24
4.3 Proceso de fritura.....	26
4.3.1 Fritura de las rodajas de oca.....	26
4.3.2 Fritura de las rodajas de mashua	30
4.4 Caracterización de los chips de oca y mashua	34

4.5 Empacado y almacenamiento para estimar el tiempo de vida útil de los productos	38
4.5.1 Humedad y actividad de agua	39
4.5.2 Índice de peróxidos	43
4.5.2 Análisis microbiológico	45
5. Lecciones aprendidas	46
6. Referencias bibliográficas	48
Anexos	52

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Deshidratación osmótica: proceso de eliminación de agua natural mediante la inmersión de los productos alimenticios en una solución hipertónica.

Escaldado: tratamiento térmico de corta duración y a temperatura moderada.

Índice de peróxido: método para determinar el grado de deterioro oxidativo de los aceites, se basa en la capacidad de los peróxidos para oxidar el ion yoduro de KI y producir yodo que se valora con tiosulfato.

Reacción de Maillard: conocida como pardeamiento no enzimático; incluye una serie de reacciones complejas donde los azúcares pueden reaccionar con las proteínas y producir una serie de modificaciones en el alimento como la formación de pigmentos color pardo-oscuro.

Vida útil: el tiempo durante el cual resulta deseable el consumo de un producto alimenticio elaborado.

1.- INTRODUCCIÓN

Las raíces y tubérculos andinos (RTAs) fueron domesticados hace miles de años y dieron origen a la agricultura en la región de los andes. En la actualidad algunos de estos han adquirido importancia global, como la papa y otros menos conocidos como: la oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus*), la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) entre otros (Medina, 2003).

La producción de raíces y tubérculos andinos está concentrada en la ecoregión andina del Ecuador; donde se localizan pocos proyectos estatales o de organizaciones privadas que fomentan su cultivo. Sin embargo, tubérculos como la oca y la mashua son cultivos ancestrales que se encuentran en peligro de desaparecer debido a la escasa difusión a escala nacional y por la adopción de otras costumbres y tecnologías alimenticias; actualmente estos tubérculos son consumidos por agricultores marginales, los que a través de formas tradicionales heredadas o rescatadas de sus antecesores tratan de mantenerlos en sus chacras (Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, págs. 1,2). A pesar de que la mashua y la oca son una excelente opción para la agroindustria alimenticia y la industria farmacéutica, por sus contenido de compuestos nutritivos y fitoquímicos, sin embargo no se mantienen en forma sostenible en el mercado, quedando relegados para el consumo local de los agricultores, sin posibilidad de expansión a otros nichos de consumidores (Barrera, Espinosa, Tapia, Monteros, & Valverde, 2004, pág. 3).

En la actualidad la industria de los snacks presenta una tendencia creciente a la producción de papas fritas, a la cual podría sumarse la oca y la mashua con sus sabores diferenciados. Por lo que mediante la combinación de procesos de cocción, deshidratación osmótica, secado y fritura se pretende dar valorizar estos cultivos, para diversificar su uso, aumentar su disponibilidad para el consumo y aperturar un nuevo mercado, lo que indirectamente permitirá dinamizar la economía de los productores.

2.- OCA (*Oxalis tuberosa*, Mol) y MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)

2.1 Origen y distribución de los tubérculos

La oca es una especie nativa de al menos 8.000 años de antigüedad, que procede de la zona de los Andes comprendida entre Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, donde se viene cultivando desde la época precolombina. Con posterioridad llegó

hasta México, y más recientemente se ha introducido en Nueva Zelanda (Tapia & Fries, 2007, pág. 43).

También, formas silvestres de Mashua o maswa, han sido encontradas en los Andes desde Colombia hasta el noroeste de Argentina; mientras que Cárdenas, (1989) y Hawkes, (1989) citados por Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, (2003), asumen que la domesticación del tubérculo ocurrió en la región comprendida entre Ecuador y Bolivia. 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

Otros datos muestran que esta especie fue cultivada desde la época prehispánica en los andes, y está representada en la cerámica de esos tiempos (Centro Internacional de la Papa). 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, el bajo alcance económico del tubérculo y su aparición relativamente tardía en el registro arqueológico son parámetros indicativos de su domesticación tardía (Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, págs. 3,4).

2.2 Taxonomía de los tubérculos

La clasificación taxonómica de los tubérculos se indica en la siguiente tabla.

Tabla 1: Clasificación Taxonómica de la oca y mashua

Clasificación Taxonómica de la oca y mashua	
Oca*	Mashua **
Familia: Oxalidaceae (oxalis)	Familia: Tropaeolaceae
Nombre Científico: <i>Oxalis tuberosa</i> , Mol	Género: <i>Tropaeolum</i>
Nombre Común: Oca	Especie: <i>T. tuberosum</i>
<small>*(Tapia & Fries, 2007, pág. 43); **(MASHUA (<i>Tropaeolum tuberosum</i>), 2007)</small>	

2.3 Descripción botánica

En la figura 1, se muestran las principales características de las plantas de oca y mashua.

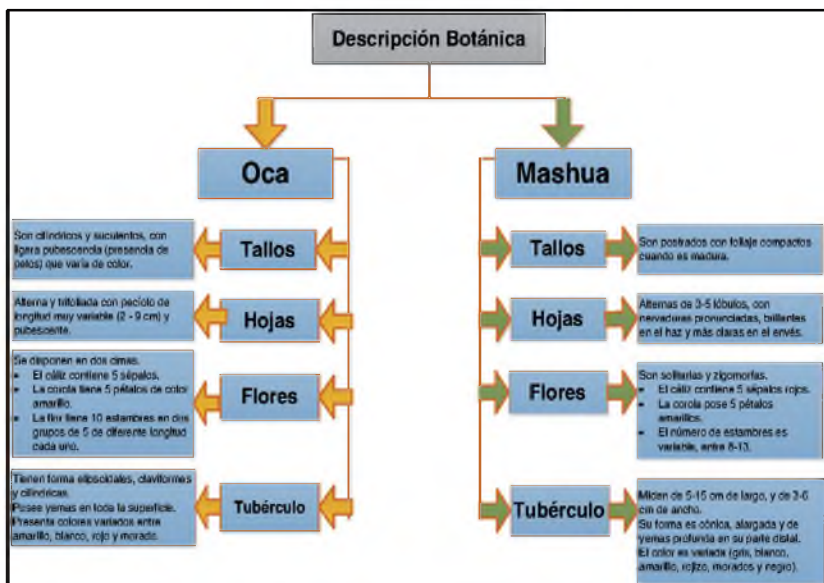


Figura 1. Características botánicas de la oca y mashua

(Océano Centrum, 2000; Barrera, Espinosa, Tapia, Monteros, & Valverde, 2004, págs. 5,6; Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, págs. 10-13)

2.4 Condiciones agroecológicas de los tubérculos

Como otras raíces y tubérculos andinos, la oca y la mashua requieren de ciertas condiciones para su cultivo y producción, las cuales se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones agroecológicas para el cultivo

	Oca*	Mashua**
Altitud	2000 y 4000 msnm, con una mayor producción entre los 3000-3800 msnm	3000 a 7000 msnm
Temperatura	6 – 15 °C	8-11 °C
pH suelo	5,3 y 7,8	5.3-7.5
Cosecha	6-7 meses	6-9 meses

*(Tapia M., 1990); ** (Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, págs. 21,22)

Estos tubérculos pueden ser almacenados hasta seis meses en lugares fríos y ventilados (Centro Internacional de la Papa). Las prácticas tradicionales incluyen la limpieza y posteriormente se realiza la clasificación de los tubérculos sanos para la

selección de semillas y aquellos que están atacados por plagas o manchas, producto del ataque de gusanos, se destinan a la transformación y la alimentación animal (Tapia & Fries, 2007, pág. 47).

Generalmente los agricultores suelen almacenar la oca y mashua en los patios de las casas, al aire libre, cubiertos por una capa de hierba seca, para mantener los tubérculos en la oscuridad, precautelarlos de las heladas nocturnas y las elevadas temperaturas del día. Antes de su consumo la oca y la mashua son expuestas al sol por unos cuantos días para aumentar el contenido de azúcares y mejorar su sabor (Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, págs. 20,21).

2.5 Colección de oca y mashua del Banco del Germoplasmas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP

A partir de ciertas características morfológicas, tales como color de los tallos, color secundario de la piel y su distribución, color secundario de la pulpa, largo del tallo principal, días de madurez fisiológica, número de tubérculos por planta, se definen las colecciones de los tubérculos en estudio.

La oca se agrupa en tres grupos genéticos, el grupo 1 corresponde a plantas de poca altura que presentan precocidad, mejores rendimientos y menor incidencia a enfermedades, con colores de pulpa principalmente amarillo. A este grupo pertenecen cuatro morfotipos. El grupo 2 está constituido por plantas con características morfológicas intermedias en relación con los dos grupos, con coloraciones de pulpa blanco amarillento, o bien la ausencia de coloración; en este grupo se encuentran 10 morfotipos.

Mientras que el grupo 3 está conformado por plantas de mayor altura; es más tardío y presenta menor rendimiento, la pulpa es de color grisáceo y se distinguen 6 morfotipos (Tapia, y otros, 2004, págs. 51-54). Para el desarrollo del presente estudio se utilizó el ecotipo de color blanco ECU-05-127, proveniente de la provincia de Cotopaxi. La caracterización morfológica de la colección de oca se muestra en la figura 2.



Figura 2. Morfotipos representativos de la colección de oca
(Tapia, y otros, 2004, pág. 54)

En el caso de la mashua, en el estudio desarrollado por Monteros (1996), se identificó la variabilidad genética de 78 entradas de mashua correspondiente al Banco de Germoplasma del INIAP; la colección fue agrupada en seis grupos principales y 15 subgrupos (Tapia, y otros, 2004, págs. 49-51). Dentro de esta descripción se encuentra el grupo y subgrupo de la variedad que fue utilizada para el presente estudio (Figura 3).

Este grupo (D) contiene 26 entradas que se caracterizan por presentar un mayor rendimiento (2.04kg/planta); su correspondiente subgrupo comprende las siguientes entradas: ECU – 8 767, ECU – 8 768, y ECU – 8 772, a las cuales caracterizan la longitud del peciolo (12.67 cm), rendimiento (2,6 kg/planta) y bajo daño por granizo (Monteros, 1996).



Figura 3. Morfotipos representativos de la colección de mashua (Tapia, y otros, 2004, pág. 50)

Para la obtención de los chips de mashua se utilizó el ecotipo ECU 8767 conocida tradicionalmente como mashua zapallo entre los agricultores, por su color amarillo característico.

2.6 Composición química de los tubérculos

En las raíces y tubérculos andinos, los contenidos de materia seca son extremadamente variables, factores como la variabilidad genética, prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo, pueden influir en estas características (Espin, Villacrés, & Brito, 2004, pág. 93). La composición nutricional de la oca y mashua se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química de la oca y mashua

Parámetro	Oca*	Mashua*	Unidad
Humedad	77,73	88.70	%
Cenizas	3,39	4.81	%
Proteínas	4,60	9.17	%
Fibra	2,16	5.86	%
Extracto etéreo	1,66	4.61	%
Carbohidratos totales	88,19	75.40	%
Almidón	42,17	46.92	%
Azúcar total	9,68	42.81	%
Azúcares reductores	7,62	35.83	%

Vitamina C	34,53	77,37	mg/100g mf
Eq. Retinol	----	73,56	mg/100g mf
Ácido oxálico	82,93	-----	mg/100 g mf
Calcio	0,012	0.006	%
Fosforo	0,14	0.32	%
Magnesio	0,006	0.11	%
Sodio	0,018	0.044	%
Potasio	1,30	1.99	%
Cobre	2,25	9.00	ppm
Hierro	48,85	42.00	ppm
Manganeso	5,35	7.00	ppm
Zinc	5,95	48.00	ppm
Iodo	3,65	----	ppm
Energía	399,00	440,00	Kcal/100g
* Datos expresados en Base seca, muestra entera mf= materia fresca			

(Espín, Villacrés, & Brito, 2004, pág. 93)

La oca y la mashua presentan 77 y 88% de humedad respectivamente; la proteína de la oca es menor (4,60%) en relación a la mashua (9,17%); los tubérculos poseen un alto contenido de almidón, 42,17% en oca y 46,92% en mashua.

