



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO TIPO APERITIVO (SNACK) A
PARTIR DE OCA (*Oxalis tuberosa*) MEDIANTE FRITURA AL
VACÍO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO DE ALIMENTOS**

ANDRÉS DARIO SUNTAXI CALDERÓN

DIRECTOR: ING. JUAN BRAVO

Quito, Noviembre, 2013

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

DECLARACIÓN

Yo **ANDRES DARIO SUNTAXI CALDERON**, 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.

Andrés Darío Suntaxi Calderón

CI: 171999977-1

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Obtención de un producto tipo aperitivo (*snack*) a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) mediante fritura al vacío**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero de Alimentos** fue desarrollado por **Andrés Darío Suntaxi Calderón**, 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.

Ing. Juan Bravo

DIRECTOR DEL TRABAJO

CI: 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 toda la fuerza espiritual que me supo transmitir durante toda mi carrera
académica.

A mi Abuela, María Elena (†)

Y a mi amigo Santiago (†)

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres:

Rodrigo e Irene

Por la sabiduría con la que han sabido guiar mis pasos y el amor más puro e incondicional que ningún otro ser humano podría ofrecer.

A mis Hermanas:

Melanie y Anita Belén

Por ese apoyo inocente que sin darse cuenta, me dan cada día y por las veces que me han permitido ser su ejemplo para sus acciones individuales.

A mis Amigos:

Andrés, Belén, Consuelo, Carmen, Verónica, María Belén, Jorge y José.

Por el respeto, cariño y refugio para los tiempos difíciles que significaron ganas de superación de mi parte.

A mi primo Christian, abuelos y demás familiares

Por ser cómplices, compañeros del aprendizaje en la vida y ejemplos de éxitos.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial y a mis profesores Ing. Juan Bravo, Ing. Carlota Moreno e Ing. Jaime Guamialamá.

Por la enseñanza fruto de la experiencia, que logró en mí el espíritu profesional que tiene mi carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. BOCADITOS (<i>SNACKS</i>)	3
2.1.1. PRINCIPALES TIPOS DE <i>SNACKS</i>	3
2.1.2. VALOR NUTRICIONAL DE LOS <i>SNACKS</i>	4
2.2. LA OCA	5
2.2.1. CULTIVO DE OCA EN EL ECUADOR	7
2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA	8
2.2.3. FACTORES ANTINUTRICIONALES	10
2.2.3.1. Ácido Oxálico	11
2.2.4. DISMINUCIÓN DE ÁCIDO OXÁLICO EN LA OCA	13
2.2.4.1. Escaldado	13
2.2.4.2. Deshidratación osmótica (DO)	15
2.3. FRITURA AL VACÍO DE ALIMENTOS	16

	PÁGINA
3. METODOLOGÍA	23
3.1. MATERIA PRIMA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	23
3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO FINAL	23
3.1.1.1. Determinación de ceniza	23
3.1.1.2. Determinación de proteína	23
3.1.1.3. Determinación del contenido de humedad	24
3.1.1.4. Determinación del contenido de grasa	24
3.1.1.5. Determinación de la acidez titulable	24
3.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE <i>CHIPS</i> DE OCA MEDIANTE FRITURA AL VACÍO	24
3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	27
3.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS DE LA FRITURA AL VACÍO	27
3.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE FRITURA	28
3.4. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL	28
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	30

	PÁGINA
4.2. DETERMINACIÓN DE VALORES EN LOS PARÁMETROS DE LA FRITURA AL VACÍO	31
4.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	31
4.2.2. CONTENIDO DE GRASA	34
4.2.3. ACIDEZ TITULABLE (ÁCIDO OXÁLICO)	36
4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE FRITURA	39
4.4. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. CONCLUSIONES	45
5.2. RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Composición química de cuatro alimentos tipo bocadito	4
Tabla 2. Superficie cultivada, producción y venta de oca por provincia	7
Tabla 3. Composición química de la oca	9
Tabla 4. Contenidos de oxalato (mg/100 g mf), calcio (mg/100 g mf) y relación oxalato/calcio de algunos alimentos	12
Tabla 5. Factores y niveles de las variables del proceso de fritura al vacío	27
Tabla 6. Requisitos bromatológicos descritos por la NTE 2561	28
Tabla 7. Caracterización química de la oca fresca	30
Tabla 8. Caracterización química de la oca fresca y los <i>chips</i> de oca (4.4 kPa-10 min-SI)	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Oca: A. Planta, B. Tubérculo, C. Flor	6
Figura 2. Esquema para la obtención de <i>chips</i> de oca	25
Figura 3. Esquema del sistema de deshidratación osmótica	26
Figura 4. Esquema del sistema de fritura al vacío	26
Figura 5. Contenido de humedad (%) de oca procesada sometida a diferentes condiciones de fritura	32
Figura 6. Contenido de grasa (%) de oca procesada sometida a diferentes condiciones de fritura	34
Figura 7. Acidez titulable de oca sometida a diferentes condiciones de fritura	37
Figura 8. Acidez titulable de oca en diferentes etapas del proceso	38
Figura 9. Contenido de acidez titulable de la oca fresca y de los <i>chips</i> de oca (4.4 kPa-10 min-SI)	41
Figura 10. Calificación para aceptabilidad global de <i>chips</i> de oca	42
Figura 11. Puntuación de <i>chips</i> de oca por segmentos de edad	43
Figura 12. Puntuación para aceptabilidad global de <i>chips</i> de oca	44

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1.	
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE <i>CHIPS</i> DE OCA	55
ANEXO 2.	
ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL DEL PRODUCTO	58

RESUMEN

Para elaborar el producto se utilizaron ocas, variedad *chaucha*. En primer lugar se realizó la caracterización química de la oca fresca, donde se analizó el contenido de humedad, grasa, proteína, ceniza y acidez titulable. Luego, el tubérculo se cortó en rodajas de 2.0 mm de espesor. Una parte de las muestras fue directamente a fritura al vacío; la otra parte fue sometida a escaldado en agua a 90 °C por 5 minutos y deshidratación osmótica en solución de azúcar invertido 50 °Brix, a 65 °C por una hora. La fritura al vacío se realizó a 110 °C, a dos presiones de trabajo de 4.4 y 11.3 kPa y dos tiempos de fritura 10 y 15 minutos. En las rodajas fritas se determinó el contenido de humedad, grasa y acidez titulable; los resultados se analizaron con ANOVA multifactorial. Todos los tratamientos mostraron valores de humedad y grasa que se ajustan a la norma técnica ecuatoriana. Se determinó una disminución significativa en la humedad del producto debido al incremento de la presión y el tiempo de fritura. La aplicación de pretratamientos obtuvo *chips* de oca con bajo contenido de grasa. Todas las condiciones de fritura cumplieron con las recomendaciones diarias sobre consumo de oxalatos de origen vegetal, y la acidez disminuyó por efecto de la aplicación de pretratamientos. Se encontraron diferencias significativas entre todos los parámetros tanto de la oca fresca como de los *chips* de oca. Se efectuó una prueba de aceptabilidad global con *chips* de oca con y sin pretratamientos. Las condiciones de 4.4 kPa por 10 min con la aplicación de pretratamientos resultaron en el producto obtenido mediante fritura al vacío de mayor aceptabilidad sensorial.

ABSTRACT

Chaucha ocas were used to elaborate the product. First, chemical characterization was performed on the fresh oca where analyzed for moisture, fat, protein, ash, and titratable acidity. Later, the tuber was cut into slices of 2.0 mm thickness. A portion of the samples was directly vacuum frying; the other part was put to blanching in water at 90 °C for 5 minutes and osmotic dehydration in invert sugar solution 50 °Brix, 65 °C for one hour. Vacuum frying was performed at 110 °C, two working pressures of 4.4 and 11.3 kPa and two frying times of 10 and 15 minutes. On fried slices were determined moisture content, fat and titratable acidity; the results were analyzed with multifactorial ANOVA. All treatments showed values of moisture and fat that meet the technical standard of Ecuador. It was determined a significant decrease in product moisture due to an increase of pressure and frying time. Applying pretreatments obtained oca chips with low fat content. All frying conditions met the recommended daily intake of oxalates on plants, and the acidity decreased by the effect of the application of pretreatments. Significant differences were found between all parameters of fresh oca and oca chips. It was made a global acceptability test using chips with and without pretreatments. The conditions of 4.4 kPa for 10 min with the application of pretreatments resulted in the product obtained by vacuum frying with the highest sensory acceptability.

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en el consumo de *snacks* se orienta básicamente en dos direcciones: la primera, por la cual el consumidor busca constantemente productos bajos en grasas, azúcares y compuestos antinutricionales, además de productos ricos en antioxidantes, vitaminas, fibra dietaria y minerales; es decir alimentos que contribuyan significativamente al mejoramiento de su salud (Dueik & Bouchon, 2011b).

Una segunda tendencia indica la posibilidad de obtener todos esos beneficios nutricionales en productos con sabores, texturas y colores apetecibles a los sentidos del ser humano, productos que ofrezcan al consumidor la misma experiencia que la que obtuviera con cualquier *snack* del mercado (Dueik & Bouchon, 2011a).

En este contexto la fritura al vacío nace como una alternativa en la que los alimentos procesados presentan un contenido de grasa menor en relación a la fritura tradicional, adicionalmente como se trabaja con una temperatura de aceite más baja, el alimento conserva su valor nutricional y demás características organolépticas (Dueik, Moreno & Bouchon, 2011; Fan, Zhang & Mujumdar, 2006).

El Gobierno y las instituciones encargadas de velar siempre por la seguridad alimentaria en el país, han impulsado el rescate y cultivo de raíces y tubérculos andinos como la oca (*Oxalis tuberosa*) mediante su industrialización y la obtención de productos con gran valor agregado (Barrera, Monteros & Tapia, 2004).

Por ello el presente trabajo tuvo como objetivo principal la obtención de un producto tipo aperitivo (*snack*) de oca mediante la aplicación de fritura al vacío. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Realizar la caracterización química de la materia prima (oca)

- Aplicar pretratamientos a la materia prima
- Efectuar la fritura al vacío, determinándose en esta etapa, los valores en los parámetros de proceso.
- Evaluar el efecto del proceso de fritura al vacío, entre la oca fresca y los *chips* de oca.
- Determinar sensorialmente la aceptabilidad del producto final con posibles consumidores.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. BOCADITOS (SNACKS)

La palabra *snack*, en español bocadito o tentempié, se define como un refrigerio que se toma en ciertos momentos del día, con el fin de mitigar el hambre y reparar las fuerzas. Estos productos no se llegan a considerar una comida completa porque solo proporcionan una pequeña cantidad de energía (INEN, 2010).

Entre los *snacks* más populares se encuentran: las papas fritas, frituras de maíz, frutos secos, galletas, productos de confitería y aperitivos extruidos. Estos alimentos tienen una gran diversidad de sabores, formas y colores los cuales son el resultado de varios procesos y ensayos con infinidad de materias primas (Guy & Ribas, 2002).

2.1.1. PRINCIPALES TIPOS DE SNACKS

Según Guy & Ribas (2002), los *snacks* se clasifican de acuerdo a los cambios que sufre la materia prima durante el proceso, así se tiene:

- a) Aperitivos vegetales de corte natural.- El vegetal fresco se corta finamente y posteriormente se fríe para formar un producto crujiente, como por ejemplo papas *chips*, yucas fritas, etc.
- b) Productos formados de pasta a partir de un derivado de papa.- La pasta de papa se somete a una etapa de extrusión o laminado y luego se fríe, resultando en un producto crujiente.
- c) Productos formados de pasta a partir de derivados de maíz.- Son productos crujientes en donde la pasta de maíz, pasa por una etapa de extrusión o laminado, corte y finalmente fritura u horneado.

- d) Productos intermedios o aperitivos aglomerados.- Se diferencian de los productos anteriores porque la pasta se somete a una etapa extra de secado después del moldeado en trozos.
- e) Aperitivos expandidos directamente.- La materia prima se funde en el interior del extrusor y se expande a medida que sale del troquel.
- f) Aperitivos co-extruidos.- Las materias primas se someten a dos extrusiones simultáneas a través de un solo troquel.

2.1.2. VALOR NUTRICIONAL DE LOS SNACKS

Existen estudios que ayudan a determinar las características nutricionales de los productos tipo *snacks*, sin embargo no se puede afirmar con seguridad cual es la verdadera contribución de estos alimentos a la salud de los consumidores. A continuación se considera un estudio acerca del aporte nutricional de bocaditos y su consumo en escolares de la región metropolitana de Chile, realizado por Zamorano, Guzmán & Ibáñez (2010). Los datos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de cuatro alimentos tipo bocadito

Nutriente	Papas fritas <i>chips</i> corte americano	Papas fritas <i>chips</i> corte liso	Galletas horneadas con chispas de chocolate	<i>Chips</i> de maíz
Humedad (g/100g)	2.3±0.2	2.4±0.1	2.0±0.1	1.7±0.08
Ceniza (g/100g)	3.9±0.1	3.4±0.3	1.2±0.1	2.3±0.2
Proteína (g/100g)	5.6±0.3	6.4±0.3	6.2±0.3	7.0±0.1
Grasa (g/100g)	31.1±1.2	29.7±1.7	23.9±1.0	22.7±1.2
Fibra dietaria total (g/100g)	4.5±0.2	4.0±0.08	2.1±0.2	3.9±0.3
Hidratos de carbono disponibles (g/100g)	52.6±1.7	54.1±2.0	64.6±1.4	62.4±1.0

(Zamorano et al., 2010)

El análisis fue realizado a cuatro alimentos tipo bocadito que se consumen en varios países, incluido el Ecuador. Los alimentos que fueron objeto de estudio fueron: papas fritas corte americano, papas fritas corte liso, galletas con chispas de chocolate y *chips* de maíz.

