



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SNACK  
CROCANTE SALADO CON TRES TUBÉRCULOS  
ANDINOS

AUTOR

Gabriel Pazos Proaño

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SNACK CROCANTE SALADO CON  
TRES TUBÉRCULOS ANDINOS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

M.Sc. Elsy Paola Carrillo Hinojosa

Autor

Gabriel Pazos Proaño

Año

2017

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Elsy Paola Carillo Hinojosa

Master en Alimentos y Nutrición

C.I.: 1708625403

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Pablo Santiago Moncayo Moncayo

Master en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial

C.I.: 1712367505

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Gabriel Pazos Proaño

C.I.: 1722228291

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, a mi hermana,  
a mis amigos, a mis  
profesores y a mi tutora, por  
su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

A mi inspiración, mi ejemplo, mi abuelo Alberto.

## RESUMEN

El consumo de tubérculos andinos en el Ecuador ha disminuido debido a la escasa oferta y demanda existente. Por este motivo, repotenciar la producción de tubérculos andinos mediante su industrialización representa una oportunidad en el mercado local. El objetivo de la investigación fue establecer las condiciones de transformación para tres tubérculos andinos: papa var. Leona Negra (*Solanum tuberosum ssp. andigenum*), Melloco (*Ullucus tuberosus* Loz.) y Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), que permitan la obtención de un snack crocante salado, adecuado a las preferencias de los potenciales consumidores. Se evaluaron dos tipos de corte con dos procesos, arreglados en cuatro tratamientos, con tres repeticiones en una misma materia prima. Cada tratamiento se almacenó en bolsas de polietileno de baja densidad para evaluar la estabilidad del color y la textura en tres días consecutivos. Para el análisis estadístico se realizaron pruebas de normalidad, análisis de varianza, y separación de medias de Tukey. Se realizó un análisis sensorial con el uso de pruebas de preferencia pareada con condición placebo para evaluar dos sabores: hierbas secas y pimienta. Se determinó la proporción que generó mayor utilidad y se realizó un análisis de costo beneficio del prototipo. Se definió que el tipo de corte chip y el proceso de horneado mantuvieron la crocancia y el color por más días (Valor  $P > 0,05$ ). La proporción menos costosa fue de 50% de papa var. Leona Negra, 25% de melloco y 25% de oca. Los consumidores prefirieron un sabor a hierbas en el producto. Como prototipo se obtuvo un snack de un color amarillo pálido y sabor a hierbas secas, en el cual se controlaron las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático con inhibidores físicos y químicos. Se deberá continuar con el desarrollo y escalamiento del producto en estudios de vida útil y aceptación por parte del consumidor.

**Palabras Clave:** Crocancia, pardeamiento enzimático, pardeamiento no enzimático, melloco, papa nativa, oca.



## ABSTRACT

The consumption of andean tubers in Ecuador has decreased because of the low supply and demand. For this reason, boosting the production of andean tubers through their industrialization, represents an opportunity in the local market. The objective of the investigation was to establish process conditions for three andean tubers: potato var. Leona Negra (*Solanum tuberosum* ssp. Andigenum), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz.) and oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), for the develop of a salty crunchy snack, adequate to the potential consumer's preferences. Two types of cuts with two processes arranged in four treatments were evaluated, ,The experiment was replicated three times with the same raw material. Each treatment was stored in low density polyethylene bags to evaluate color and texture stability on three consecutive days. Normality tests, analysis of variance, and Tukey's mean separation tests were used for the statistical analysis. A sensory analysis was performed with paired preference tests with placebo condition, to evaluate two flavors: dried herbs and pepper. The proportion that generated the most utility was determined, and a cost-benefit analysis of the prototype was performed. The chip's cut with baking process maintained crocancy and color for more days ( $P\text{Value}>0.05$ ). The least expensive proportion was 50% of potato var. Leona Negra, 25% of melloco and 25% of oca. Consumers preferred an herbal flavor in the snack. As a prototype, the final snack's color was a pale yellow and dry herb flavor, in which enzymatic and non-enzymatic browning reactions were controlled with physical and chemical inhibitors. The development and scaling studies to the product for shelf life time and consumers acceptance, should be continued.