En referencia al extracto etéreo y fibra, la mashua presenta un porcentaje mayor (4,61% y 5,86%) con respecto a la oca (1,66% y 2.16%). La mashua es el tubérculo más rico en vitamina C (77,37 (mg de ácido ascórbico por cada 100 g de materia fresca), y de provitamina A, con un contenido de 73,56 mg por cada 100 gramos de muestra seca, expresado como equivalentes de retinol (Espín, Villacrés, & Brito, 2004, pág. 95).

2.7 Antinutricionales presentes en los tubérculos

2.7.1 Oxalatos

La oca recién cosechada se caracteriza por presentar ácido oxálico, el cual confiere un sabor ácido. En general, este parámetro varía entre los diferentes ecotipos. Los tubérculos ácidos contienen cantidades de ácido oxálico que varían entre 70 a 108 mg/100 g (Villacrés, Brito, & Espín, 2004, pág. 123).

Estos compuestos se derivan del género de plantas Oxalis, por su presencia natural en ellas de ácido oxálico, se encuentra en una amplia gama de vegetales, en forma de sales de oxalato, incluyendo algunas plantas comestibles. Por ejemplo, la col, puerro, la zanahoria, remolacha roja, coles de Bruselas, entre otras, con contenidos de

69, 89, 60, 84 y 37 mg/100g de tejido fresco respectivamente, (Belitz y Grosch citado en Antiasarán & Martínez, 2000).

Los oxalatos están presentes en mayores proporciones en las hojas antes que en los tallos o en la raíz. Sin embargo, el exceso de estos compuestos puede afectar al metabolismo del calcio que se manifiesta por el descenso de este mineral en el torrente sanguíneo (Antiasarán & Martínez, 2000, pág. 182).

2.7.2 Glucosinolatos

Los glucosinolatos o también conocidos como tioglicósidos se encuentran en plantas dicotiledóneas, y son especialmente abundantes en la familia de las *Brassicaceae* (González-Mañas, 2006). Aunque también se puede encontrar en plantas de otras familias, las crucíferas incluyen la coliflor, brócoli, nabo, mostaza, coles de Bruselas, entre otros. Estos compuestos se caracterizan por ser azufrados y son responsables del aroma y sabor picante característico de este tipo de vegetales (Gil, 2010).

Los glucosinolatos son inocuos, sin embargo cuando la planta es masticada, devorada por un animal o digerida por un rumiante, presenta un daño mecánico; estos compuestos se degradan para liberar sustancias de defensa volátiles. Enzimas como la mirosinasa que se encuentra separada físicamente de los glucosinolatos, liberan la glucosa de su unión con el átomo de azufre, la aglicona resultante (porción de la molécula que no es azúcar), se reordena, perdiendo un sulfato y generando compuestos de olor fuerte y químicamente reactivos como: isotiocianatos, nitrilos, tiocianatos dependiendo de las condiciones de hidrólisis, como se muestra en la Figura 3 (González-Mañas, 2006; Taiz & Zeiger, 2006, págs. 562,563)

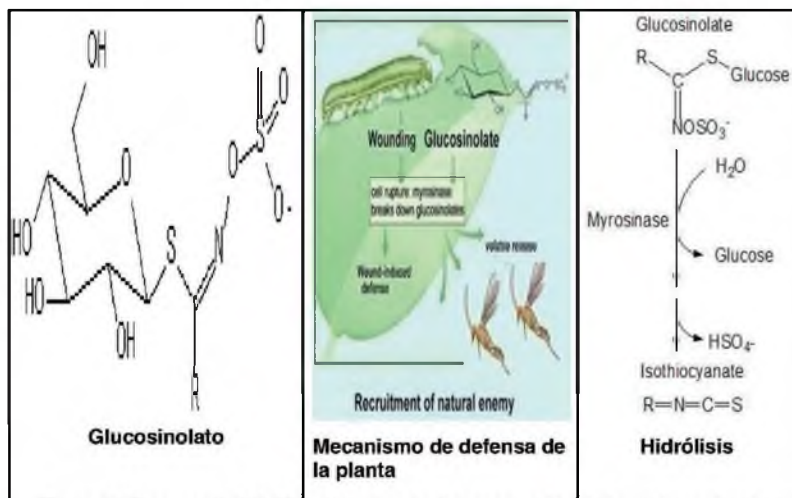


Figura 4. Proceso de hidrólisis del glucosinolato por acción de la enzima mirosinasa (González-Mañas, 2006)

La presencia de algunos de estos compuestos son indeseables, debido a los efectos tóxicos de los productos de su degradación (Ramírez, 2002, pág. 16). Estas sustancias al ser consumidas como glucosinolatos e hidrolizados en el estómago pueden tener efectos antitiroideos o inhibir la absorción de yodo perjudicando la producción de la hormona tiroxina (University, Animal Science Department at Cornell, 2008).

Sin embargo otros estudios, indican que dietas con altas concentraciones de crucíferas como el brócoli se asocian a efectos protectores en diferentes tipos de cáncer, como el de mama, pulmón, colón, recto y próstata (Gil, 2010). La mashua posee este tipo de compuestos y tradicionalmente ha sido usada como una medicina por sus propiedades antibióticas, insecticidas, nematocidas y diuréticas.

El sabor picante del tubérculo se atribuye al p-methoxybenzyl isotiocianato y pequeñas cantidades de 2-propil isotiocianato. Este último compuesto y el 2-butil isotiocianato son los principales componentes de las subespecies como *Tropaeolum tuberosum* ssp silvestre. Los mencionados compuestos se encuentran en cantidades de 20 mg/100g en mashua sin cocinar (Grau, Ortega, Nieto, & Hermann, 2003, pág. 23). En la colección de mashua del INIAP se encontró valores entre 23-33 mg/ 100 g (Dolores & Espín, 1997).

2.8 Procesamiento agroindustrial de tubérculos

El país tiene poca experiencia en el procesamiento industrial de alguna de las RTA's. La empresa Nestlé en Ecuador intentó realizar un proyecto piloto para el procesamiento de zanahoria blanca como espesante de sopas, pero éste no prosperó debido a la imposibilidad de obtener materia prima con calidad homogénea, en forma continua y en cantidades industriales; a esto contribuyó la escasa demanda internacional de las RTA's y sus productos.

Otro factor que limita el consumo de estos tubérculos es su sabor característico por lo que, a través de la aplicación de procesos como la cocción, el secado y fritura convencional se pretende obtener productos tipo snack que presenten mejores características organolépticas y de amplia aceptación por los consumidores.

Las RTA's tienen un enorme potencial para contribuir al desarrollo socioeconómico de las áreas rurales, sus características agronómicas y bioquímicas son apropiadas para la transformación, proceso necesario para expandir su utilización. Las tendencias de producción, áreas y rendimiento sugieren la oportunidad y la necesidad de diversificar el uso de estos cultivos mediante procesos sencillos y de bajo costo (Villacrés, Brito, & Espín, 2004, pág. 121).

Los procesos que se aplicaron para obtener chips de oca y de mashua se indican en el siguiente esquema.

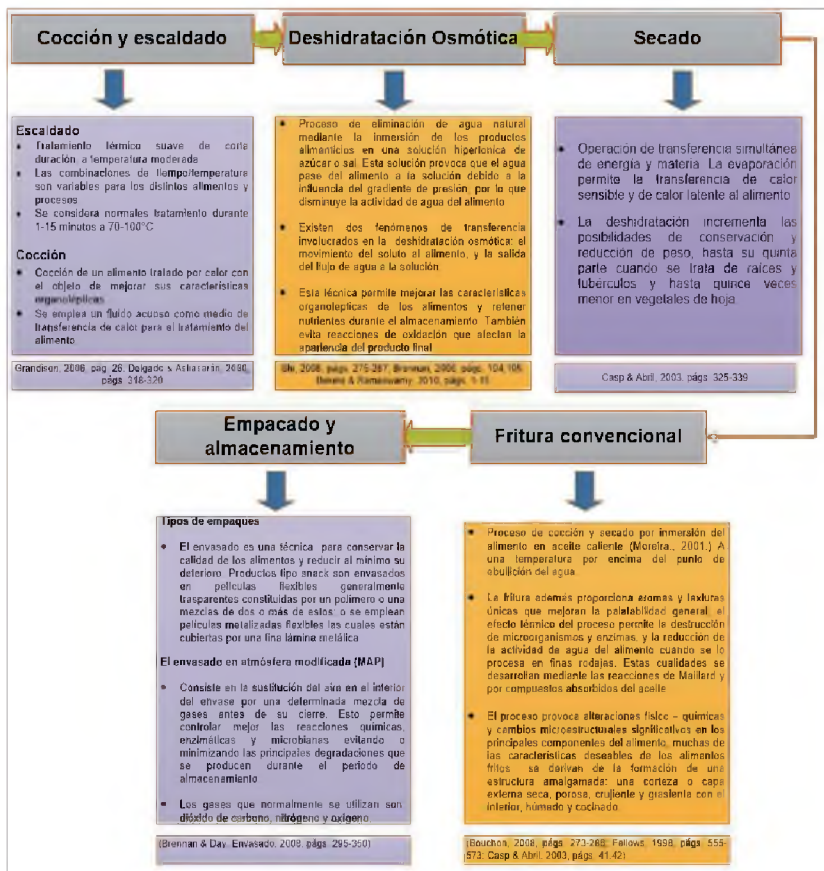


Figura 5. Procesos aplicados para la obtención de chips de mashua y oca

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada en el Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.

3.1 Materia prima

La materia prima que se utilizó en el caso de la oca fue el ecotipo de color blanco (ECU-05-0127) proveniente de la provincia de Cotopaxi, cantón Saquisilí; mientras que en el caso de la mashua se usó el ecotipo ECU 8767, cultivado en la provincia de Chimborazo.

Para la preparación de las soluciones osmóticas se usó sacarosa, piña, especias (canela en polvo, clavo de olor y pimienta dulce), cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2), grado alimenticio. Para la fritura se utilizó aceite de origen vegetal idóneo para el procesamiento de alimentos con un alto contenido de humedad.

3.2 Descripción de los procesos realizados

El proceso de elaboración de los chips de mashua y oca se muestran en la siguiente figura.

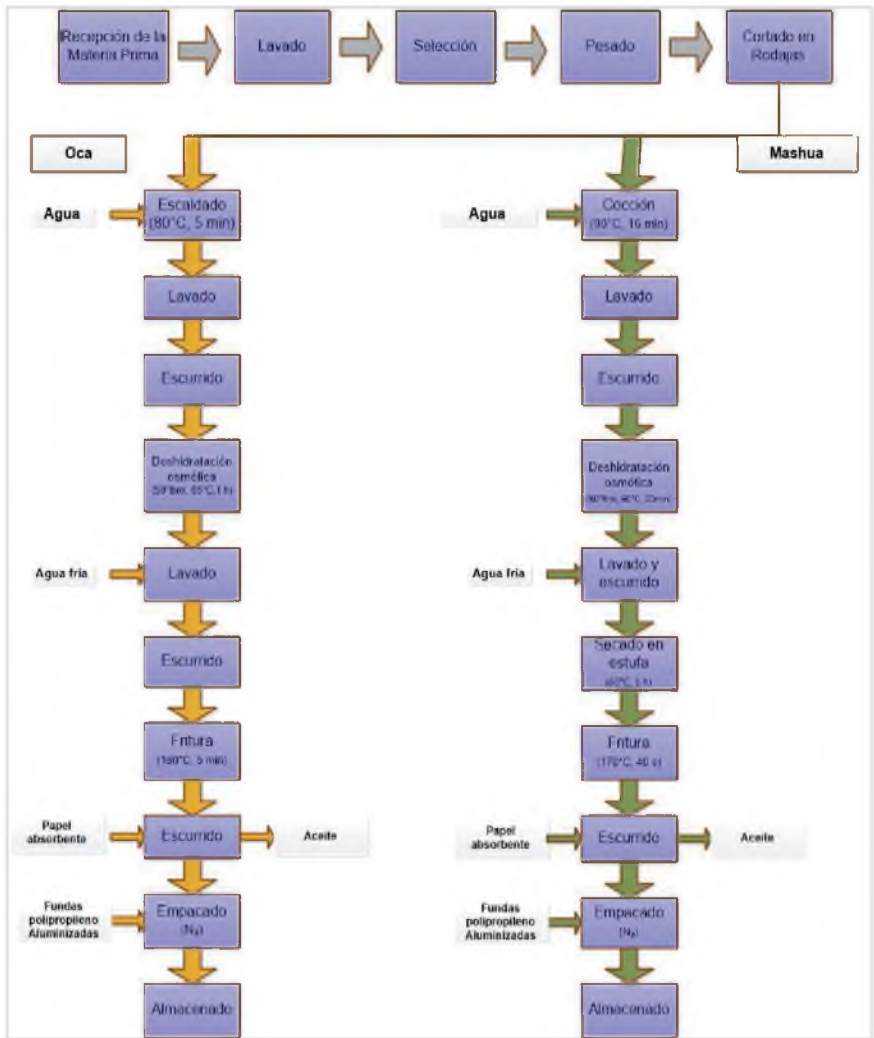


Figura 5. Esquema del proceso para la obtención de chips de oca y mashua (Álvarez, 2010, pág. 53; Quelal, 2012, pág. 44)

3.3 Descripción de los procesos usados para la elaboración de los chips de oca y mashua

3.3.1 Recepción y preparación de los tubérculos

Se realizó una selección manual de la materia prima, descartando los tubérculos magullados, golpeados o con signos de deterioro. Luego los tubérculos se lavaron con agua potable y un cepillo de cerdas gruesas, para remover la tierra adherida en los surcos del tubérculo.