Todos los productos estudiados presentaron un contenido de grasa entre 22 y 31 g/100 g, los valores más altos corresponden a los productos procesados por fritura. Zamorano et al. (2010), afirman que los contenidos de humedad, cenizas, proteínas y fibra dietaria están dentro de los rangos habituales reportados en la bibliografía consultada. Los alimentos estudiados presentan valores de proteína entre 5.6 y 7 g/100 g, siendo los *chips* de maíz aquellos que mostraron el valor más alto. La cantidad de cenizas se encuentra en el intervalo de 2.3 – 3.9 g/100 g, y es más elevada en los bocaditos salados que en los dulces, debido en gran parte al cloruro de sodio presente en ellos.

2.2. LA OCA

Los Andes constituyen uno de los pocos lugares en el mundo donde se han domesticado tubérculos con el fin de incorporarlos a la alimentación humana. Entre estos tubérculos está la oca, una especie nativa de al menos 8000 años de antigüedad, que se localiza mayormente en los territorios de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y su origen, aunque no es preciso, supone la región altiplánica peruana-boliviana (Tapia, 2000; Tapia & Fries, 2007).

Tanto la oca, como el melloco y la mashua son poco reconocidas y valorizadas en el mundo agronómico, pero han convivido por mucho tiempo con las comunidades, prueba de ello son las numerosas representaciones en cerámicas precolombinas (Tapia, 2000).

El nombre científico de la oca es *Oxalis tuberosa* Mol y pertenece a la familia oxalidácea. Es conocida comúnmente como oca u *oqa* en Ecuador y Perú, *apilla* en Bolivia, *ibia* en Colombia y *cuiba* en Venezuela. La oca, entre los tubérculos, ocupa el segundo lugar en cuanto a área de cultivo en los Andes, después de la papa (Tapia & Fries, 2007).

La planta de oca posee una altura que va de los 20 a los 70 cm, sus tallos son cilíndricos y con ligeras características de pubescencia, sus hojas se distinguen por ser alternas y trifoliadas, y sus flores de color amarillo formadas en las axilas superiores de los tallos. El esquema de la planta y tubérculos se presenta en la Figura 1. El tubérculo de la oca tiene formas elipsoidales, claviformes y cilíndricas, además presenta yemas (ojos) de colores variados como amarillo, blanco, rojo y morado (Cajamarca, 2010; Tapia & Fries, 2007).



Figura 1. Oca: A. Planta, B. Tubérculo, C. Flor
(Tapia & Fries, 2007)

2.2.1. CULTIVO DE OCA EN EL ECUADOR

La oca se siembra, principalmente en la sierra ecuatoriana en forma de agricultura de subsistencia (Piedra, 2002). En la Tabla 2 se indican las cantidades de superficie sembrada y cosechada, además de las cifras de producción y ventas de oca en las provincias dedicadas a su cultivo.

Tabla 2. Superficie cultivada, producción y venta de oca por provincia

Provincia	Tipo de cultivo	Superficie sembrada (hectáreas)	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción (Tm.)	Ventas (Tm.)
Azuay	Solo	170	158	220	149
	Asociado	318	233	81	48
Bolívar	Solo	165	144	132	91
	Asociado	*	*	*	*
Cañar	Solo	114	110	433	340
	Asociado	*	*	*	*
Chimborazo	Solo	689	605	944	854
	Asociado	40	36	49	36
Cotopaxi	Solo	281	192	238	145
	Asociado	54	45	16	12
El Oro	Solo	118	102	43	33
	Asociado	*	*	*	*
Imbabura	Solo	57	51	43	16
	Asociado	*	*	*	*
Tungurahua	Solo	145	141	393	241
	Asociado	23	22	62	38

* No existen datos
(SINAGAP, 2000)

La provincia que posee la mayor cantidad de superficie sembrada en forma de monocultivo es Chimborazo con 689 ha, en segundo lugar se encuentra

Cotopaxi con 281 ha, estas dos provincias representan el 56% del total de hectáreas sembradas en el Ecuador para oca como único cultivo. Para la forma de cultivo asociado (mayormente con papa y/o mashua), la provincia del Azuay es la que posee la mayor cantidad de superficie sembrada con 318 hectáreas, lo que constituye el 73% del total de cultivo asociado de oca en el Ecuador. La provincia de Chimborazo sigue siendo la mayor productora de este tubérculo con 944 Tm al año, le sigue Cañar con 433 Tm y Tungurahua con 393 Tm. En el cuarto lugar y pese a ser la segunda provincia con más cantidad de superficie sembrada aparece Cotopaxi con 238 Tm. Las provincias que más venden en cantidad de toneladas de oca por año son Chimborazo y Tungurahua con 854 y 241 Tm respectivamente (SINAGAP, 2000).

2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

En su estudio sobre la composición química de raíces y tubérculos andinos, Barrera et al. (2004) reportaron valores para mashua, miso, jícama, zanahoria blanca, melloco, achira y oca. Las cantidades de algunos parámetros para oca se presentan en la Tabla 3.

La oca y demás tubérculos andinos presentan un elevado contenido de humedad lo que contribuye en gran medida al desarrollo de microorganismos que utilizan el agua como agente químico en reacciones de tipo hidrolítico y para el transporte de nutrientes (Casp & Abril, 2003; García & Cadima, 2003).

Según el estudio de Barrera et al. (2004) la oca presenta el valor más alto de carbohidratos totales (88.19%), en relación a los demás tubérculos analizados. Del total de carbohidratos la oca posee 42.17% de almidón, y junto al miso, melloco, zanahoria blanca y achira son los que poseen la mayor cantidad de este compuesto.

Tabla 3. Composición química de la oca*

Parámetro		Unidad
Humedad	77.73	%
Cenizas	3.39	%
Proteína	4.60	%
Fibra	2.16	%
Ext. Etéreo (grasa)	1.66	%
Carbohidratos Totales	88.19	%
Almidón	42.17	%
Azúcares Totales	9.68	%
Azúcares Reductores	7.62	%
Calcio	0.012	%
Fósforo	0.14	%
Magnesio	0.006	%
Sodio	0.018	%
Potasio	1.30	%
Cobre	2.25	ppm
Hierro	48.85	ppm
Manganeso	5.35	ppm
Zinc	5.95	ppm
Yodo	3.65	ppm
Vitamina C	34.53	(mg/100 g mf)
Ácido Oxálico	82.93	(mg/100 g mf)
Energía	399	(Kcal/100 g)

(Barrera et al., 2004)

*Datos expresados en base seca – muestra entera
Promedio de 30 determinaciones/análisis/especie
mf= materia fresca

Además Barrera et al. (2004) afirman que en la oca tanto los valores de proteína (4.60%) como de fibra (2.16%) se encuentran entre los más bajos con respecto a los demás elementos analizados, sin embargo hay que destacar que la proteína de oca posee una alta digestibilidad (aproximadamente 92%). Los tubérculos andinos generalmente no se consideran fuente importante de proteína, debido en gran parte a la baja cantidad de aminoácidos esenciales que presentan con respecto al patrón

de referencia, sin embargo la dieta en la población permite complementar estas deficiencias mediante la ingesta de varios alimentos.

En este estudio se indica también que en su mayoría, todas las raíces y tubérculos analizados mostraron bajos niveles de extracto etéreo, con una media de 1.26%, la oca por su parte se halla por encima de esta media con 1.66% de materia grasa.

En los minerales, el potasio es el elemento con mayor presencia en las especies analizadas, con un promedio de 2% en base seca. En la oca el potasio (1.30%) y el fósforo (0.14%) son los macroelementos más importantes. La oca posee el contenido más bajo de microelementos (I, Zn, Mn, Fe, Cu) destacándose el hierro (49 ppm) y el yodo (4 ppm), éste último en mayor proporción con respecto a las demás raíces y tubérculos. En cuanto a la vitamina C, la oca posee 35 mg/100 g mf superada solamente por la cantidad de vitamina C presente en mashua.

Se afirma que los tubérculos de oca pueden contener hasta 500 ppm de ácido oxálico, una sustancia perjudicial a la salud que les confiere un sabor amargo y el riesgo potencial de desarrollar cálculos renales en las personas que consumen este tubérculo de forma regular.

2.2.3. FACTORES ANTINUTRICIONALES

Se definen como sustancias antinutritivas a los compuestos capaces de producir un déficit en el organismo a pesar de estar presentes en bajas concentraciones (trazas). Como daño principal se indica la inutilización de ciertos nutrientes, tanto a nivel digestivo como metabólico (Montoya, 2006).

Se clasifican en tres tipos: sustancias que impiden la digestión de proteínas o la absorción y utilización de aminoácidos importantes; compuestos cuyo objetivo es inactivar o incrementar los requerimientos en vitaminas; y

compuestos que interfieren parcial o totalmente en la asimilación y utilización metabólica de elementos minerales (Doménech & Escriche, 2006).

Garrido, Olmo, Castel & Tejón (2001) proponen una subdivisión de los antiminerale en: sustancias bociógenas (que dificultan el transporte del yodo necesario para la síntesis de hormonas tiroideas, presentes en nabos, coles, rábanos, soya, ajo); ácido fítico y sus sales (responsables de la formación de compuestos insolubles con minerales como calcio, hierro, zinc, magnesio y cobre presentes en cereales, legumbres y frutos secos oleaginosos); y por último el ácido oxálico y sus sales que interfieren en la absorción de minerales importantes como hierro, magnesio, cobre, calcio, y fósforo.

2.2.3.1. Ácido Oxálico

Es un ácido orgánico de origen vegetal que se encuentra libre o en forma de sales solubles (sodio, potasio) e insolubles (calcio). El ácido oxálico, en forma de oxalato cálcico, facilita la formación de cálculos renales en el organismo ya que es poco o nada soluble en agua a pH neutro y alcalino. El oxalato se encuentra en mayor proporción en las hojas de las plantas, y en menor cantidad en tallos y raíces (Hernández, 2010).

El principal daño desde el punto de vista nutricional, es la interferencia con la biodisponibilidad de calcio especialmente en periodos de lactancia y/o crecimiento, donde el aporte de este mineral es especialmente crítico (Soriano del Castillo, 2011).

Los niveles altos de oxalatos en nuestro organismo, provocan problemas como efectos corrosivos en la boca y en el tracto gastrointestinal, hemorragias gástricas, insuficiencia renal, hematuria y en casos particulares se producen desbalances tales como convulsiones por efecto de la baja de calcio en el plasma sanguíneo (Dassanayake & Gnanathanan, 2012).

Una cantidad de 2.25 g de ácido oxálico precipita un gramo de calcio, por tanto el efecto adverso de este compuesto viene determinado por la relación oxalato/calcio que contenga el alimento. Una relación oxalato/calcio mayor a 1 afecta a la biodisponibilidad de calcio en el organismo, y si este valor es mayor a 2.25 el alimento se debe considerar como descalcificante (Tilahun, 2009). Algunas de estas relaciones se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Contenidos de oxalato (mg/100 g mf*), calcio (mg/100 g mf) y relación oxalato/calcio de algunos alimentos

Alimentos	Oxalato (mg/100 g mf)	Calcio (mg/100 g mf)	Oxalato/calcio
Ruibarbo	805	45	8.5
Espinaca	970	101	4.3
Remolacha	275	275	5.1
Cacao	700	125	2.6
Café	100	12	3.9
Papa	80	22	1.6
Té	1 150	450	1.1
Oca	(26.86 ^a , 82.93 ^b , 51.15- 114.72 ^c)	(2.67 ^b , 17.18 ^d , 22.00 ^{ef})	1.66

Soriano del Castillo (2011)

mf = muestra fresca

^a Cajamarca (2010)

^b Barrera et al. (2004)

^c Villacres & Ruiz (2002)

^d León, Villacorta & Pagador (2011)

^e Tapia & Fries (2007)

^f Ministerio de Salud del Perú, Instituto Nacional de Salud & Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009)

Para eliminar la gran mayoría de oxalatos solubles en la oca se recomienda hervir el tubérculo y luego desechar el agua utilizada durante el proceso (Chai & Liebman, 2005). Además se deben seguir ciertas recomendaciones que prevengan una alteración de la función renal en el futuro, para ello la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición aconseja una dieta baja en grasas, la ingesta de alimentos ricos en calcio y el control del aporte diario de oxalatos en la dieta (Calleja & Cano, 2012).

2.2.4. DISMINUCIÓN DE ÁCIDO OXÁLICO EN LA OCA

Se conocen algunos métodos con el fin de reducir el ácido oxálico presente en la oca, uno de ellos, es por el cual se obtiene lo que se denomina *khaya*. Este proceso consiste en cavar una poza y forrarla con paja, echar la oca directamente y remojarla de 30 a 60 días. Después de éste tiempo la oca debe ser extraída y forrada en camas de paja para su escurrimiento, y fermentación durante 7 a 10 días. Para finalizar se realiza un apisonado y se seca (Tapia & Fries, 2007).

El análisis del contenido de ácidos orgánicos de oca antes y después del procesamiento de *khaya* no se encuentra debidamente estudiado, sin embargo durante este proceso se producen cambios drásticos en el sabor lo que sugiere una reducción de estos compuestos, debido a que parte del ácido oxálico presente en la oca es soluble en agua. La lixiviación de los ácidos orgánicos presentes en éstos tubérculos durante el procesamiento de *khaya* es aún desconocido (Bradbury & Emswiller, 2011).

Otro procedimiento por el cual se disminuye la concentración de ácido oxálico en oca es la exposición del tubérculo al sol, en este campo Hermann & Erazo (2001) compararon cantidades de ácidos oxálico, málico, tartárico, succínico, ascórbico y glutárico en cinco variedades de oca antes y después del proceso de soleado, obteniendo una disminución de la cantidad de ácido oxálico en alrededor de un 26% sobre base seca, en todas las variedades de oca.

2.2.4.1. Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico de corta duración y temperatura moderada, las condiciones de estas variables vienen dadas por algunos minutos de residencia y temperaturas que van de los 90 a 100°C. Para

escaldar o blanquear existen dos métodos muy extendidos en la industria alimentaria, el uno usa como medio de calefacción el vapor de agua y se caracteriza por su baja eficiencia energética; y el otro, mucho más conocido en la industria alimentaria, utiliza escaldadores de agua caliente lo que significa menores pérdidas de calor que en el peor de los casos es del 60% (Casp & Abril, 2003).