**Keywords:** Crocancy, enzymatic browning, non-enzymatic browning, melloco, native potato, oca.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo General .....	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. Características y mercado de los snacks .....	2
2.2. Procesos para la obtención de snacks .....	3
2.3. Uso de tubérculos andinos como snacks .....	4
2.4. Características de los tubérculos andinos .....	5
2.5. Reacciones fisicoquímicas en el procesamiento de tubérculos .....	9
2.6. Mecanismos inhibidores de pardeamiento .....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
3.1. Localización .....	12
3.2. Materia prima .....	12
3.3. Procedimientos .....	13
3.4. Variables evaluadas.....	14
3.5. Análisis estadístico de color y textura.....	15
3.6. Análisis de diferencia en el color .....	15
3.7. Determinación de la proporción de tubérculos en el snack.....	15
3.8. Análisis sensorial .....	16

3.9.	Análisis estadístico de la evaluación sensorial.....	18
3.10.	Análisis físico-químicos del snack .....	19
3.11.	Determinación del costo-beneficio del prototipo.....	19
4.	RESULTADOS .....	20
4.1.	Establecimiento del proceso de transformación de los tubérculos.....	20
4.2.	Análisis de textura .....	23
4.3.	Análisis de color de los snacks.....	24
4.4.	Análisis del cambio de color en almacenamiento.....	29
4.5.	Determinación de la proporción de tubérculos en el snack.....	30
4.6.	Análisis de preferencia por parte de los consumidores .	30
4.7.	Análisis físico-químicos del snack .....	31
4.8.	Determinación del costo-beneficio del prototipo.....	32
5.	DISCUSIÓN .....	33
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	37
6.1.	Conclusiones .....	37
6.2.	Recomendaciones.....	37
	REFERENCIAS.....	39
	ANEXOS .....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos andinos en el Ecuador constituye parte de la identidad cultural local, la cual a través de los años se ha segregado únicamente para el autoconsumo de las poblaciones andinas (Barrera, Tapia y Monteros, 2004). Es decir que las comunidades rurales destinan solo una pequeña parte de la producción de tubérculos andinos de autoabastecimiento o para la venta local (Barrera, Tapia y Monteros, 2004).

La repotenciación en la producción de cultivos andinos, está basada en la industrialización, que genera valor agregado a las materias primas autóctonas del Ecuador. Los tubérculos andinos han sido muy poco industrializados en el mercado local y comercializados a nivel internacional (ProEcuador, 2014). Esta falta de desarrollo de la tecnología en la industrialización representa una oportunidad para promover el consumo de estos cultivos en el país, además de estimular a los pequeños y medianos agricultores a la producción para la venta (Suquilanda, 2006). La tecnología existente para el procesamiento de snacks se encuentra establecida únicamente para chips de papa con procesos de fritura (Villacrés, Brito y Espín, 2004).

Por este motivo se establece que el diseño y desarrollo de un snack a base de tubérculos andinos no industrializados en el mercado, representa una oportunidad de negocio para el Ecuador. Se conoce, según la literatura, que la papa ha sido el cultivo más investigado y mejorado en campo, por lo que representa el tubérculo con mayor producción y consumo local.- Sin embargo, existen cientos de variedades nativas no explotadas ni industrializadas que han perdido importancia en el mercado, además de tubérculos andinos como el melloco y la oca, que se utilizan únicamente con fines culinarios domésticos (Barrera, Tapia y Monteros, 2004).

Por ello, es imprescindible el uso de la ciencia de alimentos para el desarrollo de tecnología que permita la obtención de un snack innovador. Este snack debe cumplir con los requisitos físicos y nutricionales que exige el mercado actual. Es así, que en esta investigación se pretende obtener un prototipo de snack

crocante salado a base de tres tubérculos andinos, con el uso de la ciencia de alimentos, en los que puedan basarse estudios más profundos para la industrialización de tubérculos andinos.

### **1.1. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de snack crocante salado a base de tres tubérculos andinos.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Establecer las condiciones del proceso de transformación de un tubérculo andino en un snack crocante salado.

Determinar las proporciones de tubérculos andinos adecuadas y las preferencias de sabor del mercado.

Caracterizar la composición nutricional del snack tres tubérculos andinos.

Determinar el costo-beneficio del prototipo del snack con tres tubérculos andinos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Características y mercado de los snacks**

Los snacks son productos que permiten saciar el hambre instantánea en los consumidores que disponen de tiempo limitado para alimentarse en el día. Un snack, por definición, es un producto alimenticio que se consume en un periodo corto de tiempo, fuera del horario normal de alimentación (Pineda, 2013). Su forma de consumo es sencilla, por lo que no requiere de una preparación previa

o de utensilios, y por lo general, cuenta con presentaciones portátiles que permiten su disponibilidad y transporte (Pineda, 2013)

Los snacks representan un rubro importante en la industria alrededor del mundo. Se conoce que las ventas de estos productos en Latinoamérica incrementaron un 9%, con ingresos superiores a 30 mil millones de dolares, según la encuestadora Nielsen (2014).