La oca y la mashua se cortaron en rodajas con un rallador manual. Las rodajas de oca se sometieron un proceso de escaldado con agua, a una temperatura de 80°C por 5 minutos, mientras que la mashua se sometió a un proceso de pre-cocción a una temperatura de 90°C por 15 minutos.

Posteriormente, las rodajas se enfriaron con agua fría y se escurrieron con la ayuda de un tamiz para eliminar el exceso de agua.

3.3.2 Deshidratación osmótica

Las rodajas de oca se sumergieron en una solución osmótica conteniendo sacarosa (50 °Brix) y cloruro de sodio al 1 %, se mantuvo constante la temperatura de deshidratación a un valor de 65 °C por el tiempo de 1 hora, en una estufa.

En el caso de la mashua, las rodajas se sumergieron en un jarabe de 50°Brix, preparado con sacarosa, piña, especias (canela en polvo, clavo de olor y pimienta dulce), sal (NaCl), y cloruro de calcio (ClCa₂) grado alimenticio. Este proceso se realizó por 20 minutos a 60°C. Al cabo de este tiempo las rodajas de oca y mashua se retiraron de la solución osmótica y se tamizaron para escurrir el exceso de solución, posteriormente fueron lavadas con abundante agua para eliminar el exceso de solución osmótica, y se escurrieron para eliminar el agua superficial.

3.3.3 Fritura

La fritura de la oca se llevó a cabo con aceite comestible, a una temperatura de 160 °C por 5 minutos; mientras que la mashua previamente se sometió a un proceso de pre-secado a 60°C durante una hora en una estufa de aire forzado con la finalidad de

disminuir el tiempo de fritura, posteriormente las hojuelas se sometieron a este proceso por un tiempo de 40 segundos.

Las hojuelas de oca y mashua se extendieron sobre papel absorbente con el fin de eliminar el exceso de aceite superficial. Inmediato al término del proceso de fritura, los chips presentaron una textura suave, la misma que fue variando a la condición crocante, a medida que los chips se enfriaron.

3.3.4 Empacado y almacenamiento

Los chips se empacaron en fundas aluminizadas y de polipropileno en presentaciones entre 40-50 g, con atmósfera modificada de nitrógeno inerte (presión de 1atm), con aproximadamente 2% de gas. En el siguiente esquema se muestra los procesos principales para la obtención de chips de oca y mashua.

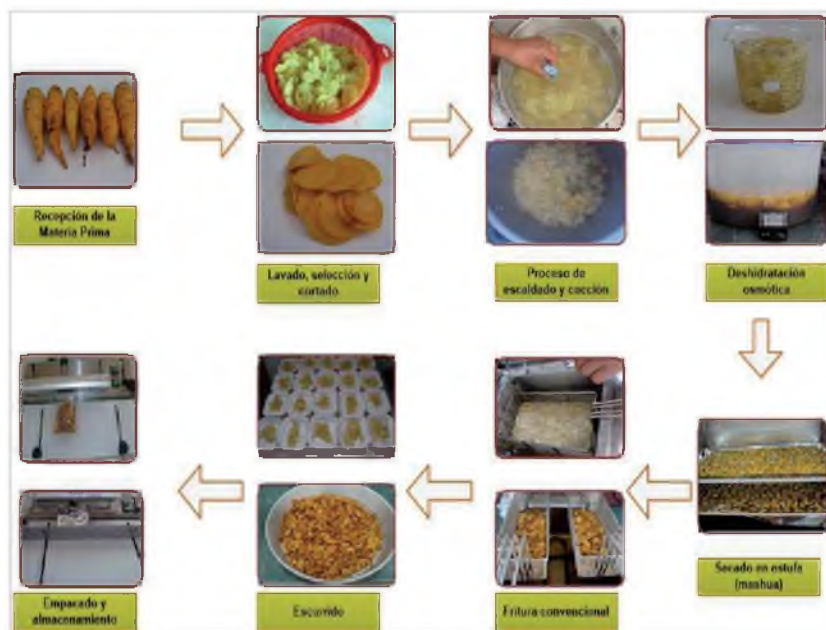


Figura 6. Secuencia de operaciones para la obtención de chips de oca y mashua (Álvarez, 2010, págs. 126-128; Quelal, 2012, págs. 112-114)

3.4 Caracterización de los tubérculos crudos y procesados

Los tubérculos fueron caracterizados en estado crudo, en la deshidratación osmótica, fritura y en el almacenamiento. Se evaluaron diferentes variables físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas que se presentan en la discusión de resultados con la finalidad de establecer las mejores condiciones y parámetros tecnológicos que permitan obtener los chips de oca y mashua.

También se realizaron ensayos de estimación de la vida útil en dos condiciones de almacenamiento (aceleradas y normales) y dos tipos de empaques (aluminio y polipropileno de baja densidad).

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización físico, química y nutricional de los tubérculos en estado crudo

A la oca y mashua, caracterizan su alto contenido de humedad y carbohidratos totales como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Características químicas de la Oca, ecotipo ECU-05-0127 y la mashua, ecotipo ECU 8767

Análisis	Unidad	Oca	Mashua
Humedad	%	77,70	89,63
Extracto etéreo	%	1,18	0,7
Cenizas	%	4,18	4,23
Proteína	%	4,35	8,85
Fibra	%	3,23	3,67
Carbohidratos totales	%	87,23	82,56
Azúcares totales	%	4,82	21,23
Vitamina C*	mg/100g	32,33	71,95
Carotenoides totales*	ug/g	---	74,36
Acidez	%	0,17 [†]	1,93
pH		5,16	6,36
Isotiocianatos *	mg/100g	---	53,54

* Base Húmeda

† Ácido oxálico

(Alvarez, 2010, pág. 93; Quelal, 2012, pág. 48)

Según la caracterización de los tubérculos, se observa que la mashua presenta un mayor contenido de proteína (8.85%) con relación a la oca (4,35%); mientras que los carbohidratos sobresalen en los dos tubérculos, con un menor contenido de grasa 1,18% y 0,70% respectivamente.

La mashua en estado crudo, presenta un mayor contenido de azúcares totales (21,23 %) que la oca (8,39 %), valores que se encuentran dentro del rango 6,77-55,23%, determinado por Espín y col.,(2004), variaciones atribuibles a diversos factores como el genotipo de tubérculo, las condiciones agroecológicas (clima, tipo de suelo) en las que se encuentra el cultivo, las prácticas culturales, etc.

También, la mashua presenta un importante contenido de Vitamina C (71.95 mg/100g), y carotenoides totales (74,36 µg/g de materia fresca), en relación a otros tubérculos donde su proporción es menor. Las variedades que presentan la pulpa y la corteza amarilla generalmente presentan un mayor contenido de estos componentes.

Sin embargo, uno de los mayores limitantes para el consumo alimenticio de estos tubérculos es su sabor ácido debido al ácido oxálico o picante, atribuible a los isotiocianatos. En la oca fresca, la presencia del ácido oxálico es detectable a través de mediciones de acidez que alcanzaron un promedio de 0,17% mientras que en la mashua se determinó una concentración promedio de isotiocianatos igual a 53.54 mg/100g de masa fresca.

4.2 Acondicionamiento de la materia prima, previo al proceso de fritura

4.2.1 Proceso de acondicionamiento de la oca

La oca recién cosechada se caracteriza por la presencia de ácido oxálico, que trasmite un sabor agrio y desagradable al paladar. Para disminuir la concentración de este ácido orgánico se ensayó diferentes tratamientos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Efecto de los pre-tratamientos aplicados al tubérculo, en la acidez titulable y contenido de azúcares totales

Tratamientos	Acido oxálico (%) [*]	Azúcares totales (%) [*]
Escaldado 80°C por 5 min	0,01 ± 0,0000 ^a	0,16 ± 0,0019 ^d
Solución Osmótica (50 Brix + Sal 1%) - 1 hora a 65 °C	0,02 ± 0,0005 ^b	3,89 ± 0,0108 ^a
Escaldado 80 °C 5 min + Solución Osmótica (50 Brix + Sal 1 %) - 1 hora a 65	0,007 ± 0,0003 ^a	3,65 ± 0,0041 ^b

°C		
Asoleo (4 días)	0,10 ± 0,0026°	2,81 ± 0,0178°
*± desviación estándar de 3 repeticiones (Base húmeda) Letras diferentes indican diferencia significativa (P<0,05)		

(Alvarez, 2010, págs. 64-70)

El tratamiento que comprende el escaldado de los tubérculos a 80 °C por 5 min y posterior inmersión en una solución osmótica (50 °Brix con Sal 1%) durante 1 hora a 65 °C, provocó una disminución de la acidez titulable (ácido oxálico) a un nivel de 0,007%; seguido del tratamiento que incluye la aplicación de escaldado (0,01%). Esta disminución se atribuye posiblemente a la hidrosolubilidad del ácido oxálico, a lo que contribuye también la temperatura de escaldado de la oca. El asoleo del tubérculo durante cuatro días fue el tratamiento menos efectivo, registrándose una concentración de 0,10% de acidez titulable.

Los azúcares totales de las hojuelas sumergidas únicamente en la solución osmótica (50 °Brix + sal 1%) durante 1 hora a 65°C se elevaron a un valor de 3,89%, condición deseable para la elaboración del producto final. Este resultado se alcanzó gracias a la inmersión de la oca en un jarabe a 50 °Brix, que favoreció la transferencia de azúcares desde el jarabe a las rodajas del tubérculo, este proceso fue facilitado por la temperatura del jarabe.

Al respecto varios autores, señalan que la presión osmótica provoca una transferencia de solutos desde la solución hipertónica hacia el alimento y desde éste la salida de agua, lo que se traduce en una disminución de la actividad de agua, la humedad y un incremento de azúcares del producto (Brennan, Evaporación y deshidratación, 2006, págs. 104,105; Casp & Abril, 2003, págs. 384,385).

Una menor concentración de azúcares totales, se registró en la oca escaldada a 80°C por 5 minutos, con respecto a la mashua, debido a la migración de los azúcares (hidrosolubles) al medio acuoso (agua caliente).

En base a los resultados obtenidos, se seleccionó el tratamiento que incluye el escaldado a 80 °C por 5 min y posterior inmersión de las rodajas en una solución osmótica (50 °Brix con Sal 1%) durante 1 hora a 65 °C, previo al proceso de fritura. Estos procesos permiten disminuir la acidez titulable de la oca, hasta un nivel de 0,007%. Igualmente, se eleva el contenido de azúcares totales a un nivel de 3,65%, apropiado

para mejorar el sabor, sin incrementar la susceptibilidad de los chips al pardeamiento, por efecto de la reacción de Maillard.