El calor suministrado durante el escaldado causa algunos cambios en las cualidades sensoriales y nutricionales del alimento. Algunos minerales, vitaminas y componentes hidrosolubles se pierden durante el escaldado. Las pérdidas de vitaminas son debido a la lixiviación, destrucción térmica y en menor medida la oxidación. La pérdida de ácido ascórbico es comúnmente usada como indicador de calidad de un alimento, ya que señala la severidad del proceso (Barreiro & Sandoval, 2006).

El escaldado mejora, fija e ilumina el color de algunos alimentos mediante la eliminación de aire y polvo en la superficie. Otro de los propósitos del escaldado es ablandar la textura de los vegetales para facilitar, en el caso de la fabricación de conservas, el llenado del producto, mejorar la palatabilidad y la disposición del alimento para procedimientos industriales posteriores (Fellows, 2000).

El escaldado como método para la reducción de ácido oxálico en oca, fue estudiado por Sangketkit, Savage, Martin & Mason (2001), los cuales analizaron el contenido de oxalatos en oca fresca y oca cocinada de 12 variedades sudamericanas y 2 neozelandesas. Los niveles de oxalato fueron medidos después de tres diferentes métodos de cocción convencionales. Los contenidos finales de oxalato oscilaron entre 77 y 220 mg/100 g de mf para tubérculos cocidos en agua y al vapor, mientras que para los tubérculos cocidos al horno se incrementaron significativamente en comparación con los tubérculos frescos. El contenido de oxalato de los tubérculos cocidos al horno presentó niveles entre 164 y 335 mg/100 g de mf.

2.2.4.2. Deshidratación osmótica (DO)

La deshidratación osmótica es un proceso por el cual se obtiene la remoción parcial o total del agua de un producto, mediante la inmersión del alimento en una solución concentrada de sólidos solubles. Durante la DO se produce la transferencia de un soluto desde la parte externa hasta el interior del alimento, utilizando como fuerza motriz la diferencia en la presión osmótica entre las sustancias. Además se consiguen mejoras en la calidad organoléptica y estabilidad microbiológica del producto final (Brennan & Almudí, 2008; Fellows, 2000).

Según Coloma (2008) es conveniente trabajar con soluciones que no modifiquen las características sensoriales del producto, es decir que sean comestibles, con sabor aceptable y no tóxicas. Además deben presentar un comportamiento inerte frente a los componentes del alimento y tener una alta actividad osmótica (capacidad para captar el agua a través de una membrana semipermeable, de modo que se alcance un equilibrio).

En procesos de DO de frutas se usan soluciones de sacarosa, lactosa, glucosa y fructosa, mientras que en hortalizas se utilizan agentes como jarabes de almidón, glicerol y cloruro de sodio. En soluciones de azúcar o jarabes de almidón se ha comprobado que la adición de sustancias de bajo peso molecular como cloruro de sodio, ácido málico, ácido láctico y ácido clorhídrico en concentraciones de 1 a 5% provoca un aumento en la velocidad de deshidratación osmótica, ya que se facilita la salida del agua del alimento (Casp & Abril, 2003).

La DO ayuda al intercambio de ciertos componentes desde el alimento hacia la solución, debido a que es un proceso donde ocurren tres tipos de transferencias de masas: flujo de agua del producto a la solución, flujo de soluto de la solución hacia el producto y salida de solutos del producto hacia la solución, ya sean estos azúcares, minerales, vitaminas y ácidos orgánicos (entre ellos el ácido oxálico) (Peiró, Dias, Camacho & Martínez, 2006;

Sablani & Shafiur, 2003; Van Nieuwenhuijzen, Zareifard & Ramaswamy, 2001).

2.3. FRITURA AL VACÍO DE ALIMENTOS

La fritura al vacío es una técnica que en los últimos años se ha desarrollado en respuesta a la tendencia de los consumidores hacia alimentos bajos en grasa, sin que su utilización signifique un deterioro en los colores, sabores y texturas propios del alimento. En la fritura al vacío se produce una deshidratación del alimento y una absorción de aceite por parte del mismo (Dueik & Bouchon, 2011b; Farkas, Singh & Rumsey, 1996).

Numerosos estudios se han realizado para conocer profundamente el desarrollo de ésta técnica, experimentándose en diferentes materias primas y equipos, con variaciones de tiempos, temperaturas y presiones.

Uno de los primeros trabajos se ocupó del estudio de las presiones reducidas y de la temperatura del aceite sobre el contenido de grasa, color y textura en el procesamiento de papas *chips*, hallando que la fritura al vacío reducía en casi un 30% la grasa final del producto, con color y textura equivalentes a aquellos ensayos realizados mediante fritura convencional (Garayo & Moreira, 2002).

De igual manera Yagua (2010) realizó investigaciones en papa, sus condiciones fueron 1.33 kPa, 6 min en cada fritura y tres temperaturas 120, 130 y 140 °C. Se demostró mediante cinética de pérdida de humedad que los *chips* fritos a 130 y 140 °C, pierden con mayor rapidez el agua contenida con respecto a aquellos fritos a 120 °C, pese a que los contenidos finales de humedad de las tres temperaturas no presentan diferencias significativas. A las temperaturas de 130 y 140 °C se presentan menores cantidades de grasa, por tanto la reducción de grasa en el producto aumentó conforme la temperatura, debido a que al final se consigue un aceite menos viscoso y el

centrifugado en condiciones de vacío se hace más efectivo. Se determinó que usar el centrifugado antes de la presurización de la cámara remueve hasta el 87% de grasa superficial.

Encina (2008) obtuvo papas *chips* con bajo contenido de acrilamida, para ello se disminuyeron los precursores (azúcares directamente reductores y asparragina libre) mediante empleo de una etapa inicial de lavado y una etapa de pretratamiento consistente en un escaldado a 90 °C, seguido de una inmersión en ácido cítrico al 0.25%. Además, se empleó fritura a presión reducida (6.4 kPa absolutos) con el fin de bajar las temperaturas de fritura (150, 160 y 170 °C) y disminuir los tiempos de proceso. Los resultados determinaron que el empleo secuencial y complementario de las dos etapas descritas anteriormente disminuye significativamente el contenido de precursores de la formación de acrilamida. La muestra frita a 150 °C tuvo los mejores parámetros químicos evaluados (<5 ppb de acrilamida, 33,9% materia grasa y cerca de un 2% de humedad).

Song, Zhang & Mujumdar (2007) optimizaron el pre-secado al vacío con microondas como pretratamiento, y también las condiciones propias de fritura para obtener *chips* de papa. Observaron que el contenido de humedad de los *chips* disminuyó a medida que la temperatura y tiempo de fritura aumentaron, todo lo contrario al contenido de grasa el cual se incrementó. Mediante aplicación de metodología de superficie de respuesta las condiciones óptimas de fritura al vacío fueron 108-110 °C, tiempo de 20-21 min, considerando siempre una presión de trabajo de 11.33 kPa.

En tubérculos similares a la papa, se cuentan investigaciones como la de Urbano, García & Martínez (2012), que realizaron un estudio con yuca en dos tipo de muestras, unas escaldadas (70 °C, 10 min) y otras muestras sin escaldar. Se analizó tanto la fritura atmosférica a 165 °C como la fritura en condiciones de vacío a 80 kPa y temperaturas de 100, 120, 130 y 140 °C. Demostraron que la aplicación de blanqueo influye al disminuir la cantidad final de humedad contenida en los *chips*. Entre las muestras que no se escaldaron, aquellas que fueron fritas a 120°C resultaron ser las únicas que

presentaron diferencias significativas, además de ser las de menor valor de humedad. En las muestras que si se escaldaron se observó una disminución del valor de humedad conforme la temperatura aumentaba. El contenido de grasa de los *chips* de yuca se ve influenciado por el escaldado tanto para la fritura atmosférica como de vacío, para las muestras no escaldadas la fritura a 130 °C presentó el menor valor, mientras que para las muestras que sí se escaldaron la temperatura de 140 °C fue la que aportó los mejores resultados.

En algunos otros vegetales como la zanahoria, se hallan estudios como el de Fan et al. (2006) que trata acerca del efecto de algunos pretratamientos (escaldado; escaldado + secado por aire; escaldado + DO; y escaldado + DO + congelado) sobre la calidad del producto final, encontrando que el pretratamiento que reduce en mayor medida el contenido de grasa de los *chips* de zanahoria es aquel que combina el escaldado y la deshidratación osmótica, debido principalmente al bajo contenido de humedad que presentan las rodajas al inicio del proceso de fritura y demostrando que la cantidad de aceite que ingresa a la hojuela es directamente proporcional a la cantidad de humedad perdida durante el proceso de fritura.

El efecto de distintos pretratamientos y condiciones de fritura sobre la calidad de *chips* de zanahoria fueron estudiados por Shyu, Hau & Hwang (2005). Los pretratamientos determinaron ser influyentes sobre la humedad de los *chips* de zanahoria, siendo el B (escaldado +DO + congelación) el que aportó los valores más bajos. El contenido de grasa de los *chips* de zanahoria disminuyó conforme al incremento del tiempo de DO para los cuatro pretratamientos investigados, y de igual manera el método B, fue uno de los que aportó la menor cantidad de grasa en el producto final.

Asimismo, Fan, Zhang, Xiao, Sun & Tao (2005) lograron optimizar el proceso de fritura de *chips* de zanahoria mediante metodología de superficie de respuesta a condiciones de 100-110 °C de temperatura, 10-20 kPa de presión y 15 min. Encontraron que la temperatura de fritura afectó significativamente el contenido de humedad de las muestras, es decir, a

mayor temperatura menor contenido de humedad. El contenido de grasa de estos *chips* aumentó conforme el incremento de temperatura y tiempo, además determinaron que disminuyendo la presión de vacío en la fritura se incrementa la tasa de evaporación del agua y la absorción de aceite. Otro estudio de optimización del proceso de fritura fue reportado por Shyu & Hwang (2011) en donde, mediante un diseño central compuesto, se determinaron como condiciones óptimas procesamiento a las temperaturas de 100-105 °C, tiempos de 16-20 min, y concentración de solución de fructosa como tratamiento previo de 30 - 40%.

Otras publicaciones en zanahoria compararon las ventajas de la fritura al vacío con respecto a la fritura convencional, como en Dueik, Robert & Bouchon (2010) que obtuvieron *chips* fritos al vacío con 50% menos grasa que aquellos procesados por fritura normal de 160°C.

En calabaza, Yasaie, Ghiassi & Bassiri (2012) obtuvieron *chips* mediante fritura a condiciones de 84.53 °C, 4 kPa y 18 min, condiciones óptimas resultado de la aplicación de un diseño central rotatorio, que obtuvo productos con una menor contracción de hojuela, bajo contenido de humedad, buen color y textura crujiente. El producto procesado perdió alrededor del 60% de humedad en la fritura, y al final ganó un 20% de grasa. Dichas condiciones de temperatura, presión y tiempo obtuvieron la aprobación del 57% de los panelistas en cuanto al color y del 40% con respecto al sabor.

Therdthai, Wuttijumnong, Jangchud & Kusucharid (2007) optimizaron el proceso de fritura al vacío para chalotes, un vegetal de sabor intermedio entre ajo y cebolla muy común en la cocina francesa. Basados en modelos y en la aplicación de un diseño central compuesto, las condiciones de fritura óptimas se establecieron a presión de vacío de 73.46 kPa, 108 °C de temperatura por 13 min. Demostraron que al aumentar el tiempo de fritura se reduce la humedad, y se incrementa el contenido de grasa del producto final mientras que al aumentar el nivel de vacío se podría acortar el tiempo de fritura. Las condiciones de fritura óptimas demostraron reducir el contenido

de grasa y mejorar el color del chalote frito al vacío, en comparación con el proceso de fritura convencional.

En tubérculos andinos se cuentan trabajos como el de Serrano (2013), donde se obtuvo *chips* de mashua mediante fritura al vacío a 5.24 kPa de presión, temperaturas de 110 y 120 °C, por tiempos de 8, 10, 12, 14, 15 min. Todas las muestras fueron sometidas previamente a cocción por 15 min y deshidratación osmótica a 60 °C por 15 min. La fritura a 110 °C por 14 min (humedad 2%, grasa 11% y acidez 0.5%) fue la que mejores resultados aportó, además de presentar también 60% menos grasa que su similar procesada mediante fritura tradicional.

Aparte se consideran también trabajos realizados en frutas, como en kiwi, realizado por Diamante, Presswood & Savage (2011) que aplicaron a una parte de sus muestras una deshidratación osmótica con congelación, y a otra parte solo congelación. Las temperaturas y tiempos de fritura fueron: 80 °C–50 min, 90 °C–35 min y 100 °C–25 min, la presión para todos los ensayos fue de 2.3 kPa. El estudio indicó que los *chips* fritos a 100 °C por 25 min son los que mostraron los valores más bajos de humedad, y además de ser los únicos que presentaron diferencias entre las muestras con pretratamientos y solo congeladas. En cuanto a grasa las muestras fritas a 80 °C por 50 min presentaron el menor valor y también diferencias significativas entre los dos tipos de muestras.

Gómez (2013) estudió el comportamiento de rodajas de kiwi en procesos de fritura atmosférica (165 °C) y vacío (120, 130 y 140 °C), determinando el efecto de la aplicación de deshidratación osmótica como pretratamiento. La humedad inicial de las muestras fue del 82% y la humedad final de los *chips* sin DO de 3% y con DO del 1%, luego de 600 segundos de fritura. En cuanto al contenido de grasa, el promedio para muestras tratadas fue de 2,3% mientras que las muestras que no fueron sometidas a DO obtuvieron 3,14%. Se observó además diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de muestras demostrando así que la DO disminuye la ganancia de aceite de las rodajas de kiwi fritas.

Por su parte Maadyrada, Tarzib, Bassiric & Bamenimoghadam (2011) se encargaron de optimizar el proceso de fritura al vacío de rodajas de kiwi usando metodología de superficie de respuesta, y hallaron que a las condiciones de 105 °C, 6.2 kPa y 8 min se consiguen productos con menor humedad y contracción de hojuela, así como buen color y textura crujiente. Estos productos resultaron ser superiores a los procesados mediante fritura atmosférica.

Nunes & Moreira (2009) trabajaron en mango, realizando previamente una inmersión de las rodajas en soluciones de maltodextrina de diferentes concentraciones (40, 50, 65 p/v), tiempos (45, 60, 70 min) y temperaturas (22, 40 °C). Los ensayos de fritura por su parte fueron realizados a 1.33 kPa de presión y temperaturas de 120, 130 y 138 °C. La deshidratación osmótica desarrollada con solución 65 p/v, por 60 min a 40 °C, fue la que obtuvo el mayor valor de DEI (*dehydration efficiency index*), o índice de eficiencia de la deshidratación, valor que se obtiene entre la pérdida de agua sobre la absorción de azúcar por parte del alimento. La fritura realizada a 120 °C por 2 min, consiguió la menor cantidad de grasa en el producto final (22%) y tanto las temperaturas de fritura como los tiempos de DO tuvieron efectos significativos sobre la cantidad final de grasa en los *chips* de mango, así el menor contenido de grasa se obtiene con 70 min de DO y 120°C de fritura, concluyendo que al aumentar los tiempos de DO se provoca un menor espacio para el alojamiento del aceite. Además se pudo observar que el sistema de centrifugado eliminó más del 45% de contenido de grasa final del producto final.

Otro estudio en mango reveló una reducción del contenido de grasa, del contenido de humedad y la fuerza de corte en un 52,8%, 48,8% y 38,6% respectivamente, para *chips* de mango obtenidos a presión atmosférica (175 °C, 30s) y al vacío (110 °C, 90s). En el análisis sensorial entre producto procesado al vacío y a presión atmosférica, se indicaron diferencias significativas para color y sabor; y semejanzas para textura (Villamizar, Quiceno & Giraldo, 2011).

En pomelo (toronja) se estudió la aplicación de diferentes técnicas de deshidratación previa (microondas, aire caliente y DO) a la fritura al vacío (110, 120, 130 °C por 30, 60, 90s), encontrando que la reducción del contenido de humedad entre la fruta en estado fresco y el producto final es de 92.86%. Comparando cada uno de los tiempos establecidos para la fritura, se afirma que a 30 segundos y 130 °C es donde se absorbe la mayor cantidad de grasa, sin embargo no se observa diferencias significativas entre las diferentes temperaturas para cada uno de los tiempos. Se concluye que el mayor incremento del contenido de grasa (30s) coincide con el tiempo en que existe una mayor velocidad de pérdida de agua en las rodajas de toronja (Sevilla, 2013).

En tomate de árbol se optimizó el proceso de deshidratación osmótica como pretratamiento y también el de fritura al vacío. Los valores encontrados fueron 64%, 50 °C y 52 min para concentración, temperatura y tiempo de residencia en la solución osmótica. Mientras que para la fritura al vacío fueron 110 °C de temperatura, 1.87 kPa de presión y 9 min de fritura (Montero, 2008).

Perez, Perez, Salgado, Reynes & Vaillant (2008) estudiaron el efecto de la fritura al vacío sobre los principales parámetros nutricionales y fisicoquímicos de *chips* de piña. Mediante un diseño central compuesto, se determinó como condiciones óptimas de procesamiento un tiempo de 6.9 min, 112 °C de temperatura y presión de 24 kPa. El contenido de humedad final de los *chips* de piña fue 4%, mientras que el contenido de grasa fue 20% (bs.). Los efectos significativos de la interacción tiempo y temperatura sobre la reducción de grasa resultaron ser muy evidentes.

3. METODOLOGÍA

3.1. MATERIA PRIMA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para la realización del trabajo experimental se utilizaron ocas (*Oxalis tuberosa*), de la variedad *chaucha* (Barrera et al., 2004), las cuales fueron adquiridas en el mercado de la ciudad de Saquisilí, provincia de Cotopaxi.

Las ocas fueron seleccionadas, lavadas con agua potable, y desinfectadas con una solución de cloro (5ppm). Se cortaron en rodajas de un espesor de 2.0 ± 0.5 mm, con una rebanadora eléctrica, marca Aurora FS04.

3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO FINAL

En la caracterización química de la materia prima y de los *chips* de oca se determinaron los siguientes análisis, cada uno por duplicado.

3.1.1.1. Determinación de Ceniza

Se realizó según método N°923.03 (AOAC, 2005).

3.1.1.2. Determinación de Proteína

El contenido de proteína se determinó según método N°928.08 (AOAC, 2005).

3.1.1.3. Determinación del Contenido de Humedad

El contenido de humedad se determinó utilizando el método N°950.46B (a) (AOAC, 2005).

3.1.1.4. Determinación del Contenido de Grasa

El contenido de grasa se efectuó según el método N°920.39C (AOAC, 2005).

3.1.1.5. Determinación de la Acidez Titulable

La acidez titulable en mg de ácido oxálico por 100 g de muestra seca se determinó utilizando el método descrito en Álvarez (2010).

3.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE CHIPS DE OCA MEDIANTE FRITURA AL VACÍO

Para la obtención de *chips* de oca se siguió el proceso indicado en la Figura 2, las fotografías del proceso constan en el Anexo 1 y los pasos se describen a continuación:

Las rodajas se sometieron a escaldado con agua potable, a una temperatura de 90 °C, por un tiempo de 5 min.

En dos portamuestras con tapa de plástico, fueron colocadas las rodajas de oca en cantidades de 200 g por cada uno. El proceso de deshidratación osmótica se realizó a una temperatura de 65 °C por 1 h, en una solución a 50 °Brix de azúcar invertido, utilizando el sistema de deshidratación osmótica

descrito en la Figura 3. La solución se mantuvo en constante movimiento con un agitador eléctrico, marca IKA, modelo RW 20 digital, a 60 rpm.

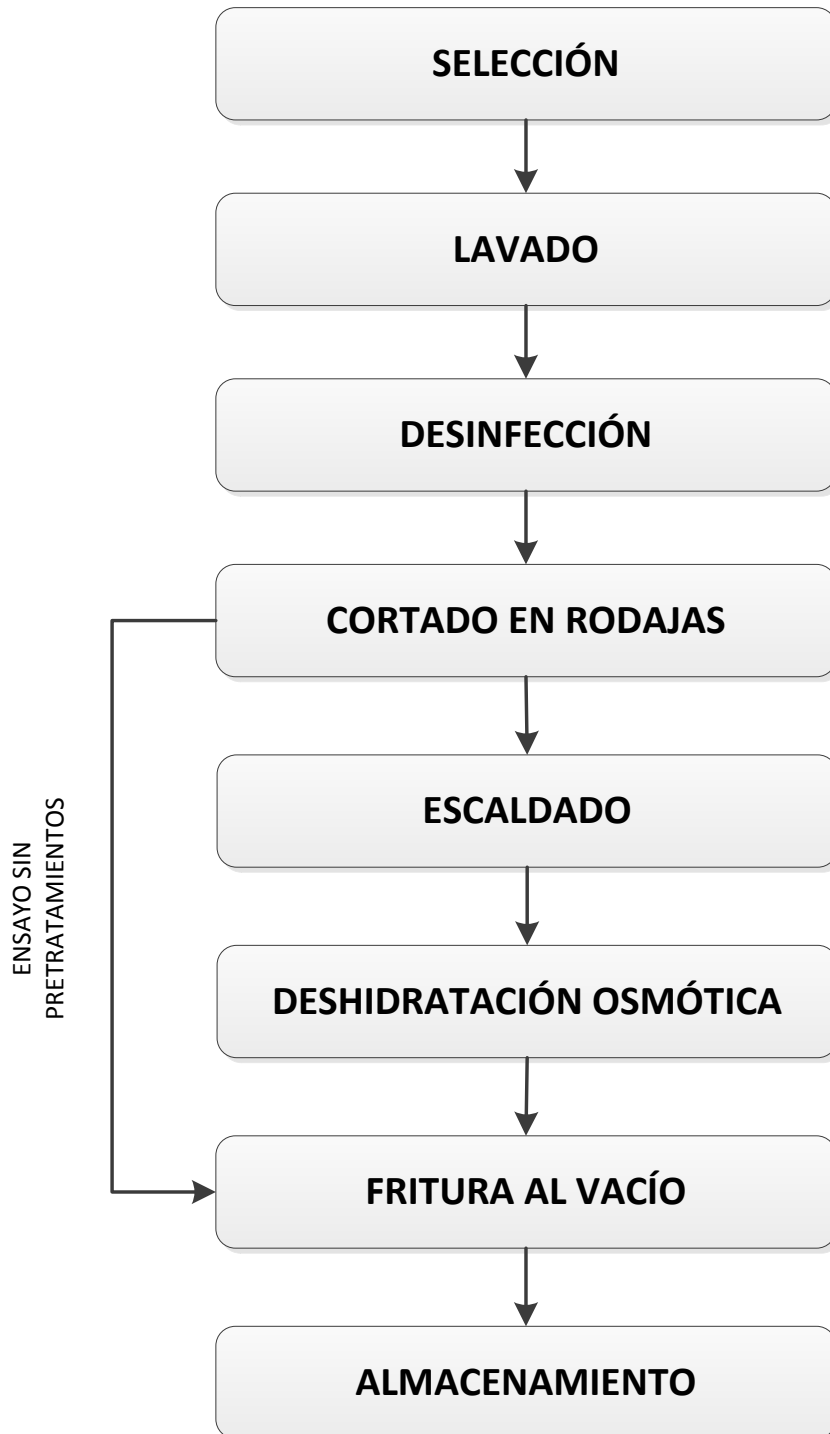


Figura 2. Esquema para la obtención de *chips* de oca

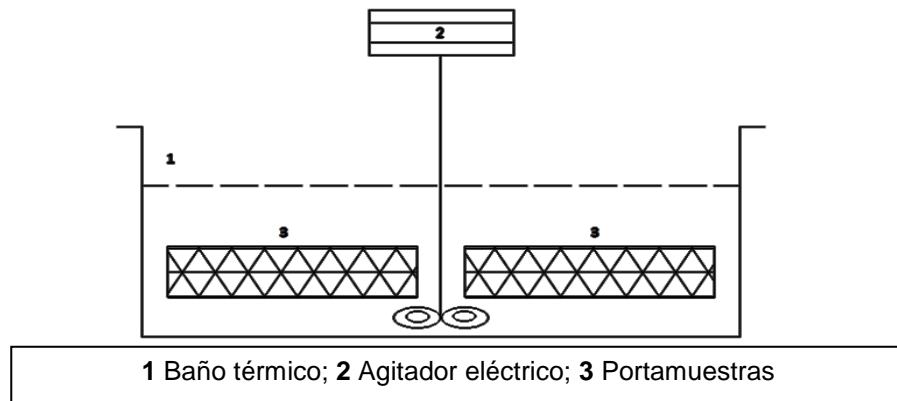


Figura 3. Esquema del sistema de deshidratación osmótica

El proceso de fritura al vacío se llevó a cabo en el sistema de fritura, fabricado por la empresa SEMATECH, y que consta de las partes descritas en la Figura 4.

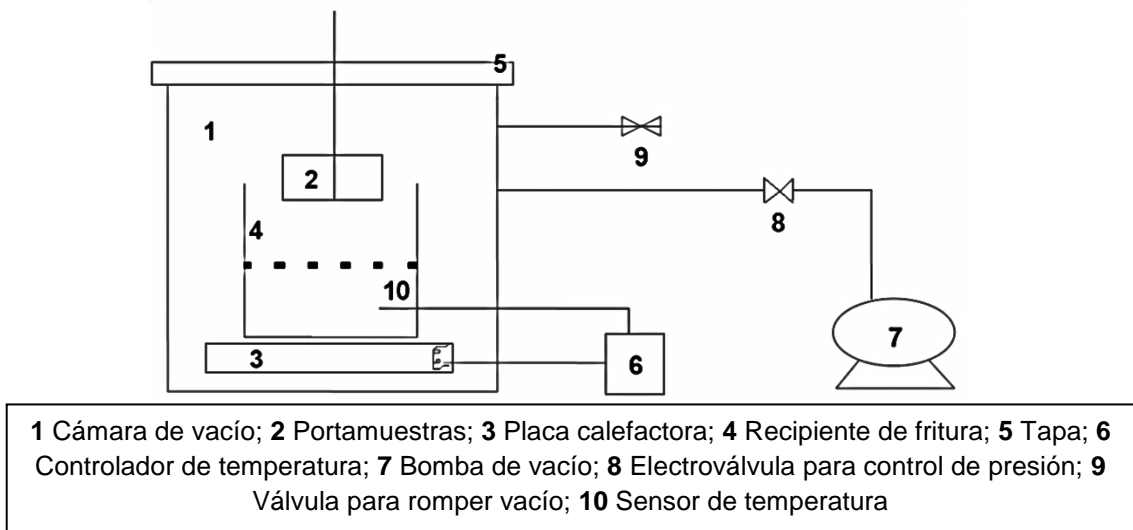


Figura 4. Esquema del sistema de fritura al vacío

Una muestra de 200 g de rodajas de oca se colocó dentro del portamuestras y se frió en 14 L de aceite de origen vegetal (Danolin FRI-3317). Se frieron tanto las rodajas de oca a las que se les aplicó pretratamientos como aquellas que no tuvieron tratamientos previos. La temperatura de fritura fue

de 110 °C y a las presiones y tiempos que se indica en la Tabla 5. El producto terminado fue enfriado a temperatura ambiente y colocado en recipientes de vidrio, para su posterior análisis.

3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

3.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS DE LA FRITURA AL VACÍO

Se aplicó para las variables del proceso de fritura al vacío, un diseño factorial A x B x C, completamente al azar, los factores y sus niveles se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Factores y niveles de las variables del proceso de fritura al vacío

Factores	Niveles	
Presión (kPa)	4.4	11.3
Tiempo (min)	10	15
Pretratamientos	SI	NO

Los datos obtenidos sobre humedad, contenido de grasa y acidez titulable de los *chips* de oca, fueron analizados mediante ANOVA multifactorial y la prueba de Tukey al 10% para establecer diferencias significativas entre tratamientos. Para lo cual se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.2.05.