4.2.2 Proceso de acondicionamiento de la mashua

En el caso de la mashua fue necesario aplicar un proceso de cocción a las rodajas del tubérculo para favorecer la hidrólisis de los isotocianatos, lo que se registró a través de mediciones de la acidez y reducción del sabor picante. Las diversas relaciones tiempo-temperatura determinan el grado en que se producen estos cambios, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Efecto de la temperatura y tiempo de cocción en la acidez y pH de la mashua

Tratamientos	Acidez (%) ^a	pH ^a
70°C, 20 min	1,26 ± 0.05 ^a	6,08 ± 0.10 ^e
70°C, 15 min	1,33 ± 0.05 ^a	6,26 ± 0.05 ^d
70°C, 10 min	1,33 ± 0.09 ^a	6,35 ± 0.04 ^d
80°C, 20 min	0,80 ± 0.08 ^b	6,60 ± 0.00 ^{bc}
80°C, 15 min	1,00 ± 0.08 ^b	6,51 ± 0.01 ^c
80°C, 10 min	0,88 ± 0.02 ^b	6,51 ± 0.00 ^c
90°C, 20 min	0,87 ± 0.09 ^b	6,73 ± 0.02 ^{ab}
90°C, 15 min	0,75 ± 0.04 ^b	6,80 ± 0.01 ^a
90°C, 10 min	0,93 ± 0.05 ^b	6,52 ± 0.01 ^c

^a± desviación estándar de 3 repeticiones
 Letras diferentes indican diferencia significativa (P<0.05)

(Quelal, 2012, pág. 50)

Con la aplicación del tratamiento a 90°C, 15 min, se logró una reducción del contenido de acidez y un aumento del pH; a medida que se incrementó la temperatura de cocción, la acidez disminuye, hasta un valor de 0,75 %. El tiempo parece ser menos determinante, ya que una mayor disminución de este parámetro se logra cociendo el tubérculo durante 15 antes que 20 minutos. El pH varió inversamente con la acidez, incrementándose los valores a medida que la acidez disminuyó.

Por lo tanto, la cocción en agua es fundamental para acondicionar la materia prima previo a la fritura, favorece la disminución de los isotiocianatos y otros compuestos antinutricionales como los taninos, permite mejorar la textura y otras propiedades organolépticas del tubérculo (Aguilera, 2001).

Una vez establecido la temperatura y tiempo de cocción adecuado para el tubérculo, se procedió a la inmersión de las rodajas en un jarabe de piña con especias a

una concentración de 50 °Brix y a tres tiempos diferentes (20, 15 y 10 minutos). Esta operación permitió incrementar el contenido de azúcares, lo que incidió en una mejora del sabor y la aceptabilidad global de la mashua.

La inmersión de las rodajas en una solución hipertónica (50° Brix, 60°C, 20 min), contribuyó a una mayor disminución de los isotiocianatos, en 81% en relación al tubérculo crudo y 51.1 % con respecto a las rodajas cocidas, como se ilustra en la Figura 6.

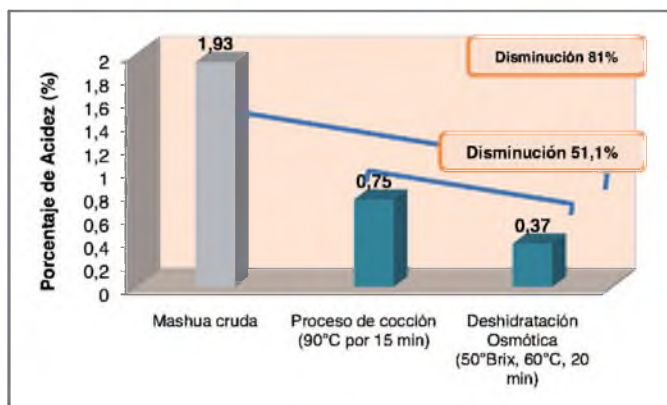


Figura 6. Reducción del contenido de acidez en relación a la mashua fresca (Quelal, 2012, pág. 54)

Además del tiempo y la temperatura de inmersión en la solución osmótica, otros factores como la cocción de las rodajas, su geometría (redonda), tamaño (pequeño) y espesor, facilitaron la penetración de azúcares en las rodajas.

Por lo tanto, la deshidratación osmótica logra reducir la humedad hasta un 28% e incrementar los sólidos solubles hasta 26° Brix, siendo necesario aplicar un proceso de secado adicional para eliminar el agua superficial adquirida durante el enjuague de la solución osmótica, evitar el salpicado del aceite, disminuir el tiempo de fritura y lograr un producto crocante. El secado se realizó en una estufa de aire forzado por 1h30 min a 60 °C.

4.3 Proceso de fritura

Con los tratamientos seleccionados en el acondicionamiento de los tubérculos, se procedió a realizar ensayos de fritura para determinar las condiciones apropiadas para aplicarse en este proceso.

4.3.1 Fritura de las rodajas de oca

- Efecto sobre la acidez y el pH

Las rodajas del tubérculo se sometieron a diferentes temperaturas y tiempos de fritura para determinar las mejores condiciones. Se determinó el efecto de la interacción de estas variables a través de mediciones de la acidez titulable, que indirectamente estima la concentración de ácido oxálico, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Efecto de la interacción tiempo – temperatura de fritura en la acidez titulable de los chips de oca

Tratamientos	Acidez (%)	pH
160 °C, 240 s (T1)	0,010 ± 0,0002 ^a	4,34 ± 0,005 ^f
160 °C, 270 s (T2)	0,011 ± 0,0003 ^d	6,17 ± 0,008 ^e
160 °C, 300 s (T3)	0,014 ± 0,0000 ^d	5,63 ± 0,005 ^f
170 °C, 240 s (T4)	0,010 ± 0,0001 ^a	6,45 ± 0,005 ^a
170 °C, 270 s (T5)	0,011 ± 0,0005 ^d	5,96 ± 0,005 ^a
170 °C, 300 s (T6)	0,016 ± 0,0003 ^a	5,27 ± 0,008 ^a
180 °C, 240 s (T7)	0,013 ± 0,0001 ^c	6,26 ± 0,008 ^b
180 °C, 270 s (T8)	0,014 ± 0,0003 ^d	6,01 ± 0,005 ^d
180 °C, 300 s (T9)	0,023 ± 0,0003 ^f	5,05 ± 0,005 ^b

*± desviación estándar de 3 repeticiones
Letras diferentes indican diferencia significativa (P<0,05)
(Alvarez, 2010, págs. 72-75)

Las rodajas fritas a 160 °C por 240 s y 170 °C por 240 s, presentaron valores menores de acidez, 0,010%, mientras que en los chips preparados a 180 °C por 300 segundos se registró el efecto contrario, con un valor de acidez de 0,023%. En cuanto al pH, un valor mayor (condición deseable) se logró mediante la fritura de las rodajas a 170 °C por un tiempo de 240 segundos. En general, la aplicación de los pretratamientos y la

fritura contribuyeron a la disminución de la acidez hasta 94% en relación al tubérculo crudo, como se muestra en la figura 7.

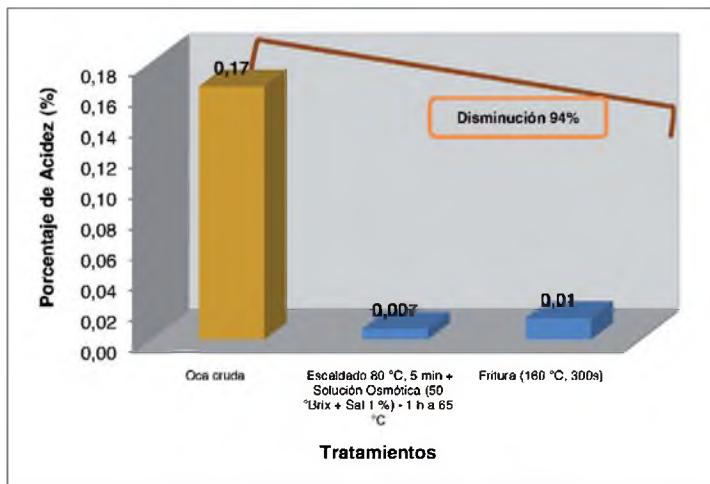


Figura 7. Contenido de acidez de la oca, por efecto de los diferentes procesos aplicados

- **Color externo de los chips de oca**

La aplicación de los diferentes procesos incidieron en el color final de los chips, según muestran las coordenadas colorimétricas (a, b, L, H y C) del Anexo 1 y la Figura 8.

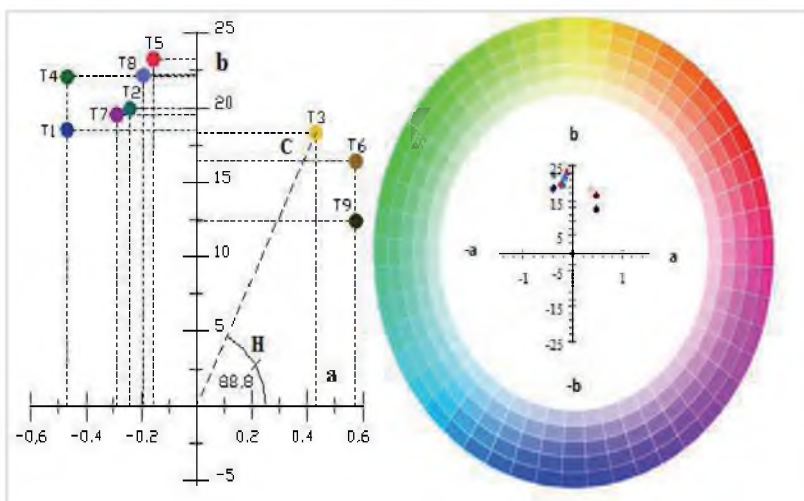


Figura 8. Representación gráfica de las coordenadas de color de los diferentes tratamientos

(Álvarez, 2010, pág. 77)

Los chips preparados aplicando los tratamientos T1, T4, T7, T2, T8, T5, especificados en la Tabla 7, presentaron coordenadas cromáticas: -a (verde) y b (amarillo), con el croma (C) orientado hacia el color amarillo. Los valores de L (claridad), muestran que los chips son de tonalidad clara, mientras que los chips preparados con los tratamientos T3, T6 y T9, cuyos valores se alejan de 100, son de tonalidad oscura, con la coordenada "a" orientada hacia el color rojo y la coordenada "b" hacia el color amarillo. Por lo tanto, el proceso de fritura a 180 °C y 300 s, da lugar a la obtención de chips de color amarillo oscuro mientras que a 170 °C y menor tiempo (240 s), los chips de oca son de color amarillo claro.

- **Análisis sensorial de los chips de oca**

Se realizó un ensayo sensorial descriptivo, con una escala categorizada de 4 puntos, con la correspondiente equivalencia numérica para cada categoría del atributo (color, olor, crocancia y sabor). El análisis sensorial se realizó con 20 panelistas entrenados. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente gráfico.

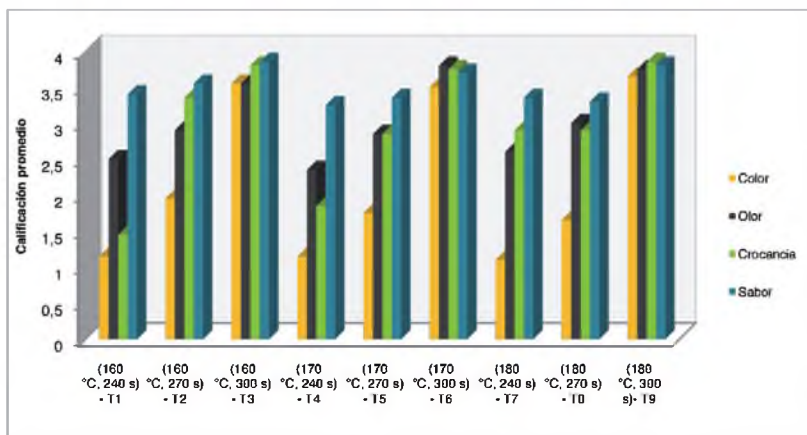


Figura 9. Calificaciones promedio del análisis sensorial de los chips de oca (Álvarez, 2010, págs. 83-92)

Con respecto al color, los panelistas mostraron preferencia por los chips de color café, con luminosidad variante de clara hasta oscura; este producto se obtuvo con la aplicación de una temperatura de 180 °C por un tiempo de 300 s (T9). En el atributo “olor”, los chips obtenidos aplicando los tratamientos T6, T9, T3, T8 y T2 alcanzaron similares calificaciones, correspondiente a las categorías “olor característico a oca” y a “producto frito”, que se obtuvieron al freír las hojuelas a 160 y 180 °C por 270 y 300 segundos, respectivamente.

Mientras que los chips que alcanzaron categorías de “crocante” y “muy crocante” fueron aquellos fritos a temperaturas de 160 a 180 °C por 300 segundos. En el sabor, los chips preparados aplicando los tratamientos T9, T6, T2, T1, T5 y T7, presentaron una calificación que varió entre 3,35 a 3,8 puntos, correspondiente a las categorías “ligeramente dulce” y “dulce”.