Se determinó el tratamiento que permitió obtener *chips* de oca que cumplieron todos los siguientes criterios:

Contenidos de humedad y de grasa igual o inferiores a lo requerido por la normativa legal vigente de bocaditos de productos vegetales en el Ecuador,

detallada en la Tabla 6; y a las recomendaciones nutricionales de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición, que limita el aporte de oxalato en alimentos de origen vegetal a un máximo de 50 mg por día (Calleja & Cano, 2012).

Tabla 6. Requisitos bromatológicos descritos por la NTE 2561

Requisito	Máximo
Humedad, %	5
Grasa, %	40

(INEN, 2010)

3.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE FRITURA

Para evaluar el efecto del proceso de fritura al vacío en las características de la oca, se comparó los valores de humedad, grasa, ceniza, proteína y acidez titulable, tanto de la oca fresca así como del producto final. Para lo cual se utilizó una comparación de medias con un nivel de probabilidad del 10%, mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.2.05.

3.4. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La evaluación sensorial se realizó mediante una encuesta que califica sobre un puntaje de 10 puntos la aceptabilidad del producto, siendo 0 “me disgusta mucho” y 10 “me gusta mucho”. Su formato consta en el Anexo 2. El grupo de consumidores, estuvo conformado por 100 personas y cada una recibió aleatoriamente dos muestras, con y sin pretratamientos, escogidas bajo el criterio del menor contenido de grasa. Éstas muestras pesaron aproximadamente 2.5 g cada una, y se las sirvió en un plato plástico

codificado con una combinación de números aleatorios de tres dígitos (Sancho, Bota & De Castro, 1999). Este análisis se efectuó en las instalaciones de la planta piloto de alimentos UTE y los datos obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA simple y la prueba de Tukey al 10% para lo cual se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.2.05.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los resultados de la caracterización química realizada en la oca fresca se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Caracterización química de la oca fresca.

Análisis	Unidad	Oca fresca
Humedad	%*	73.66 ± 1.36
Cenizas	%**	3.92 ± 0.01
Grasa	%**	2.56 ± 1.43
Proteína	%**	4.81 ± 0.01
Acidez Titulable (ác. oxálico)	mg/100 g**	55.81 ± 6.91

*Base húmeda

** Base seca

$\bar{X} \pm DS$ (n=2)

La oca variedad chaucha presenta un contenido de humedad de 73.66%, valor que se encuentra en el intervalo de 73 a 89%, propio de tubérculos andinos como papa, melloco y mashua (García & Cadima, 2003). Otros autores reportaron valores para humedad en oca de 86.79% (León et al., 2011); 84.1% (Tapia & Fries, 2007) y 77.73% (Brito & Espín, 1999).

El contenido de proteína en oca fue de 4.81%, otros autores indicaron 5.82% León et al. (2011) y 6.28% Tapia & Fries (2007). Según Tapia (2000), tubérculos andinos como la oca no representan fuente importante de proteínas, no solamente debido a su cantidad sino también a su calidad, ya que en este tubérculo todos los aminoácidos son limitantes, especialmente valina y triptófano.

El contenido de grasa de la oca fue de 2.56%, valor que corrobora lo descrito por Barrera et al. (2004), que indica bajas cantidades de materia grasa en tubérculos andinos. Otros estudios realizados en oca indicaron valores de 3.56% y 3.77% (León et al., 2011; Tapia & Fries, 2007).

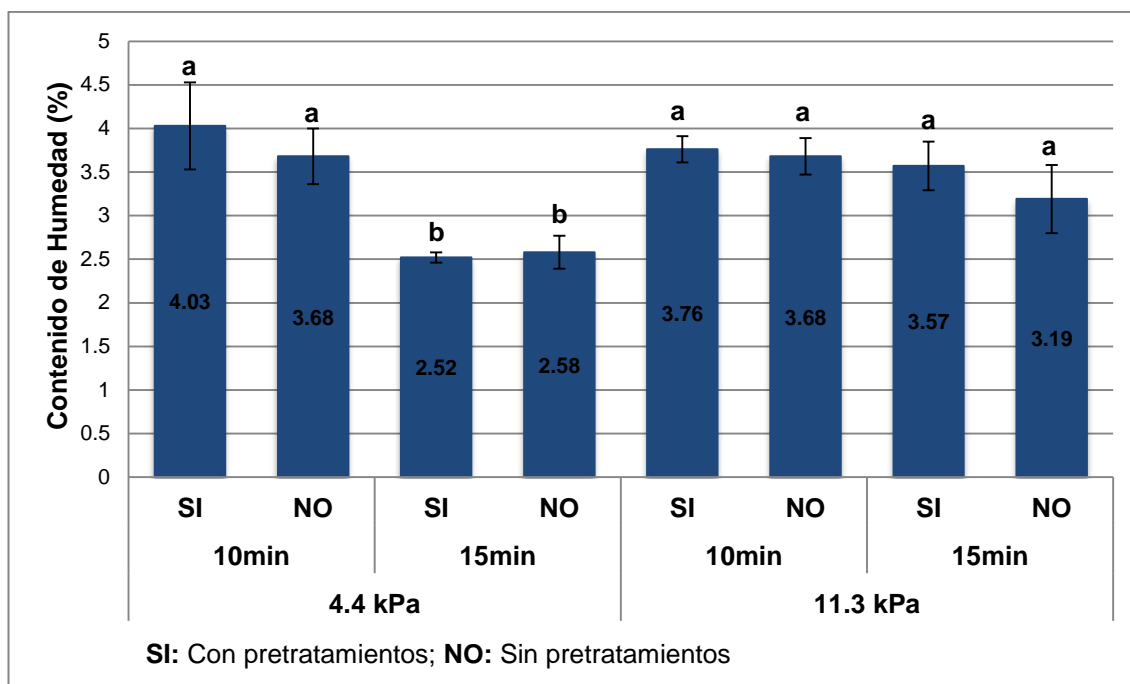
En cuanto al contenido de cenizas totales, la oca presenta 3.92% sobre base seca, valor que se aproxima a 3.9% reportado por Cajamarca (2010); otros estudios indicaron valores de 5.9% en León et al. (2011) y 6.28% en Ministerio de Salud del Perú et al. (2009). Según el estudio de Barrera et al. (2004) el valor de cenizas totales en oca fresca (3.39%) resulta ser el más bajo en comparación con otras siete especies de raíces y tubérculos andinos.

En el ecotipo de oca analizado se determinó una concentración de ácido oxálico de 55.81 mg/100 g muestra seca ó 14.7 mg/100 g muestra fresca, inferior al intervalo de 80 a 539 mg/100 g mf reportado en Barrera et al. (2004); Hermann & Erazo (2001) y Sangketkit et al. (2001). La diferencia entre el análisis efectuado a la oca y la bibliografía consultada supone una influencia de la variabilidad genética y otros factores como las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo (Barrera et al., 2004).

4.2. DETERMINACIÓN DE VALORES EN LOS PARÁMETROS DE LA FRITURA AL VACÍO

4.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Los resultados del contenido final de humedad en los *chips* de oca y las diferencias estadísticamente significativas obtenidas entre los diferentes tratamientos se muestran en la Figura 5.



Para la misma presión de fritura letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Figura 5. Contenido de humedad (%) de oca procesada sometida a diferentes condiciones de fritura

El análisis de varianza mostró que la presión tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido final de humedad de los *chips* de oca, es así que a menor presión de trabajo se reduce el punto de ebullición del agua, como consecuencia el agua se evapora más rápido durante el proceso (Garayo & Moreira, 2002). Para un tiempo de fritura de 15 min las muestras procesadas a 4.4 kPa presentaron una media de 2.55% de humedad, mientras que las muestras procesadas a 11.3 kPa mostraron un contenido promedio de humedad de 3.38%.

En la figura también se aprecia que el contenido de humedad de los *chips* de oca presenta una tendencia decreciente en relación al aumento del tiempo de fritura, ya que a presión de 4.4 kPa la disminución entre las muestras procesadas a 10 y 15 min es de 1.3%, mientras que a presión de 11.3 kPa esta disminución es de 0.34%.

El efecto de la interacción presión-tiempo también influye de manera directa sobre el contenido de humedad de los *chips* de oca, es así que, a menor

presión y mayor tiempo de fritura el contenido de humedad disminuye teniendo los menores contenidos en humedad a 4.4 kPa de presión y tiempo de 15 min.

Cabe resaltar que a presión de 4.4 kPa y 15 min de fritura, da lo mismo aplicar o no pretratamientos a la materia prima, ya que no se hallan diferencias estadísticamente significativas, y en consecuencia se escogerá aquel tratamiento que tenga el menor costo para la empresa que por supuesto es aquel que no implica realizar tratamientos previos.

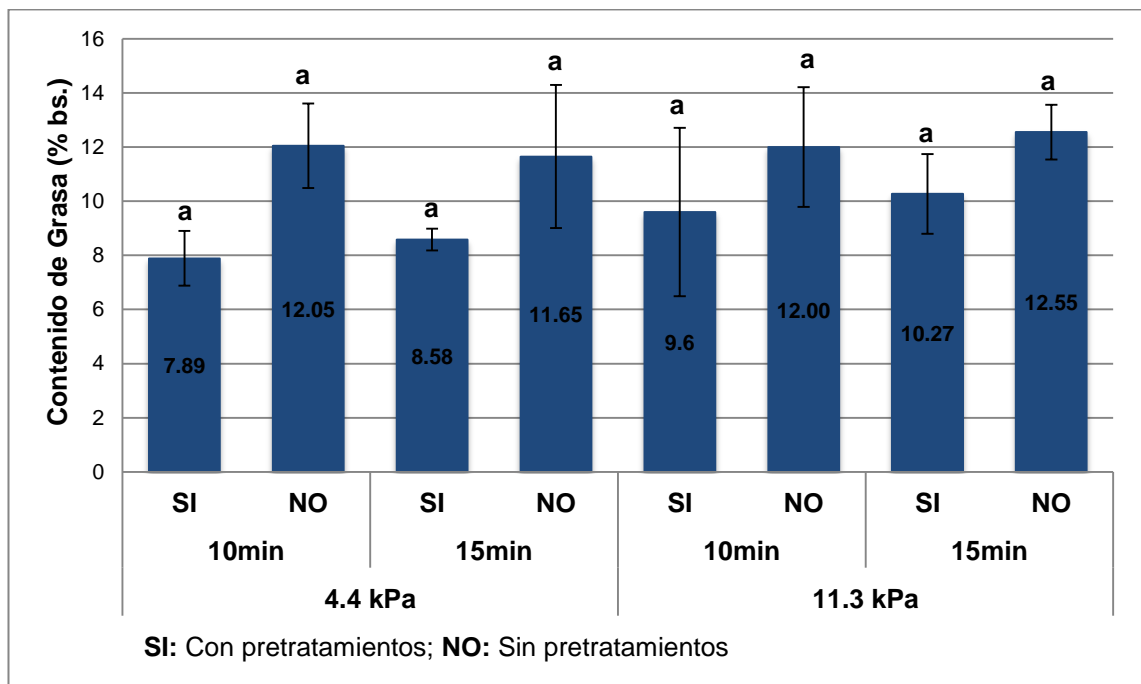
Los *chips* de oca procesados a 4.4 kPa por 15 min con la aplicación de pretratamientos presentaron el menor contenido de humedad entre todas las muestras y, al igual que todas las condiciones estudiadas, cumplen con los requisitos que establece la Norma Técnica (INEN, 2010), descrita en la Tabla 6 (máximo 5% de humedad en bocaditos de productos vegetales).

El valor de humedad de estos *chips* (2.52%) se acerca al obtenido por Encina (2008), que realizó caracterización química de *chips* de papa con una humedad final de 2.80%. En general los *chips* de oca presentaron valores inferiores a lo reportado en algunos estudios de fritura al vacío con diferentes materias primas; así, en *chips* de kiwi, Diamante et al. (2011) obtuvieron valores de humedad finales de 2.85%; Sevilla (2013) reportó 4.76% de humedad en *chips* de toronja, mientras en zanahoria existen reportes de Fan et al. (2006) que obtuvieron productos con una humedad final de 4.12% y Fan et al. (2005) de 3%.

La disminución en los contenidos de humedad de la oca en estado fresco con respecto a los *chips* de oca fue de 96.58%; y de las rodajas sometidas a pretratamientos en relación también a los *chips* de oca fue de 95.81%. La reducción en el contenido de agua del alimento corrobora a la fritura como un proceso de deshidratación manifestado en Farkas et al. (1996), que explica el fenómeno de evaporización del agua cuando ésta alcanza su punto de ebullición inmediatamente después del contacto entre el alimento y el aceite caliente.

4.2.2. CONTENIDO DE GRASA

Los resultados de contenido de grasa de los *chips* de oca se exponen en la Figura 6, los mismos que están dentro de los límites establecidos por la NTE 2561 (INEN, 2010) Bocaditos de Productos Vegetales, que indica un valor máximo de contenido de grasa del 40%.



Para la misma presión de fritura letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Figura 6. Contenido de grasa (%) de oca procesada sometida a diferentes condiciones de fritura

En esta figura se aprecia que el contenido de grasa de los *chips* de oca con la aplicación de pretratamientos presenta una tendencia creciente conforme aumenta el tiempo de fritura, similar a estudios donde se presenta el mismo comportamiento (Fan et al., 2005; Song et al., 2007; Therdthai et al., 2007). Además se observa que a presiones de trabajo más bajas se reduce también el contenido de grasa, que corrobora lo manifestado en Dueik et al. (2011); Garayo & Moreira (2002) y Shyu & Hwang (2011) sobre diferencias entre fritura tradicional y fritura al vacío.

El análisis de varianza por su parte mostró que la aplicación de pretratamientos influye significativamente ($p < 0.1$) en la reducción del contenido final de grasa en los *chips* de oca. Este resultado guarda relación con lo demostrado por Fan et al. (2006), los cuales reportaron altas correlaciones positivas entre el contenido final de grasa de *chips* de zanahoria y la cantidad de humedad de las rodajas antes de la fritura. Al aplicar deshidratación osmótica sobre las rodajas de oca previamente escaldadas, se produce un taponamiento de los poros del alimento con el soluto (azúcar invertido), dando lugar a un menor espacio para el alojamiento del aceite (Nunes & Moreira, 2009; Shyu et al., 2005). La aplicación de pretratamientos disminuye la cantidad de grasa final del producto, ya que las muestras con pretratamientos obtuvieron un promedio de 9.09% de contenido graso y las muestras que no recibieron tratamientos previos de 12.06%.

Las condiciones de fritura elegidas en el presente trabajo, son similares a las descritas en trabajos como: optimización del pre-secado al vacío con microondas y condiciones de fritura al vacío para producir *chips* de papas a 110 °C, 11.33 kPa por 20 min (Song et al., 2007); optimización de fritura al vacío para deshidratar *chips* de zanahoria a 110 °C, 10 kPa por 15 min (Fan et al., 2005); optimización del proceso de fritura al vacío de *chips* de zanahoria a 100-105 °C, 2.64 kPa de 16 a 20 min (Shyu & Hwang, 2011); optimización del proceso para elaborar *chips* de tomate de árbol con fritura al vacío a 110 °C, 1.87 kPa por 9 min (Montero, 2008); optimización de la fritura al vacío de chalote a 108 °C, 27.87 kPa por 13 min (Therdthai et al., 2007); efecto de la fritura al vacío sobre parámetros de calidad de *chips* de piña a 112 °C, 24 kPa por 6.9 min (Perez et al., 2008); y optimización del proceso de fritura al vacío de rebanadas de kiwi usando metodología de superficie de respuesta a 105 °C, 6.2 kPa por 8 min (Maadyrada et al., 2011).

Los valores finales en cuanto a grasa son comparables con lo obtenido por Serrano (2013), que obtuvo *chips* de mashua mediante fritura al vacío con

un contenido de grasa final de 11%, muy similar a los *chips* de oca que tuvieron un 10% de grasa en promedio. Encina (2008) obtuvo *chips* de papa a 150 °C, 4 min y 6.4 kPa de presión con un contenido de grasa de 34%, es decir 70% más graso que los *chips* de oca. Garayo & Moreira (2002) obtuvieron *chips* de papa con 37% de grasa para una temperatura de 144 °C, presión de 3.115 kPa y tiempo de 6 min, que en comparación con las ocas fritas, presentaron 73% más contenido de grasa.

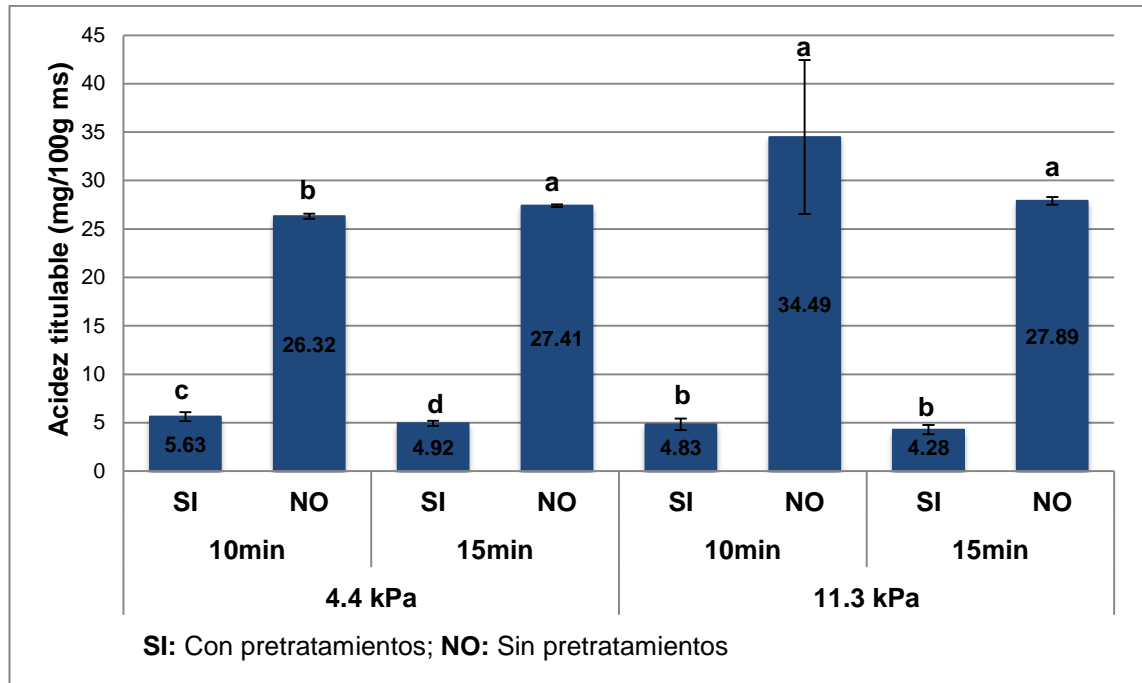
Existen otros estudios realizados en fritura al vacío con diferentes materias primas, entre ellos se cuentan: *chips* de calabaza con contenido de grasa de 20.6% obtenidos a 84.53 °C, 4 kPa y 18 min (Yasaie et al., 2012); *chips* de kiwi de 33.8% de grasa a 80 °C, 2.3 kPa y 50 min de fritura (Diamante et al., 2011); *chips* de mango de 22.4% de grasa a 120 °C, 1.33 kPa y 2 min de fritura (Nunes & Moreira, 2009). En zanahoria se exponen resultados de 15.50% de grasa a 90–100 °C, 2.66 kPa y 20–25 min de fritura (Shyu et al., 2005) y 35% de grasa a 100–110 °C, 10–20 kPa y 15 min de fritura (Fan et al., 2005).

4.2.3. ACIDEZ TITULABLE (ÁCIDO OXÁLICO)

En la Figura 7 se muestran los resultados del efecto de la fritura al vacío en la cantidad de acidez titulable de los *chips* de oca.

El análisis de varianza demostró el efecto significativo que tiene la aplicación de pretratamientos ($p < 0.1$) en la reducción de acidez titulable de los *chips* de oca. La hidrosolubilidad del ácido oxálico durante el escaldado y el flujo de micronutrientes solubles desde el alimento hacia la solución durante la deshidratación osmótica, provoca que ambos pretratamientos influyan significativamente sobre la cantidad de ácido oxálico de *chips* de oca (Peiró et al., 2006; Sangketkit et al., 2001). En promedio todas las muestras que fueron sometidas a pretratamientos mostraron un valor de 4.92 mg de ácido

oxálico, mientras que aquellas que no tuvieron tratamientos previos presentaron un contenido promedio de acidez de 29.03 mg.



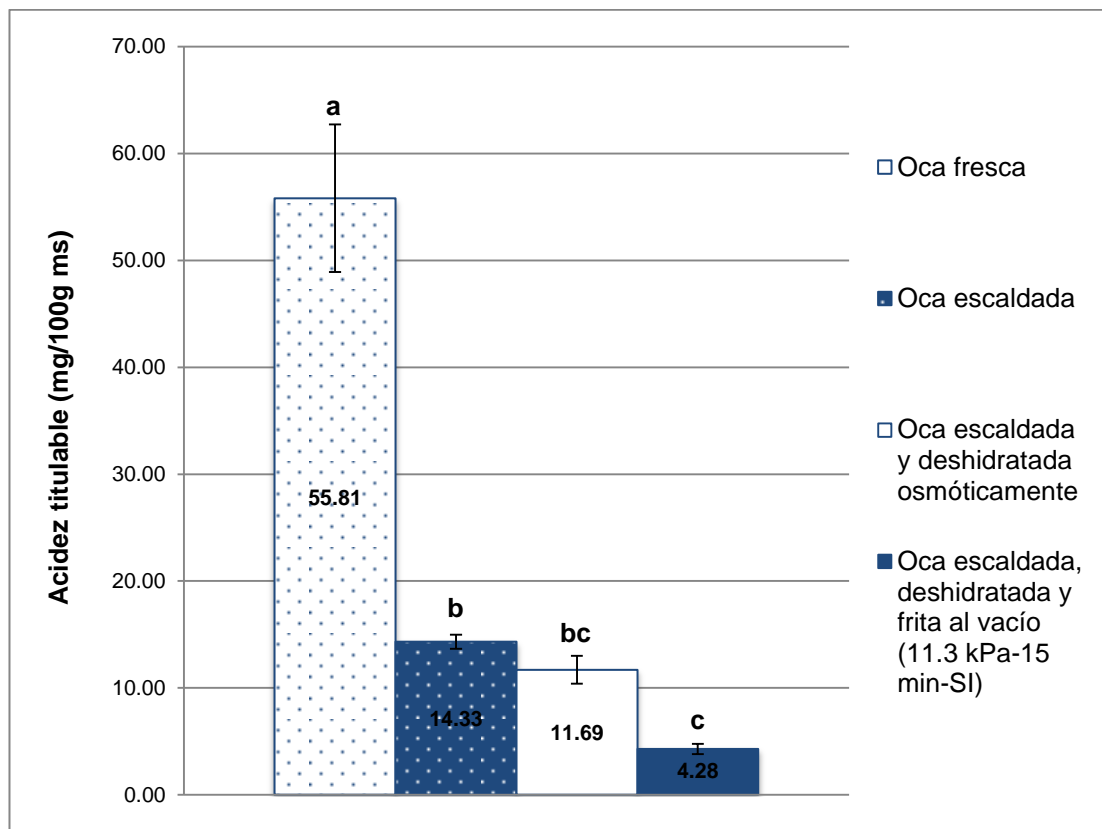
Para la misma presión de fritura letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Figura 7. Acidez titulable de oca sometida a diferentes condiciones de fritura

Los *chips* de oca procesados a 11.3 kPa por 15 min con la aplicación de pretratamientos, presentaron el contenido más bajo (4.28 mg de ácido oxálico) que al igual que todas las condiciones experimentadas cumple con las recomendaciones de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición – máximo 50 mg de oxalatos por día (Calleja & Cano, 2012).

Los valores finales de acidez titulable son comparables con los resultados reportados por Álvarez (2010), que aplicó fritura tradicional para la obtención de *chips* de oca (14.03 mg de ácido oxálico/100 g ms) con las mismas condiciones de pretratamientos (escaldado y deshidratación osmótica). El valor de acidez para los *chips* de oca mediante fritura al vacío muestra ser 69% menor al obtenido mediante fritura convencional.

En la Figura 8 se muestra la disminución en la cantidad de ácido oxálico a través de las diferentes etapas del proceso, dicha reducción es más evidente durante el paso de oca fresca a oca escaldada, ya que se disminuye el 74.32% de acidez, lo que comprueba la hidrosolubilidad del ácido oxálico y por ende su eliminación mediante tratamientos térmicos como el escaldado (Tapia & Fries, 2007).



Para acidez titulable letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Figura 8. Acidez titulable de oca en diferentes etapas del proceso

Posterior al procesamiento con deshidratación osmótica la cantidad de ácido oxálico se reduce en 18.42% con respecto a las rodajas que fueron solamente escaldadas, demostrando así también el aporte de este pretratamiento hacia el mejoramiento de la calidad del producto final y comprobando así, flujos de ácidos orgánicos y otros minerales desde el

alimento hacia la solución osmótica, demostrado en Peiró et al. (2006) durante la deshidratación osmótica de rodajas de toronja.

En el producto final se obtiene una reducción de 63.39% de acidez con respecto a las muestras pretratadas (escaldado y DO) y 92.33% con respecto al tubérculo en estado fresco.

4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE FRITURA

Para evaluar el efecto del proceso de fritura en la composición química de oca se analizaron los valores de cinco parámetros de la oca fresca y los *chips* de oca mediante comparación de medias ($\alpha=10\%$). Las condiciones de fritura de los *chips* de oca fueron seleccionadas en base al menor contenido de grasa presentado en el producto final, ya que se considera como objetivo fundamental de la fritura al vacío, el obtener productos bajos en grasa (Dueik & Bouchon, 2011b). Los resultados de la caracterización química de la oca fresca y del tratamiento seleccionado, 4.4 kPa de presión, 10 min de fritura, con la aplicación de pretratamientos, se presentan en la Tabla 8.

La reducción en el contenido de humedad del tubérculo en fresco con respecto a los *chips* de oca es del 94.53%, y mediante el análisis de comparación de medias se halla diferencias significativas entre el valor de humedad de la oca fresca y el valor de humedad de los *chips* de oca. La influencia de procesos como deshidratación osmótica, donde se produce un intercambio de sustancias desde la solución concentrada hacia el producto y viceversa; y fritura al vacío en la cual se produce una sustitución del agua por el aceite que ingresa a los poros del alimento afecta significativamente el contenido de humedad del producto final, que confirma lo manifestado en Fellows (2000).

Tabla 8. Caracterización química de la oca fresca y los *chips* de oca (4.4 kPa-10 min-SI)

	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Acidez Titulable
	%*	%**	%**	%**	mg/100 g ms**
Oca fresca	73.66 ± 1.36 ^a	3.92 ± 0.01 ^a	2.56 ± 1.43 ^a	4.81 ± 0.01 ^a	55.81 ± 6.91 ^a
Chips de oca	4.03 ± 0.5 ^b	0.49 ± 0.01 ^b	7.89 ± 1.01 ^b	1.09 ± 0.01 ^b	5.63 ± 0.47 ^b

*Base húmeda

** Base seca

$\bar{X} \pm DS$ (n=2)

Letras diferentes en una misma columna indica diferencia significativa ($\alpha=10\%$)

Los *chips* de oca presentaron contenidos de humedad similares a productos obtenidos mediante fritura al vacío como 4.76% reportado en *chips* de toronja (Sevilla, 2013); 4.12% y 3% en *chips* de zanahoria (Fan et al., 2006; Fan et al., 2005).