Los chips que alcanzaron mayor grado de aceptabilidad entre los panelistas fueron los preparados aplicando los tratamientos (170 °C, 300 s) y T3 (160 °C, 300 s), con una marcada influencia del tiempo más que de la temperatura de fritura; la menor calificación (2,95 puntos), se registró para los chips fritos a 160 °C por 240 segundos. Del análisis sensorial, se puede inferir que a los catadores les agrada los chips de textura

crocante, color oscuro, olor a “producto frito” y sabor dulce, como se ilustra en la Figura 10.

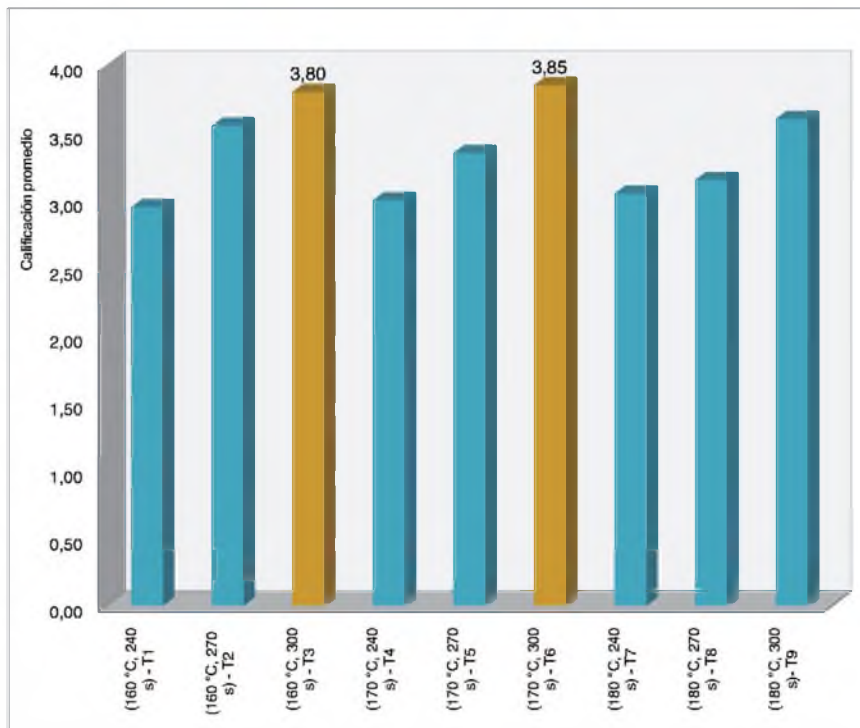


Figura 10. Calificaciones promedio de la aceptabilidad global de los chips de oca (Álvarez, 2010, págs. 91,92)

4.3.2 Fritura de las rodajas de mashua

- Efecto sobre la acidez y el pH

No se registraron diferencias significativas en los parámetros acidez y pH, por efecto de las diferentes temperaturas y tiempos de fritura, como se muestra en la Tabla 8. No obstante, los valores del producto frito, disminuyeron notablemente con relación a la

mashua en estado crudo, debido no sólo a la fritura sino también al efecto de los procesos previos como la cocción acuosa, la deshidratación osmótica y el secado de las rodajas.

Tabla 8. Efecto de la interacción tiempo – temperatura de fritura en la acidez titulable (%) de los chips de mashua

Tratamientos	Acidez (%)	pH
160°C, 40s (T1)	0.20 ± 0.005	4.78 ± 0.12
160°C, 60s (T2)	0.21 ± 0.005	4.87 ± 0.01
170°C, 40s (T3)	0.19 ± 0.009	4.77 ± 0.02
170°C, 60s (T4)	0.19 ± 0.009	4.80 ± 0.00

*± desviación estándar de 3 repeticiones
 Letras diferentes indican diferencia significativa (P<0,05)

(Quelal, 2012, pág. 67)

La aplicación de los procesos mencionados, sobre las rodajas del tubérculo en estado crudo permitió disminuir la acidez en un 90%, como se muestra en la figura 7. Este hecho podría deberse a la hidrosolubilidad de los isotiocianatos de la mashua, en los procesos de cocción y deshidratación osmótica, seguido de un proceso de hidrólisis en la fritura, lo que se traduce en una disminución de la acidez y por tanto del sabor picante de las rodajas.

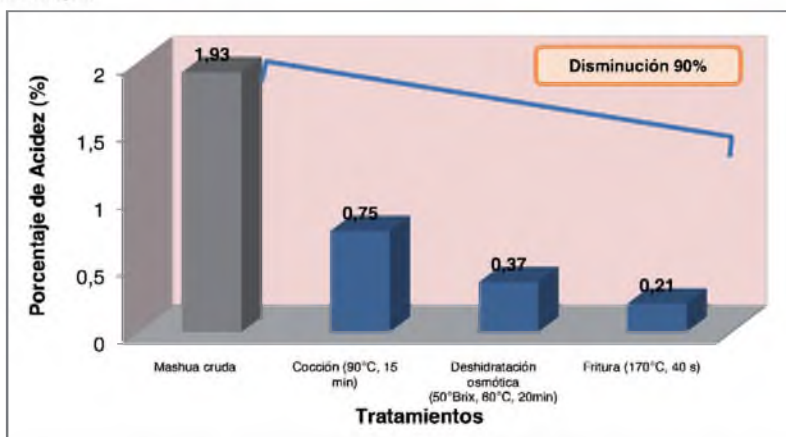


Figura 11. Acidez titulable de la mashua, por efecto de los diferentes procesos aplicados (Quelal, 2012, pág. 68)

- **Color externo de los chips de mashua**

Al igual que los chips de oca, en la siguiente figura, se presenta las variaciones de los componentes del color por efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos aplicados al tubérculo.

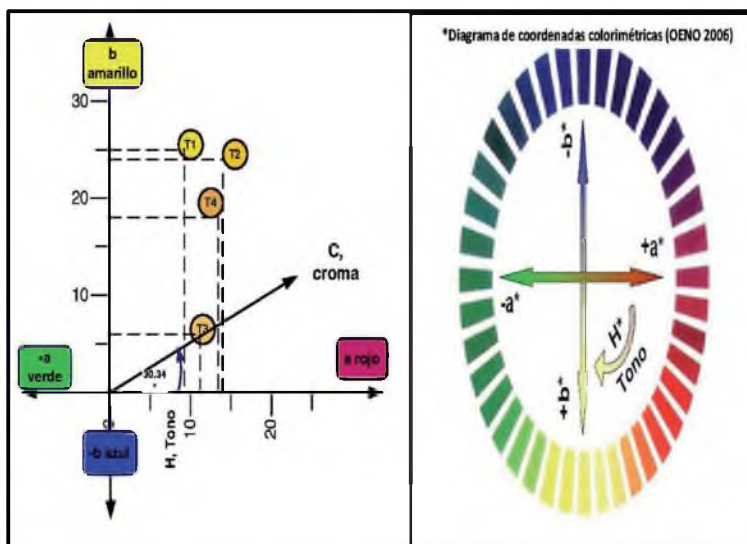


Figura 12. Representación gráfica de las coordenadas de color de los chips de mashua por efecto de los diferentes tratamientos aplicados (Quelal, 2012, pág. 62)

Los chips obtenidos con las diferentes combinaciones tiempo-temperatura de fritura, presentaron coordenadas de color +a (rojo) y +b (amarillo), con el croma orientado hacia los tonos amarillos oscuros- marrones como se muestra en la Figura 12. Los chips obtenidos aplicando los tratamientos T1 (160°C, 40 s) y T2 (160°C, 60 s) presentaron mayor claridad "L" (16,90 y 17,86), que los chips obtenidos aplicando los tratamientos T3 (4,11) y T4 (12,85). Con respecto al croma "C", la temperatura y el tiempo de fritura influyeron en la intensidad de color, la misma que varió desde el color amarillo obscuro para el proceso a 160°C (T1,T2), hasta anaranjado-marrón alcanzado mediante la fritura a 170°C en los tratamientos T3 y T4.

Estos resultados permiten inferir, que el incremento de los sólidos solubles durante la deshidratación osmótica, seguido de altas temperaturas de fritura, favorece las reacciones de caramelización (efecto Maillard) en determinados alimentos (Casp & Abril, 2003, págs. 41,42).

- **Análisis sensorial de los chips de mashua**

La aplicación de la fritura convencional modificó las características organolépticas de las rodajas de mashua; pasando de una textura blanda a crocante y de un color amarillo claro a marrón, entre las características más perceptibles. Para determinar si existen diferencias sensoriales entre los tratamientos evaluados, se realizó una prueba hedónica, con una escala de 9 puntos, con 65 catadores entrenados de ambos sexos, en edades comprendidas entre 20-30 años.

Los resultados del análisis sensorial en cuanto a los atributos de olor, crocancia y aceptabilidad se muestran en la siguiente figura 13.

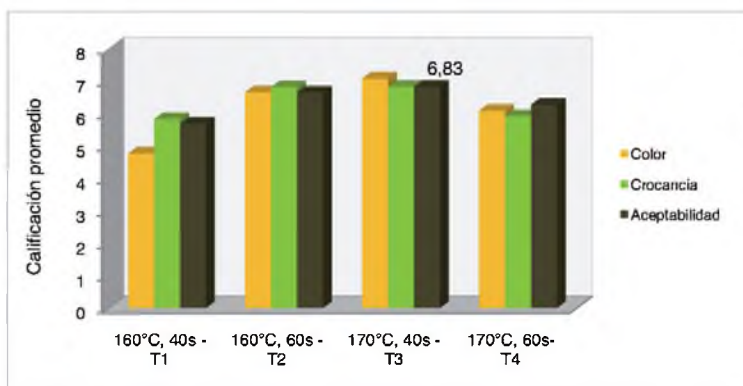


Figura 13. Calificaciones promedio del análisis sensorial y nivel de aceptabilidad de los chips de mashua (Quelal, 2012, págs. 57-60)

Los chips procesados a 170°C por 40 s y 160°C por 60 s, alcanzaron mayor puntuación en la categoría "color oscuro" del atributo "color". Al cambio de color, se adicionó un cambio en la textura por efecto de la fritura. Los catadores presentaron una mayor preferencia por los chips de corteza seca, porosa, crocante y grasienta; características que se lograron con la aplicación de los tratamientos mencionados.

En cuanto a la aceptabilidad global, los chips que alcanzaron mayor puntuación fueron aquellos procesados aplicando los tratamientos T2 (160°C, 60s) y T3 (170°C, 40 s), como se ilustra en la Figura 13. En base a las calificaciones promedio obtenidas mediante la evaluación sensorial de estos atributos, se seleccionó el tratamiento T3 (170°C, 40s), como el más apropiado para el procesamiento de chips de mashua.

4.4 Caracterización de los chips de oca y mashua

En la Tabla 9, se muestran algunas características físicas y la composición química-nutricional de los chips de oca y mashua, resaltándose la gran diferencia entre estos resultados con respecto a los tubérculos en estado crudo, debido a las condiciones aplicadas en los diferentes procesos (escaldado, cocción, deshidratación osmótica y fritura).

Tabla 9. Caracterización físico – química y nutricional de los chips de oca y mashua

Análisis		Unidad	Oca	Mashua
Actividad de agua			0,25	0,27
Humedad		%	0,22	0,91
Extracto etéreo		%	2,34	14,32
Cenizas		%	0,37	1,53
Proteína		%	1,04	1,51
Fibra		%	2,56	4,60
Carbohidratos totales		%	93,69	78,04
Azúcares totales		%	8,39	58,32
Vitamina C *		mg/100g	22,15	3,12
Carotenoides totales *		ug/g	--	4,23
Acidez		%	0,01	0,19
pH			5,63	4,77
Isotiocianatos		mg/100g	--	2.97
Minerales				
Macro elementos	Calcio	%	0,04	0.06
	Fosforo	%	0,03	0.02
	Magnesio	%	0	0.01
	Potasio	%	0,03	0.01
	Sodio	%	0,04	1.06
Micro elementos	Cobre	ppm	1	1
	Hierro	ppm	16	13
	Manganeso	ppm	3	2

	Zinc	ppm	3	2
Promedio de 3 repeticiones * Base húmeda				

(Alvarez, 2010, pág. 93; Quelal, 2012, pág. 69)

Los valores de humedad (0,22 y 0,91%) y actividad de agua (0,25 y 0,27) de los chips de oca y mashua, variaron significativamente en relación a los tubérculos frescos. Los procesos de mayor incidencia en estos valores fueron la deshidratación osmótica y la fritura. Durante el primer proceso se produce un intercambio de sustancias desde la solución osmótica hacia el producto y viceversa, con la consiguiente disminución de humedad; mientras que en la fritura existe una sustitución del agua del tubérculo por el aceite que ingresa a los poros de la matriz alimenticia, lo que contribuye a la durabilidad de los chips (Kuklinski, 2003, págs. 148,154,251).