El contenido de cenizas es un indicador de la materia inorgánica presente en el alimento, por lo que una disminución de este componente se traduce en una pérdida de macro y micro elementos importantes. Mediante el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas entre los valores correspondientes a la oca fresca y los *chips* de oca, desde un valor de 3.92% hasta 0.49%, lo que supone a la deshidratación osmótica como el proceso donde se producen las mayores pérdidas de minerales y vitaminas, debido a la migración de estos componentes a la solución de mayor concentración de solutos (Peiró et al., 2006).

Debido al efecto de la fritura, el contenido de grasa de los *chips* se elevó a 7.89%, valor estadísticamente diferente del correspondiente a la oca fresca (2.56%). El contenido de grasa de los *chips* de oca es comparable con lo obtenido en mashua 11% (Serrano, 2013); mango 9.5% (Villamizar et al., 2011) y zanahoria 10% (Shyu & Hwang, 2011).

La proteína sufrió una disminución por efecto de los pretratamientos aplicados, desde un valor de 4.81 a 1.04%, debido en gran parte a la

hidrosolubilidad de algunas proteínas y su desnaturalización por efecto del pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) (Casp & Abril, 2003).

En cuanto a la acidez titulable, la Figura 9 muestra los valores correspondientes a la oca fresca y los *chips* de oca, los cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas. La oca fresca tiene 55.81 mg de ácido oxálico mientras que los *chips* de oca presentaron 5.63 mg, consecuencia de la solubilidad del ácido oxálico, durante los procesos de lavado, escaldado y deshidratación osmótica (Bradbury & Emshwiller, 2011).

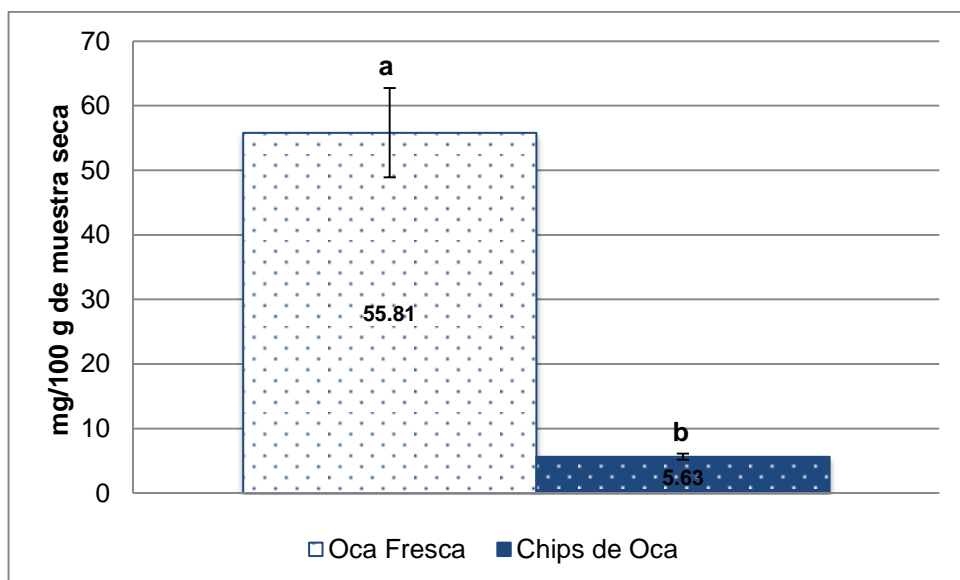


Figura 9. Contenido de acidez titulable de la oca fresca y de los *chips* de oca (4.4 kPa-10 min-SI)

4.4. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La evaluación de aceptabilidad se realizó de acuerdo a la metodología especificada en el apartado 3.4 y las muestras sometidas a análisis fueron aquellas que mostraron los menores contenidos de grasa tanto con la aplicación como sin la aplicación de pretratamientos.

Los resultados para los *chips* de oca procesados a 4.4 kPa por 10 min con aplicación de pretratamientos y 4.4 kPa por 15 min sin aplicación de pretratamientos se presentan en la Figura 10.

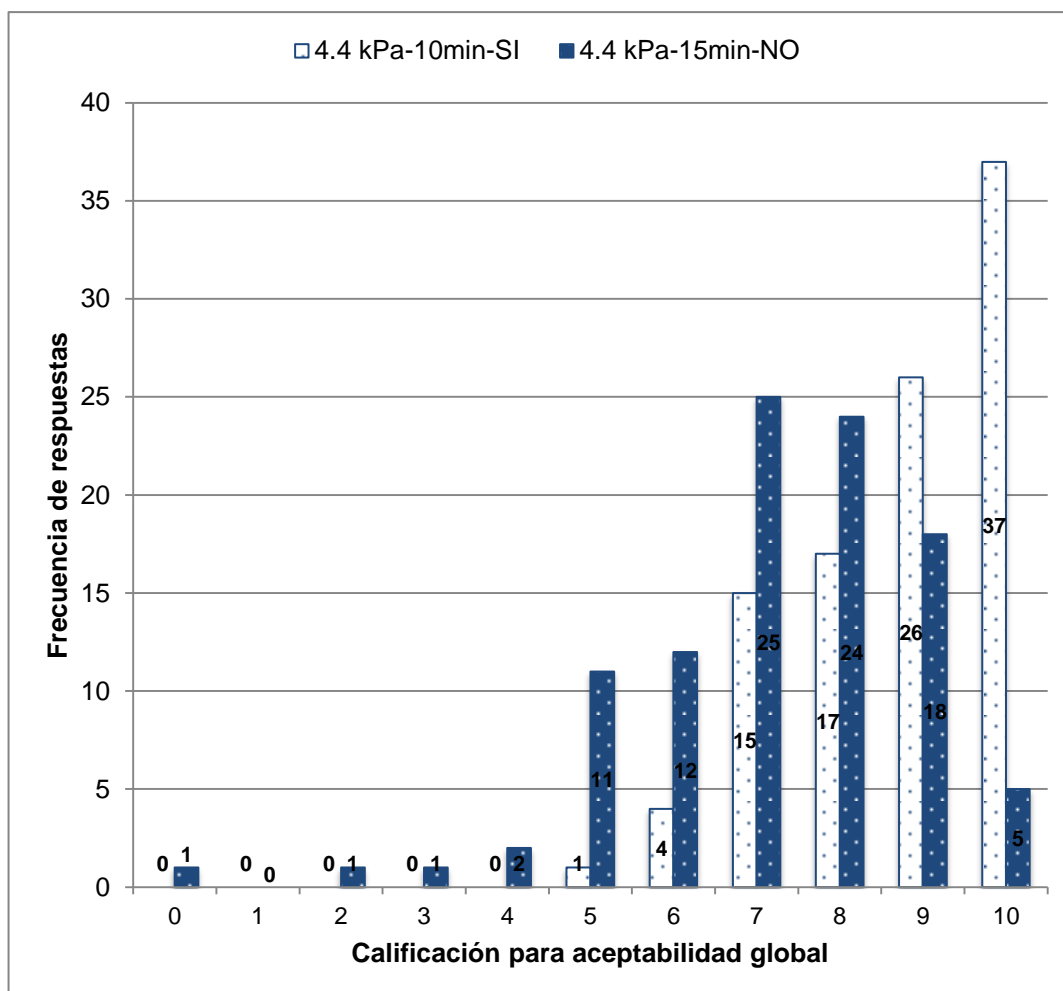


Figura 10. Calificación para aceptabilidad global de *chips* de oca

Para los *chips* de oca procesados a 4.4 kPa por 10 min con pretratamientos, el 63% de las personas encuestadas le otorgaron una puntuación de 9 y 10, y el 32% una puntuación de 7 y 8, lo que significa que el producto es aceptable para el 95% de la personas encuestadas. Cabe resaltar que ninguno de los encuestados le otorga calificaciones del orden de 0, 1, 2, 3 o 4, es decir que no existieron personas que le disguste el producto.

El 23% de los encuestados calificaron a los *chips* de oca procesados a 4.4 kPa por 15 min sin pretratamientos con puntuación de 9 y 10, el 61% de la población califica con 6, 7 y 8, mientras que 11% con puntuación de 5, que quiere decir que ni le gusta ni le disgusta el producto. En la degustación de esta muestra existieron personas que calificaron al producto con puntajes menores a 5, que constituyeron el 5% del total de encuestados.

En la Figura 11 se muestran las calificaciones de los encuestados por segmentos de edad, las personas entre 18 y 22 años representaron el 67% de los encuestados, las personas entre 23 y 26 años el 23%, las personas entre 27 y 30 años el 5% y otro porcentaje similar fueron mayores de 31 años. Además en todos los segmentos de edad se cumple la preferencia por la muestra procesada a 4.4 kPa por 10 min con pretratamientos.

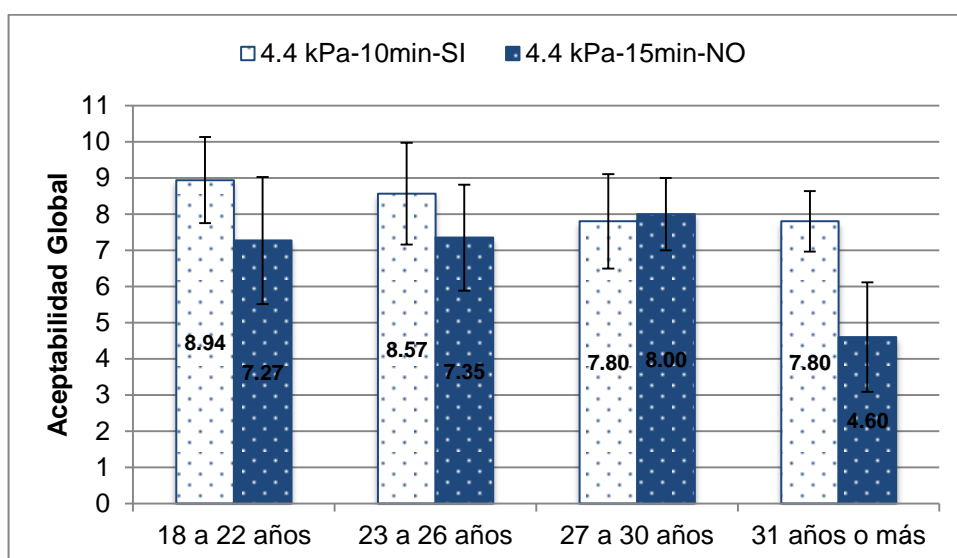


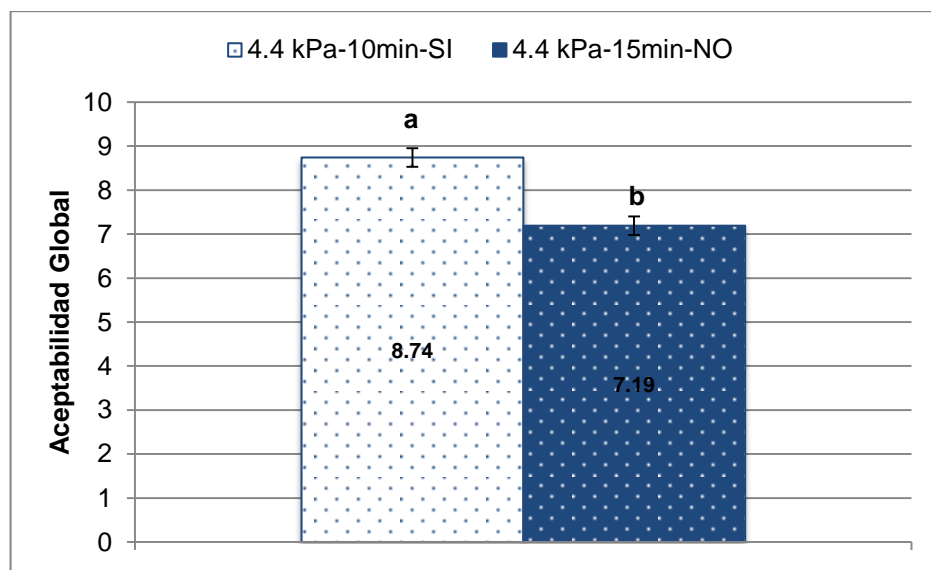
Figura 11. Puntuación de *chips* de oca por segmentos de edad

En cuanto a si las personas encuestadas comprarían el producto, el 96% de ellas respondieron que SI, demostrándose una buena aceptación. Los consumidores presentaron ciertos comentarios y sugerencias, la mayor parte dirigidos hacia la muestra sin pretratamientos, siendo 18 personas las que

opinaron que dichos *chips* deberían tener una menor fuerza de ruptura, y otras 13 personas comentaron que vendrían mejor con un poco de sal.

Las sugerencias para la muestra con pretratamientos fueron pocas, 8 personas comentaron que los *chips* presentaron un sabor muy dulce y 4 personas que se debería tratar de dar una mejor apariencia en cuanto a color.

El análisis de varianza efectuado demostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.1$) entre las muestras procesadas a 4.4 kPa por 10 min con pretratamientos y aquellas fritas a 4.4 kPa por 15 min sin pretratamientos, siendo sus promedios de puntaje de 8.74 ± 1.27 y 7.19 ± 1.74 respectivamente, como se muestra en la Figura 12.