El reglamento técnico sanitario para la elaboración de patatas fritas y productos de aperitivo, publicado en el Boletín Oficial del Estado Español (1989), señala que el contenido de humedad de estos productos debe ser menor al 5% y la actividad de agua menor a 0.6, por consiguiente, los chips de oca y mashua cumplen con el estándar de humedad y actividad de agua establecido para este tipo de productos.

En general, la fritura induce a un aumento del contenido de grasa (extracto etéreo) de los productos alimenticios, en mayor o menor grado, dependiendo de la temperatura y los tiempos de inmersión en el aceite, la geometría y el espesor de las rodajas, la composición química, la estructura de la matriz almidón-fibra y el estado en que se encuentran estos componentes. En el caso de las hojuelas de oca y mashua, el contenido de grasa se elevó a 2,34% y 14,32%, respectivamente.

Sin embargo, al realizar una comparación con otros productos comerciales análogos (Figura 14), se observa que un mayor contenido de grasa presentan los chifles de dulce, chifles de sal y las papas fritas (36,8%, 35,56% y 34,48%). Mientras que los chips de mashua presentan un valor similar (14,32%) a los chips de tomate de árbol (13,42%) y mayor que los chips de oca (2,34%).

Desde el punto de vista económico, un mayor contenido de aceite retenido en la matriz alimenticia, incide en un aumento de los costos de producción, y en el aspecto nutricional, un mayor aporte de grasa es considerado un elemento clave en el sobrepeso,

enfermedades coronarias y tal vez, ciertos tipos de cáncer, por lo que es recomendable su reducción (Kuklinski, 2003, págs. 163-165).

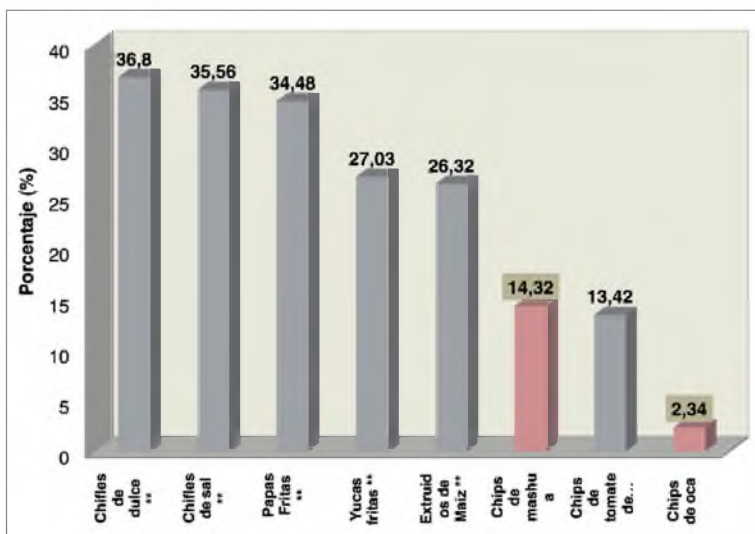


Figura 14. Comparación del contenido de grasa de los chips de oca y mashua con respecto a otros productos tipo snack (comerciales)

** Marca comercial, información nutricional proporcionada en los empaques del producto (Queal, 2012, pág. 66)

Con respecto al contenido de ceniza (expresión indirecta del contenido de minerales), se registró una disminución con respecto a los tubérculos frescos, hasta valores de 0,37% y 1,53% para los chips de oca y mashua, respectivamente; estos resultados muestran una pérdida de los macro y micro elementos de los tubérculos. El proceso más determinante en esta pérdida parece ser la deshidratación osmótica, ya que los minerales migran desde los tubérculos hacia la solución de mayor concentración de solutos (jarabe) (Brennan, Evaporación y deshidratación, 2006, págs. 104,105).

Similar pérdida se registró en el contenido de proteína de los tubérculos, hasta valores de 1,04 y 1,51% para los chips de oca y mashua, respectivamente, debido en

parte, a la hidrosolubilidad de una fracción de este nutriente durante la cocción y la deshidratación osmótica. Esta disminución también podría desencadenarse durante la reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático, que tiene lugar entre los azúcares y las proteínas, durante los procesos que se realizan a elevadas temperaturas, dando lugar a una serie de pigmentos de color pardo oscuro y modificaciones en el olor y sabor del producto (Casp & Abril, 2003, págs. 41,42; Ansorena, 2000, pág. 206).

La fibra total experimentó un descenso desde un valor 3,23% en la oca fresca a 2,56% en los chips, esta disminución se puede atribuir al proceso de escaldado; sin embargo en la mashua la fibra experimentó un incremento desde 3,67% en el tubérculo crudo a 4,60% en los chips, posiblemente debido a un aporte proveniente de la piña, durante el proceso de deshidratación osmótica. La concentración de azúcares totales por efecto de este proceso y la fritura se incrementó de 4,82 a 8,39% en la oca, mientras que en la mashua este cambio fue de 21,32 a 58,32% en base seca.

La vitamina C, sufrió una disminución en los chips provenientes de las dos especies (22,32 y 3,14 mg/100g para la oca y mashua, respectivamente). Al respecto varios autores señalan que los procesos culinarios y tecnológicos provocan la pérdida de estos nutrientes en mayor o en menor grado (Delgado & Astiasarán, 2000, págs. 317-341); en la cocción, las vitaminas termolábiles se solubilizan en el agua y por tanto, disminuyen en el alimento (Moncada & Gualdrón, 2006). Igualmente los carotenoides totales se degradaron en un 94.32%, en relación al tubérculo fresco de mashua, debido al efecto de los procesos anteriormente mencionados.

Mientras que el pH de la oca aumentó de 5,16 (oca fresca) a 5,63 en el chip, debido a la hidrosolubilidad de los ácidos orgánicos especialmente del ácido oxálico, durante los procesos de lavado, escaldado y deshidratado osmótica del tubérculo. Sin embargo en el caso de la mashua se evidenció un efecto contrario, disminuyendo el valor del pH de 6.36 a 4.77, lo cual se podría atribuir a la composición de la solución hipertónica, constituida por piña, sacarosa, cloruro de calcio y cloruro de sodio.

En el caso de la acidez titulable, este parámetro disminuyó de 0,016 a 0,014% en el chip de oca y de 1,93% a 0,19% en el chip de mashua, también los isotiocianatos experimentaron un importante decrecimiento, en promedio 90,15%, en referencia al tubérculo crudo.

Paralelamente a la disminución del contenido de cenizas, disminuyeron los macro y micro elementos en los tubérculos fritos, como se muestran en la figura 15. El fósforo, potasio y magnesio registraron importantes pérdidas en relación a los tubérculos frescos. En el caso del calcio y sodio, la inclusión de cloruro de calcio (CaCl_2) y cloruro de sodio (NaCl) en la solución osmótica, favorecieron al incremento de estos minerales en los chips de mashua, con un efecto adicional en la disminución de la humedad durante el proceso de ósmosis y una mejora en la crocancia del chip final por efecto del cloruro de calcio (Casp & Abril, 2003, pág. 385).

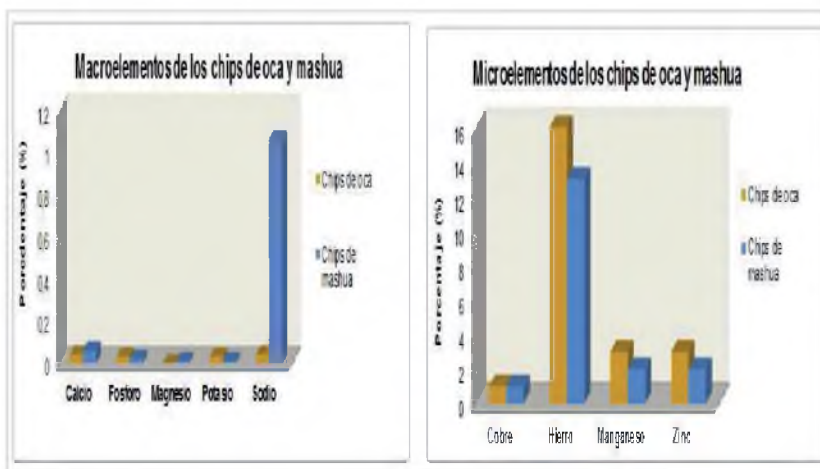


Figura 15. Contenido de macro y microelementos de los chips de oca y mashua

En el caso de los microelementos los más afectados fueron el zinc, el hierro, seguido del cobre y manganeso. El zinc sufrió una pérdida de 49,5% y 95,33% para la oca y mashua respectivamente; mientras que el hierro sufrió un decremento del 66% en la oca y 69% en la mashua.

4.5 Estimación de la vida útil de los chips de oca y mashua

La calidad de un alimento se define como el conjunto de propiedades que influyen en su aceptación por el consumidor y que diferencian unos de otros (Casp & Abril, 2003, págs. 36-39). Los alimentos poseen compuestos biológicamente activos que pueden desencadenar en una serie de reacciones físico químicas causada por agentes de

diversa naturaleza (luz, temperatura, actividad microbiana, etc) (Gutierrez, 2008, págs. 249-251).

Por lo tanto, para cada producto existe un tiempo determinado después de su producción, durante el cual mantiene el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad, bajo determinadas condiciones de conservación. Este periodo de tiempo se define como vida útil.

La vida útil de los chips de oca y mashua, se realizó a través del monitoreo de los productos empacados en fundas aluminizadas y de polipropileno de baja densidad almacenadas bajo condiciones normales (17°C, 50% Humedad Relativa) y bajo condiciones aceleradas (35°C, 90% Humedad relativa, HR).

4.5.1 Humedad y actividad de agua

Como lo menciona (Baudi, 2006, págs. 21-23), las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, la que también influye en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. Por tanto, el contenido de agua (humedad) y la actividad de agua permiten estimar la durabilidad de los productos. En la siguiente figura se muestra la variación de la humedad de los chips de oca y mashua en los dos tipos de empaques y condiciones de almacenamiento.

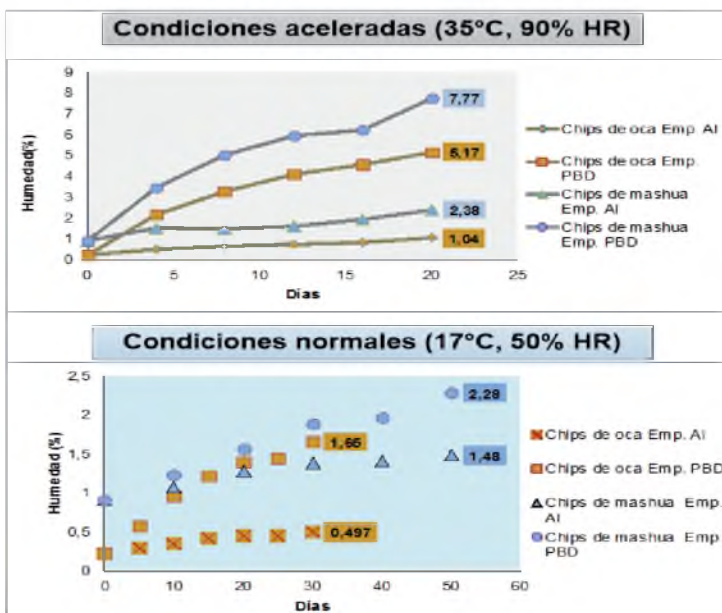


Figura 16. Variación del contenido de humedad de los chips en dos tipos de empaque y 2 condiciones de almacenamiento

Emp. AI: Empaque de Aluminio
Emp. PBD: Empaque de polipropileno de baja densidad
 (Álvarez, 2010; Quelal, 2012, págs. 81-86)

La humedad se incrementó en función del periodo de almacenamiento. Este cambio fue mayor cuando los productos se almacenaron bajo condiciones aceleradas (35°C y 90 % HR) y en los empaques de polipropilenos antes que en las fundas aluminizadas. Al cabo de los 20 días de almacenamiento se registraron valores de humedad 5,17% y 7,77% en los chips de oca y mashua respectivamente, mientras que en las fundas aluminizadas la humedad al cabo de 20 días fue de 1,04% en los chips de oca y 2,38% en los chips de mashua.

En condiciones normales de almacenamiento (17°C, 50 % HR), el incremento de humedad en función del tiempo fue menor, los valores registrados no superaron el 2,28% de humedad para los dos tipos de empaques en los dos tubérculos.

Por otra parte, la actividad de agua ayuda a predecir de mejor manera la vida útil de un alimento (Baudi, 2006). Para productos tipo snack, este parámetro debe ser inferior al 0,5, en base a este límite crítico se determinó la durabilidad del producto tanto en condiciones aceleradas como normales.

En la figura 18 se indica la variación de actividad de agua para los chips de oca y mashua. Igual que el cambio registrado en la humedad de los productos, la actividad de agua varió en mayor proporción en el empaque de polipropileno antes que en el aluminizado, alcanzado valores de 0,56 en los chips de oca y 0,46 en los chips de mashua al cabo de los 20 días de almacenamiento; en el almacenamiento bajo condiciones normales, este parámetro varió en forma similar en los dos materiales de empaque, alcanzando un promedio de hasta 0,35 en los chips de oca trascurridos 30 días y 0,40 en los chips de mashua al cabo de 50 días.

En base a las ecuaciones de correlación entre la actividad de agua y el tiempo de almacenamiento, se estableció las siguientes relaciones para la durabilidad bajo las dos condiciones de almacenamiento (Tabla 10).

Tabla 10. Relación entre la durabilidad de los chips bajo condiciones normales y aceleradas

Empaque de Aluminio (Emp. Al)	Empaque de polipropileno de baja densidad (Emp. PBD)
Chips de Oca	
Durabilidad en condiciones normal Durabilidad en condiciones aceleradas $= \frac{111 \text{ días}}{49 \text{ días}} = 2$	Durabilidad en condiciones normales Durabilidad en condiciones aceleradas $= \frac{56 \text{ días}}{14 \text{ días}} = 4$
Chips de mashua	
Durabilidad en condiciones normal Durabilidad en condiciones aceleradas $= \frac{90 \text{ días}}{46 \text{ días}} = 2$	Durabilidad en condiciones normales Durabilidad en condiciones aceleradas $= \frac{83 \text{ días}}{23 \text{ días}} = 4$

(Alvarez, 2010; Quelal, 2012, pág. 86)

En el caso de la oca empacada en fundas de aluminio, 2 días de almacenamiento en condiciones aceleradas, tienen una equivalencia similar al producto almacenado 111 días en condiciones normales. La durabilidad de los chips en el empaque de polipropileno es menor con relación al empaque aluminizado, por lo que 4 días de almacenamiento del

producto empacado en fundas de polipropileno, almacenado en condiciones aceleradas, es similar al tiempo de durabilidad del producto almacenado bajo condiciones normales.

En la mashua, el tiempo de vida útil en fundas de aluminio corresponde a 90 días y 46 días en condiciones normales y aceleradas respectivamente. Por consiguiente, se establece que 2 días de almacenamiento en condiciones aceleradas equivale a 90 días en condiciones normales. Sin embargo, en el envase de polipropileno, la velocidad a la que ocurren los cambios es mayor y 4 días en condiciones aceleradas, es equivalente a la durabilidad del producto en condiciones normales (83 días).

En base a estos resultados se puede concluir que las fundas de aluminio son más adecuadas para el empacado de los chips, ya que impiden el ingreso de oxígeno y vapor de agua al producto (Brennan & Day, Envasado, 2008, págs. 295-350); preservando su crocancia. La atmósfera del envase, modificada con nitrógeno también contribuyó a este fin.

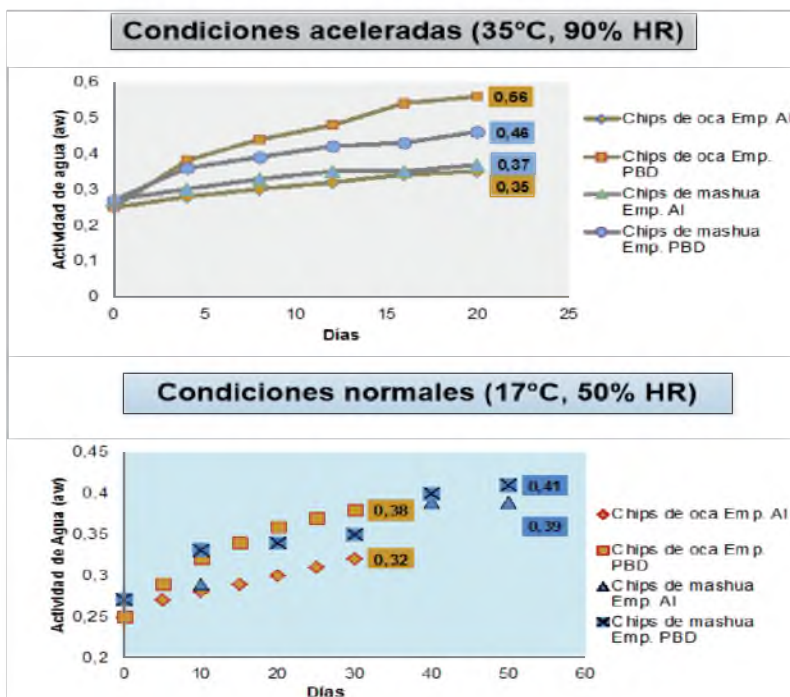


Figura 17. Variación de la actividad de agua de los chips en dos tipos de empaque y 2 condiciones de almacenamiento

Emp. Al: Empaque de Aluminio

Emp. PBD: Empaque de polipropileno de baja densidad
(Álvarez, 2010; Quelal, 2012, págs. 81-86)

4.5.2 Índice de peróxidos

La variación del índice de peróxidos (mEq O₂/Kg) en los chips de oca y mashua tanto para las dos condiciones de empaque y almacenamiento se indican en la siguiente figura.

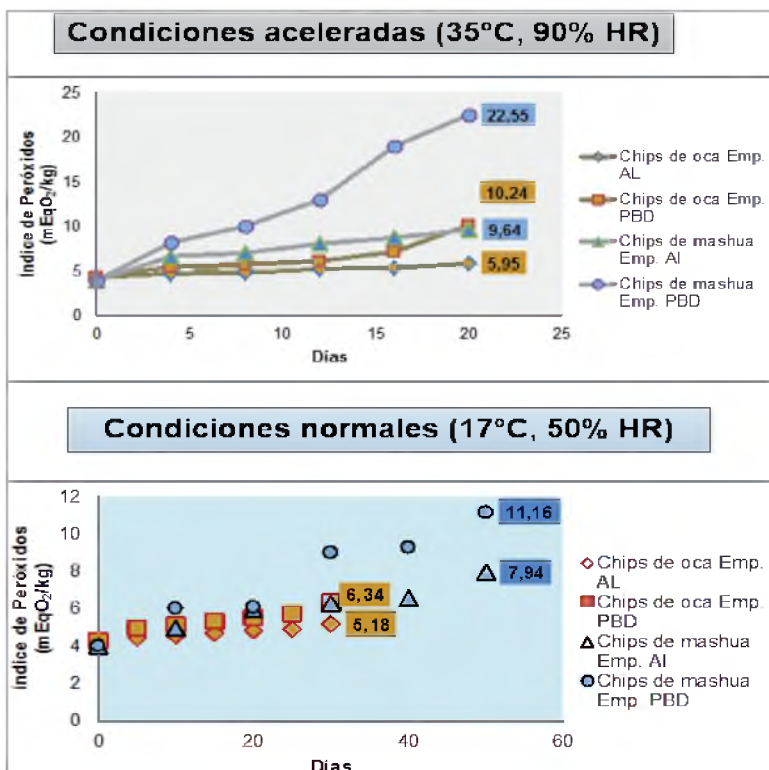


Figura 18. Variación del índice de peróxidos de los chips, en dos tipos de empaque y dos condiciones de almacenamiento

Emp. AL: Empaque de Aluminio
 Emp. PBD: Empaque de polipropileno de baja densidad
 (Álvarez, 2010; Quelal, 2012, págs. 88,89)

Al término del periodo de monitoreo, los chips de oca (30 días), presentaron un índice de peróxido igual a 5,18 mEq O₂/Kg, mientras que en los chips de mashua, a los 50 días se registró un valor de 7,94 mEq O₂/Kg en condiciones normales de almacenamiento y empacados en fundas aluminizadas; sin embargo estos valores aumentaron cuando los chips de las dos especies fueron empacados en fundas de polipropileno.

En condiciones aceleradas, este índice se elevó considerablemente en los chips de mashua, especialmente empacados en fundas de polipropileno, registrándose un valor

de 22 mEq O₂/kg a los 20 días de almacenamiento, el cual supera el límite permisible para el consumo humano (20 mEq O₂/kg). En los chips de oca, empacados en polipropileno, al cabo de 20 días de almacenamiento se registró un índice de peróxidos de 10,24 mEq O₂/kg, como se muestra en la figura 18. Este resultado puede atribuirse al material del empaque, el cual expuesto a condiciones extremas de temperatura y humedad relativa, presenta cierta permeabilidad al oxígeno del aire y al vapor de agua (Brennan & Day, Envasado, 2008, págs. 295-350; Baudi, 2006, pág. 294).

4.5.2 Análisis microbiológico

En productos con actividad de agua inferiores a 0,6 son casi improbables las alteraciones de índole microbiológica, las bacterias no crecen cuando la humedad disponible es inferior al 18%, las levaduras necesitan 20% o más y los mohos de 13 a 16%. La actividad de agua es un parámetro que establece el límite para el desarrollo de microorganismos, mientras que otros parámetros como temperatura, pH o contenido en azúcares, generalmente influyen en la velocidad de crecimiento (Man, 2004, págs. 29,32,33,49-50,76).

La aplicación de calor en los diferentes procesos permite reducir sustancialmente la carga microbiana de los chips empacados en polipropileno o en fundas aluminizadas, almacenadas tanto en condiciones aceleradas como normales, como se indica en el anexo 2. Los chips de oca envasados en fundas de polipropileno presentaron un recuento de aerobios mesófilos alrededor de 100 UFC/g de muestra, mientras que para los chips de mashua se registró un recuento de aerobios mesófilos de 200 UFC/g, en el mismo tipo de empaque, al cabo de 20 días de almacenamiento en condiciones aceleradas.

En los chips de oca, empacados en fundas de aluminio y almacenados a una temperatura de 17°C y una humedad relativa del 50 %, no se registró presencia de aerobios mesófilos, mohos ni levaduras a los 10 días de almacenamiento; sin embargo, en este mismo período, en los chips de mashua, se determinó un recuento de aerobios mesófilos de 200 UFC/g, resulta que insta a revisar y controlar estrictamente la asepsia del área de empaqueo del producto.

A partir de los 30 días de almacenamiento hasta el término del monitoreo del producto, se registró un crecimiento de aerobios totales en los 2 materiales del empaque

(100 UFC/g aerobios mesófilos) y a los 50 días se detectó la presencia de mohos, en el orden de 100 UFh/g de producto empacado en polipropileno. En general el recuento microbiológico registrado para los chips de oca y mashua, es bajo en relación a otros productos afines.

La norma Norma Técnica Colombiana para Expandidos y Extruidos (NTC 3659:1996) a base de Cereales, establece como límites permisibles, recuentos entre 5000 – 10.000 UFC/g para los aerobios mesófilos, 300- 200 UFC/g para mohos y levaduras. Por lo tanto, los chips de oca y mashua no exceden el límite de tolerancia máxima, establecido para estos microorganismos y desde el punto de vista microbiológico se concluye que los productos desarrollados son aptos para el consumo humano (Incotec Internacional, 1996).

5. LECCIONES APRENDIDAS

A través de la aplicación de diferentes procesos como el escaldado (oca), la pre-cocción (mashua), la deshidratación osmótica, el pre-secado (mashua) y la fritura convencional se logró obtener chips de textura crocante y agradable al paladar.

La aplicación de los procesos mencionados permitió reducir alrededor del 94% de ácido oxálico en la oca, mientras que en los chips de mashua se determinó una reducción del 90% de la acidez titulable, como medición indirecta del contenido de isotiocianatos, lo que incidió en una mejora sustancial de las características organolépticas de los chips.