Para aceptabilidad global letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Figura 12. Puntuación para aceptabilidad global de *chips* de oca

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los parámetros de humedad 74%, ceniza 4%, grasa 3% y proteína 5% de la oca fresca, son coherentes con la bibliografía consultada, sin embargo se destaca al contenido de acidez, 56 mg/100 g ms, que fue menor a lo obtenido por otros autores.
- Las condiciones para los pretratamientos de escaldado (90 °C por 5 min) y deshidratación osmótica (solución de azúcar invertido, concentración de 50 °Brix a 65 °C por 1 hora) influyen significativamente en el contenido de grasa, acidez titulable y aceptabilidad global de los *chips* de oca. Los *chips* pretratados presentaron una menor cantidad de grasa y acidez, y obtuvieron un mayor puntaje en la evaluación de aceptabilidad sensorial.
- Las condiciones que permitieron obtener los *chips* de oca de mayor aceptabilidad fueron 110°C de temperatura, 4.4 kPa de presión de trabajo y 10 min de tiempo. Además obtuvieron valores de humedad, grasa y acidez de 4%, 8% y 6 mg/100 g ms respectivamente.
- Las condiciones de fritura estudiadas producen *chips* de oca con porcentajes de humedad inferiores a lo exigido en la norma nacional vigente y el efecto de una menor presión y un mayor tiempo de fritura se traduce en una disminución del contenido final de humedad del producto.
- Los *chips* de oca presentaron contenidos de grasa entre 7.89 y 12.55%, lo que cumple con la reglamentación ecuatoriana y son

menores a los reportados en otros productos obtenidos mediante fritura al vacío.

- El ácido oxálico del producto final se reduce en 63% con respecto a las rodajas pretratadas con escaldado y deshidratación osmótica, y 92% en relación al tubérculo en estado fresco.
- La aplicación de pretratamientos disminuye la cantidad de ácido oxálico en los *chips* de oca, las muestras con pretratamientos presentaron 83% menos acidez que las muestras sin pretratamientos.
- La evaluación de parámetros entre oca fresca y *chips* de oca señala a la fritura al vacío como una alternativa para el procesamiento de éste tubérculo, ya que se consigue prolongar la vida útil del producto al disminuir su contenido de humedad, además de mejorar su sabor al reducir significativamente la cantidad de acidez.
- La aceptabilidad sensorial de los consumidores demostró que los *chips* de oca con pretratamientos tuvieron mayor aceptabilidad global (8.7/10) que los *chips* de oca que no recibieron tratamientos previos (7.2/10).

5.2. RECOMENDACIONES

Con el presente trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere las siguientes recomendaciones para profundizar el conocimiento de fritura al vacío en tubérculos andinos:

- Estudiar el efecto de varios pretratamientos en las características nutricionales y de calidad de *chips* de oca.
- Realizar estudios de factibilidad para la elaboración y comercialización de *chips* de oca obtenidos mediante fritura al vacío.
- Experimentar fritura al vacío con distintas variedades de oca y con varios tubérculos de origen andino.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, X. (2010). *Aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*: AOAC International.
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*: Equinoccio.
- Barrera, V. H., Monteros, A., & Tapia, C. (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Retrieved from [http:// www.iniap.gob.ec/ nsite/ images/ documentos/Ra%C3%ADces%20y%20Tub%C3%A9rculos%20Alternativas%20para%20el%20uso%20sostenible%20en%20Ecuador.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Ra%C3%ADces%20y%20Tub%C3%A9rculos%20Alternativas%20para%20el%20uso%20sostenible%20en%20Ecuador.pdf)
- Bradbury, E. J., & Emshwiller, E. (2011). The Role of Organic Acids in the Domestication of *Oxalis tuberosa*: A New Model for Studying Domestication Resulting in Opposing Crop Phenotypes¹. *Economic Botany*, 65(1), 76-84. doi: 10.1007/s12231-010-9141-0
- Brennan, J. G., & Almudí, R. O. (2008). *Manual del procesado de los alimentos*: Editorial Acribia, S.A.
- Brito, B., & Espín, S. (1999). *Variabilidad en la composición química de raíces y tubérculos andinos del Ecuador* (Vol. 1). Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Cajamarca, E. (2010). Evaluación Nutricional de la Oca (*Oxalis tuberosa* sara-oca) Fresca, Endulzada y Deshidratada en Secador de Bandejas.
- Calleja, A., & Cano, I. (2012). Recomendaciones nutricionales para dieta baja en oxalato. *Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición*.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos* (2 ed.). España.

- Coloma, E. (2008). *Estudio del efecto de la Deshidratación Osmótica en la Vida Útil de los Productos Secos*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador.
- Chai, W., & Liebman, M. (2005). Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. *J Agric Food Chem*, 53(8), 3027-3030. doi: 10.1021/jf048128d
- Dassanayake, U., & Gnanathanan, C. A. (2012). Acute renal failure following oxalic acid poisoning: a case report. *J Occup Med Toxicol*, 7(1), 17. doi: 10.1186/1745-6673-7-17
- Diamante, L. M., Presswood, H. A., & Savage, G. P. V., L. (2011). Vacuum fried gold kiwifruit: Effects of frying process and pre-treatment on the physico-chemical and nutritional qualities. *International Food Research Journal*, 18(2), 643.
- Doménech, E., & Escriche, I. (2006). *Gestión Del Autocontrol en la Industria Agroalimentaria*: Universidad Politécnica de Valencia.
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011a). Development of Healthy Low-Fat Snacks: Understanding the Mechanisms of Quality Changes During Atmospheric and Vacuum Frying. *Food Reviews International*, 27(4), 408-432. doi: 10.1080/87559129.2011.563638
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011b). Vacuum Frying as a Route to Produce Novel Snacks with Desired Quality Attributes According to New Health Trends. *Journal of Food Science*, 76(2), E188-E195. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01976.x
- Dueik, V., Moreno, C., & Bouchon, P. (2011). Surface roughness reduces drainage in vacuum and atmospheric fried apple and potato slices.
- Dueik, V., Robert, P., & Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143-1149. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.08.027
- Encina, C. (2008). *Reducción del contenido de acrilamida en papas chips mediante empleo de pre-tratamiento y fritura a presión reducida*. Ingeniería de Alimentos, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

- Fan, L.-p., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2006). Effect of Various Pretreatments on the Quality of Vacuum-Fried Carrot Chips. *Drying Technology*, 24(11), 1481-1486. doi: 10.1080/07373930600952826
- Fan, L.-p., Zhang, M., Xiao, G.-n., Sun, J.-c., & Tao, Q. (2005). The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. *International Journal of Food Science & Technology*, 40(9), 911-919. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.00985.x
- Farkas, B. E., Singh, R. P., & Rumsey, T. R. (1996). Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I, model development. *Journal of food engineering*, 29(2), 211-226. doi: [http:// dx.doi.org/ 10.1016/0260-8774\(95\)00072-0](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(95)00072-0)
- Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology: Principles and Practice*: CRC Press.
- Garayo, J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of food engineering*, 11.
- García, W., & Cadima, X. (2003). *Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos: síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia*: PROINPA.
- Garrido, A., Olmo, R., Castel, C., & Tejón, C. (2001). Bioquímica metabólica E. Tebar (Ed.) Retrieved from [http:// books.google.com.ec/books?id=zMn8DIO6YLUC&dq=Bioqu%C3%ADmica+metab%C3%B3lica&hl=es&source=gbs_navlinks_s](http://books.google.com.ec/books?id=zMn8DIO6YLUC&dq=Bioqu%C3%ADmica+metab%C3%B3lica&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Gómez, S. (2013). Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (*Actidinia chinensis*).
- Guy, R., & Ribas, A. I. (2002). *Extrusión de Alimentos: Tecnología y Aplicaciones*: Acribia.
- Hermann, M., & Erazo, C. (2001). Compositional changes of oca tubers following postharvest exposure to sunlight. *Scientist and Farmer: Partners in Research for the 21st Century. Program Report 1999–2000. Centro Internacional de la Papa, Lima, Peru*, 391-396.
- Hernández, A. G. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*: Editorial Medica Panamericana Sa de.

- INEN. (2010). Bocaditos de Productos Vegetales. Requisitos. Retrieved from http://apps.inen.gob.ec/normas/norma.php?COD_NORMA=3107
- León, M. E., Villacorta, M., & Pagador, S. (2011). Composición química de "oca" (*Oxalis tuberosa*), "arracacha" (*Arracaccia xanthorrhiza*) y "tarwi" (*Lupinus mutabilis*). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Maadyrada, A., Tarzib, B. G., Bassiric, A., & Bamenimoghadam, M. (2011). Process Optimization in Vacuum Frying of Kiwi Slices Using Response Surface Methodology. *Journal of food biosciences and technology*.
- Ministerio de Salud del Perú, Instituto Nacional de Salud, & Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*: Ministerio de Salud.
- Montero, C. (2008). *Optimización del proceso de elaboración de chips de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) en la fritura a condiciones de vacío*. EPN, Quito. Retrieved from [http:// biblioteca.epn.edu.ec/catalogo/mfn.php?base=biblio&pft=biblio3&epilog=na.pft&mfn=28258](http://biblioteca.epn.edu.ec/catalogo/mfn.php?base=biblio&pft=biblio3&epilog=na.pft&mfn=28258)
- Montoya, G. (2006). Factores Antinutricionales. Retrieved from [http:// aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=204&topic=5](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=204&topic=5)
- Nunes, Y., & Moreira, R. G. (2009). Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips. *J Food Sci*, 74(7), E355-E362. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01257.x
- Peiró, R., Dias, V. M. C., Camacho, M. M., & Martínez, N. (2006). Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of food engineering*, 74(3), 299-307. doi: [http:// dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.022](http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.022)
- Perez, M. R., Perez, A., Salgado, M., Reynes, M., & Vaillant, F. (2008). Effect of vacuum frying on main physicochemical and nutritional quality parameters of pineapple chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6), 945-953.

- Piedra, G. (2002). *Caracterización morfoagronómica y molecular de la colección nacional de oca (Oxalis tuberosa Mol.) del INIAP*. Licenciado en Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Sablani, S., & Shafiur, M. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*, 36(1), 65-71. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00109-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00109-6)
- Sancho, J., Bota, E., & De Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*: Universitat de Barcelona.
- Sangketkit, C., Savage, G. P., Martin, R. J., & Mason, S. L. (2001). Oxalate Content of Raw and Cooked Oca (*Oxalis tuberosa*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(4), 389-397.
- Serrano, V. (2013). *Obtención de productos tipo aperitivo (snack) de Mashua (Tropaeolum tuberosum) mediante la aplicación de fritura al vacío*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Sevilla, G. (2013). Evaluación de diferentes técnicas de deshidratación para la obtención de chips de pomelo mediante fritura a vacío.
- Shyu, S.-L., Hau, L.-B., & Hwang, L. S. (2005). Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1903-1908. doi: 10.1002/jsfa.2195
- 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(3), 324-330.
- SINAGAP. (2000). *III Censo Nacional Agropecuario*. Retrieved from <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/censo-nacional-agropecuario>.
- Song, X.-j., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2007). Optimization of vacuum microwave predrying and vacuum frying conditions to produce fried potato chips. *Drying Technology*, 25(12), 2027-2034.

- Soriano del Castillo, J. M. (2011). *Nutrición básica humana* U. d. València (Ed.) (pp. 428). Retrieved from [http:// books.google.com.ec/books?id=z6iMx642m_wC&dq=Nutrici%C3%B3n+b%C3%A1sica+humana&hl=es&source=gbs_navlinks_s](http://books.google.com.ec/books?id=z6iMx642m_wC&dq=Nutrici%C3%B3n+b%C3%A1sica+humana&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación Retrieved from [http:// www.rlc.fao.org/ es/ agricultura/ produ/cdrom/contenido/libro10/home10.htm](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/home10.htm)
- Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos* C. Rosell (Ed.) (pp. 223). Retrieved from [http:// www.fao.org/ docrep/ 010/ai185s/ai185s00.htm](http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.htm)
- Therdthai, N., Wuttijumnong, P., Jangchud, A., & Kusucharid, C. (2007). Optimization of vacuum frying condition for shallot. *Katsetsart Journal (Natural Science)*, 41, 338-342.
- Tilahun, A. (2009). *Effect of processing on some physicochemical and antinutritional factors of taro (Colocasia esculenta (L.) Schott.) cultivars grown in, Ethiopia*. ADDIS ABABA UNIVERSITY. Retrieved from [http:// etd.aau.edu.et/ dspace/ bitstream/ 123456789/ 3133/ 1/ 136653047581322712470493869457823784127](http://etd.aau.edu.et/dspace/bitstream/123456789/3133/1/136653047581322712470493869457823784127)
- Urbano, A., García, P., & Martínez, J. (2012). Evaluación del comportamiento de yuca (Manihot esculenta Cranz) en el proceso de fritura a vacío de chips. 20. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10251/14424>
- Van Nieuwenhuijzen, N. H., Zareifard, M. R., & Ramaswamy, H. S. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*, 19(3-4), 525-545. doi: 10.1081/drt-100103932
- Villacres, E., & Ruiz, F. M. (2002). *Raíces Y Tuberculos Andinos Alimentos De Ayer Para La Gente De Hoy*.
- 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.)
- Yagua, C. (2010). *Characterization of product quality attributes and thermal properties of potato chips during vacuum frying*. Master of Science, Texas A&M University.

Yasaie, P., Ghiassi, B., & Bassiri, A. (2012). Developing Vacuum Fried Pumpkin (*Cucurbita Moschata Dutch*) Snack. *World Applied Sciences Journal*, 18, 214-220.

Zamorano, M., Guzmán, E., & Ibáñez, J. (2010). Estudio del consumo y aporte nutricional de bocadillos en escolares de la región metropolitana de Chile. *Revista chilena de nutrición*, 37, 439-445.

ANEXO 1
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE
CHIPS DE OCA

Selección y Lavado



Desinfección y Cortado



Escaldado y Deshidratación Osmótica



Fritura al vacío



Pesado y Empacado



Chips de Oca

**Oca Escaldada - DO –
Frita**



Oca Frita



ANEXO 2

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL DEL PRODUCTO

Nombre:.....**Fecha:**.....

Edad:

Producto: *Chips de oca*

18-22 años

22-26 años

26-30 años

30-más

Usted va a recibir 2 muestras. Por favor deguste y luego indique un puntaje sobre diez (10) puntos según corresponda a su aceptabilidad, indicando el número de muestra. Donde 0 “me disgusta mucho” y 10 “me gusta mucho”.

Aceptabilidad global

▪ Muestra N°.....

Aceptabilidad global

▪ Muestra N°.....

¿Compraría este producto?

SI

NO

Comentarios y sugerencias:

.....

.....

.....