No obstante, la aplicación de procesos térmicos como la cocción en agua (hojuelas de mashua), la deshidratación osmótica y la fritura convencional provocaron una disminución de los componentes nutricionales, especialmente proteínas, carbohidratos totales, vitamina C, carotenoides totales y ciertos minerales. El calcio y sodio se incrementaron (mashua), debido a la inclusión de cloruro de sodio y calcio en la solución osmótica.

Los chips de oca y mashua se caracterizaron por presentar una baja actividad de agua (0,25 y 0,27 respectivamente), y humedad de 0,22% para la oca y 0,91% en la mashua, niveles que favorecieron la estabilidad de los chips en el almacenamiento.

El tiempo de vida útil estimado para los chips de oca y mashua, empacados en fundas aluminizadas fue de 111 días y 90 días respectivamente; mientras que en las fundas de polipropileno alcanzó un promedio de 53 y 83 días en condiciones normales. Mientras que

en condiciones aceleradas las fundas de aluminio preservaron el producto por 43 días (chips de oca) y 46 días (chips de mashua), mientras que los empaques de polipropileno preservaron los chips de las 2 especies por tiempo promedio de 18,5 días. En cuanto al índice de peróxidos se observó un mayor incremento de este parámetro, con relación a la humedad y actividad de agua, en los productos empacados en polipropileno y almacenados en condiciones aceleradas.

El recuento microbiológico de los chips de las 2 especies (aerobios totales, mohos y levaduras) se enmarcó en niveles permisibles para el consumo humano.

Para incrementar la eficiencia del proceso de elaboración de chips, es necesario implementar alternativas de utilización de los subproductos del proceso, como la producción de harinas o almidones, a partir de las rodajas que no alcanzan las especificaciones de calidad para fritura, reutilización de la solución osmótica e implementación de la fritura al vacío para preservar los componentes nutricionales de los tubérculos y optimizar la re-utilización del aceite utilizado para el proceso.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J. (2001). Evaluación de Factores antinutricionales en Raíces y Tubérculos Andinos. Quito: PUCE.
- Álvarez, J. (2010). Aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca (*Oxalis tuerosa*, Mol) a diferentes temperaturas y tiempos. *Tesis previa para la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial*. Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ansorena, D. (2000). Frutas y Frutos Secos. En I. Antiasarán, & A. Martínez, *Alimentos composición y propiedades* (Segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill- Interamericana de España .
- Antiasarán, I., & Martínez, A. (2000). *Alimentos composición y propiedades* (segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill- Interamericana de España .
- Barrera, V., Espinosa, P., Tapia, C., Monteros, A., & Valverde, F. (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador. En V. Barrera, & C. M. Tapia (Edits.), *Raíces y Tubérculos Andinos*. Lima.
- Baudi, S. (2006). *Química de los Alimentos* . México: Pearson Education .
- Bekele, Y., & Ramaswamy, H. (2010). Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Engineering Journal and Science Technology (EJAST)*, 1-15.
- Boletín Oficial del Estado . (1989). *Reglamentación Técnico Sanitaria para la Elaboración y Comercialización de Patatas Fritas y Productos de Aperitivo*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2011, de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1989-3081
- Bouchon, P. (2008). Fritura. En J. Brennan (Ed.), *Manual de procesado de los alimentos*. Zaragoza: Acribia S. A.
- Brennan, J. (2006). Evaporación y deshidratación. En J. Brennan (Ed.), *Manual del procesado de los alimentos*. Zaragoza: Acribia. S.A.
- Brennan, J., & Day, B. (2008). Envasado. En J. Brennan (Ed.), *Manual de procesado de los alimentos*. Zaragoza: Acribia S. A.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de los alimentos*. España : Ediciones Mundi Prensa .
- Centro Internacional de la Papa. (s.f.). *Perú Ecológico*. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de http://www.peruecologico.com.pe/tub_mashua.htm

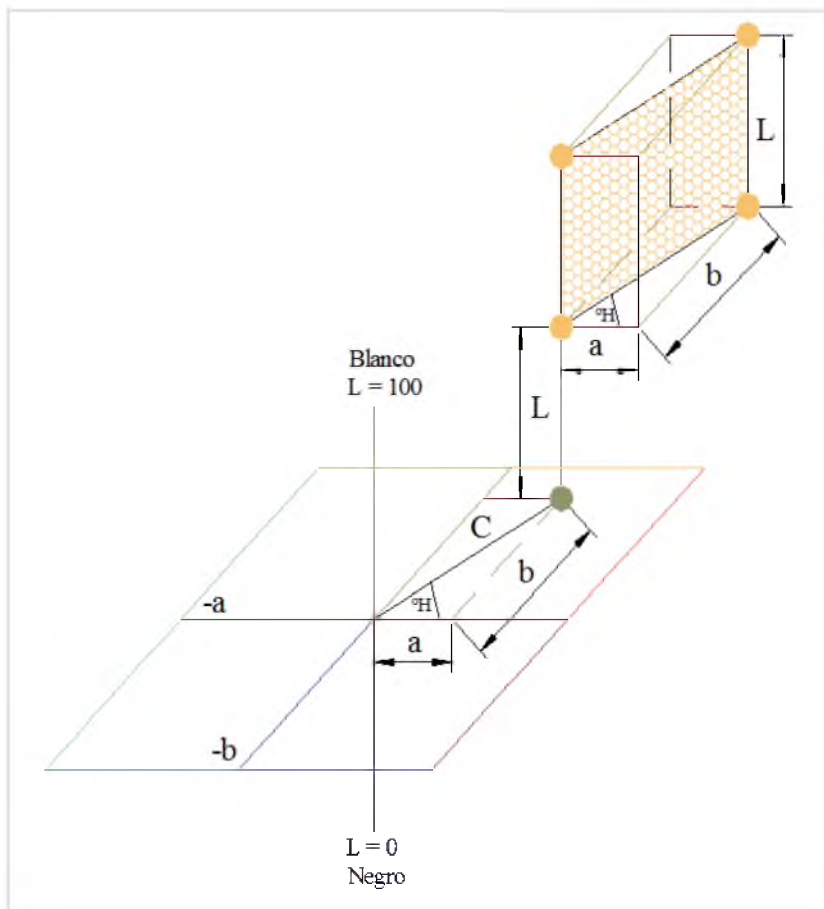
- Delgado, M., & Astiasarán, I. (2000). Alimentos cocinados. En I. Antiasarán, & A. Martínez, *Alimentos composición y propiedades* (segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill- Interamericana de España.
- Dolores, L., & Espín, S. (1997). Compuestos cianogenéticos en mashuas ecuatorianas. *Resúmenes del IX Congreso de Cultivos Andinos*. Cusco.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. En V. Barrera, C. Tapia, & A. Monteros (Edits.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito, Ecuador y Lima, Perú.
- Fellows, P. (1998). *Food Processing technology- Principles and practice* (segunda ed.). Elsevier.
- Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos* (Vol. 2). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- González-Mañas, J. M. (2006). *Glucosinolatos (Tioglucósidos)*. Recuperado el 22 de Agosto de 2011, de Curso de Biomoléculas: <http://www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33c6.htm#top>.
- Grandison, A. (2006). Manipulación post-cosecha y preparación de materias primas para su transformación. En J. Brennan (Ed.), *Manual del procesado de los alimentos*. Zaragoza: Acribia. S.A.
- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C., & Hermann, M. (2003). *Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 25. Lima y Roma: International Potato Center and International Plant Genetic Resources Institute.
- Gutierrez, J. (2008). *Ciencia Bromatológica Principios Generales de los Alimentos* . Madrid : Ediciones Díaz de Santos .
- Incotec Internacional. (1996). *Norma Técnica Colombiana (NTC 3659) Industrias alimentarias. Expandidos y extruidos a base de cereales* . Recuperado el 25 de septiembre de 2011, de <https://tienda.icotec.org/producto/impreso-ntc3659-industrias-alimentarias-expandidos-extruidos-a-base-de-cereales/>
- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y Bromatología* . Barcelona : Omega .
- Man, D. (2004). *La calidad de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Medina, T. (2003). *PROYECTO: Conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos en la sierra del Perú*. Recuperado el 19 de agosto de 2011, de www.inia.gob.pe/genetica/fito.htm

- Moncada, L., & Gualdrón, L. (2006). Retención de Nutrientes en la Cocción, Freído, Horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación Universidad La Salle*, 6(2), 179-187.
- Monteros, Á. (1996). Estudio de la variación morfológica e isoenzimática de 78 entradas de mashua (*tropaeolum tuberosum* R. & P.). *Tesis previa para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo*. Quito: Universidad Central del Ecuador .
- Océano Centrum. (2000). *Enciclopedia práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Barcelona: Editorial S.A.
- Perú Ecológico*. (Octubre de 2007). Recuperado el 22 de Agosto de 2011, de http://peruecologico.com.pe/flo_mashua_1.htm
- Quelal, M. B. (2012). Obtención de Rodajas fritas "Chips" de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) aplicando la tecnología de fritura. *Tesis previa para la obtención del título de Ingeniera de Alimentos* . Quito : Universidad Tecnológica Equinoccial .
- Ramírez, A. (2002). Biotecnología y metabolitos secundarios en *Lepidium peruvianum* Chacón, "Maca". *Tesis para optar el título Profesional de: Biólogo con mención en Genética* . Lima: Universidad Nacional de San Marcos.
- Shi, J. (2008). Osmotic Dehydration of foods. En Y. Hui, C. Clary, M. Farid, O. Fasina, A. Noomhorm, & J. Welti- Chanes (Edits.), *Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications*. Destech Publications .
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal* (Vol. I). Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- Tapia, C., Estrella, J., Monteros, A., Valverde, F., Nieto, M., & Córdova, J. (2004). Manejo y Conservación de RTAs in situ en fincas de agricultores y ex situ en el Banco de Germoplasma de INIAP. En H. Barrera, C. Tapia, & A. Monteros (Edits.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (Vol. 4, págs. 49-51). Quito, Lima.
- Tapia, E., & Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima: FAO-ANPE.
- Tapia, M. (1990). *Cultivos andinos subexplotados y su aportación en la alimentación*. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
- University, Animal Science Department at Cornell. (2008). *Glucosinolates (Goitrogenic Glycosides)*. Recuperado el 21 de Agosto de 2011, de [Plants Poisonous to Livestock and other Animals: http://poisonousplants.ansci.cornell.edu/toxicagents/glucosin.html](http://poisonousplants.ansci.cornell.edu/toxicagents/glucosin.html)

Villacrés, E., Brito, B., & Espín, S. (2004). Alternativas Agroindustriales con Raíces y Tubérculos Andinos. En V. Barrera, C. Tapia, & A. Monteros (Edits.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (págs. 117-142). Quito, Ecuador y Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1



Sistema CIElab, 1976.
(Álvarez, 2010)

Anexo 2

Recuento microbiológico de los chips de oca y mashua almacenados en condiciones aceleradas

Condiciones aceleradas de temperatura y humedad (35 °C, 90% HR)						
Chips de oca						
Tiempo (Días)	Aerobios Totales		Mohos		Levaduras	
	(UFC/g)		(Uph/g)		(Upl/g)	
	Emp. AL	Emp. PBD	Emp. AL	Emp. PBD	Emp. AL	Emp. PBD
0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
8	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
12	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
16	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
20	Ausencia	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	1 x 10 ²
Chips de mashua						
0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
8	1 x 10 ²	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
12	1 x 10 ²	2 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
16	1 x 10 ²	2 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
20	1 x 10 ²	2 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Emp. Al: Empaque de Aluminio

Emp. PBD: Empaque de polipropileno de baja densidad
(Álvarez, 2010; Quelal, 2012, pág. 79)

Anexo 3

Recuento microbiológico de los chips de oca y mashua almacenados en condiciones normales

Condiciones normales de temperatura y humedad (17 °C, 50 % HR)						
Chips de oca						
Tiempo (Días)	Aerobios Totales (UFC/g)		Mohos (Uph/g)		Levaduras (Upl/g)	
	Emp. AL	Emp. PBD	Emp. AL	Emp. PBD	Emp. AL	Emp. PBD
	5	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
15	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
20	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
25	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
30	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Chips de mashua						
0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
10	Ausencia	2 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
20	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
30	1 x 10 ²	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
40	1 x 10 ²	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
50	1 x 10 ²	1 x 10 ²	Ausencia	1 x 10 ²	Ausencia	Ausencia

Emp. AL: Empaque de Aluminio

Emp. PBD: Empaque de polipropileno de baja densidad
(Álvarez, 2010; Quelal, 2012, pág. 80)