En el ámbito nacional, la venta de snacks generaron ingresos entre 90 a 95 millones de dólares para el año 2012, y en el año 2014 el valor FOB de exportaciones supero los 16,9 millones de dolares (ProEcuador, 2014). La industria local se encuentra repartida principalmente en dos empresas: Frito Lay e Inalecsa, las cuales abarcan el 85% del mercado (ProEcuador, 2014).

Los snacks son un producto que abarca a varios segmentos de mercado, no obstante en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), se muestra que el 64% de los jóvenes con edades comprendidas entre los 15 a 23 años consume a diario snacks salados como refrigerio en los colegios y universidades (Freire et al., 2014).

El mercado de snacks crece constantemente en el mundo, los requerimientos y características de los snacks que exigen los consumidores varían constantemente. Actualmente, los consumidores Latinoamericanos buscan diversas características en los productos, como que sean elaborados con materias primas totalmente naturales, que tengan beneficios nutricionales, como alto porcentaje proteico, bajos en grasa y azúcar (Nachay y Zanoza, 2016). De igual forma que provengan de fuentes sostenibles, que utilicen materias primas orgánicas, y que estén orientados al aprovechamiento de cultivos locales (Nielsen, 2014).

## **2.2. Procesos para la obtención de snacks**

El procesamiento de snacks se lo puede realizar con varias metodologías, sin embargo en esta investigación se destacan dos procesos: fritura y horneado. La fritura es el proceso más utilizado en mercado de snacks a nivel mundial, por las características físicas y organolépticas que brinda al producto (Arthey y Dennis, 1992). El horneado, por el contrario, es muy poco utilizado a pesar de los beneficios funcionales en el alimento (Badui, 2015).

La fritura se compone de dos etapas: la primera, donde se evapora el agua libre superficial, a velocidad constante, y la segunda, donde la evaporación se traslada hacia el interior del producto, con una velocidad menor (Arthey y Dennis, 1992). Los parámetros de la fritura descritos en la literatura mencionan a la temperatura en un rango entre 160°C a 190°C. A menores temperaturas se forma una capa deshidratada que evita que el calor ingrese en el interior del producto, y a temperaturas mayores aumentan las reacciones de oscurecimiento en el snack, como lo mencionan Arthey y Dennis (1992). El tiempo de fritura depende del corte y la variedad de tubérculo. La fritura se realiza en materiales de acero inoxidable, para evitar la influencia catalítica de iones metálicos pesados. Existe otro proceso de fritura con ambiente al vacío que presenta beneficios nutricionales y organolépticos a consecuencia de la baja temperatura, alta presión y baja influencia ambiental en el proceso (Crossa et al., 2014)

El proceso de horneado es el menos utilizado en snacks comerciales. Pedreschi y Moyano (2006), mencionan que la textura de los productos horneados respecto a los productos fritos no varía significativamente, aunque el contenido de humedad con el proceso de horneado aumenta luego de enfriarse el producto. La temperatura utilizada en esta operación debería ser mayor a 160°C para conseguir eliminar la mayor cantidad de humedad posible del producto (Pedreschi y Moyano, 2006) (Hasbún, Esquivel, Brenes y Alfaro 2009).

### **2.3. Uso de tubérculos andinos como snacks**

La industrialización de tubérculos andinos, principalmente de papa, en el Ecuador ha adquirido mucha importancia en los últimos años, desde su

introducción al mercado local en 1895 (ProEcuador, 2014). Las variedades mejoradas de papa han sido las principales materias primas para la industrialización de snacks (Suquilanda, 2006).

Por otra parte, el procesamiento de tubérculos andinos ha sido destinado principalmente a la exportación, pues el mercado local prefiere productos convencionales a partir de papa, como los chips fritos de papa saborizados artificialmente, además que los precios de snacks a base de tubérculos andinos son más altos que los snacks convencionales, convirtiéndose en una limitante para el mercado local (ProEcuador, 2014).

La participación de los tubérculos andinos como mashua, oca o jícama, en mercados de exportación de snacks para el Ecuador es de 0,35%, a diferencia de otros productos como los chips plátano verde (96,4%) o camote, remolacha o malanga (2,7%) (ProEcuador, 2014).

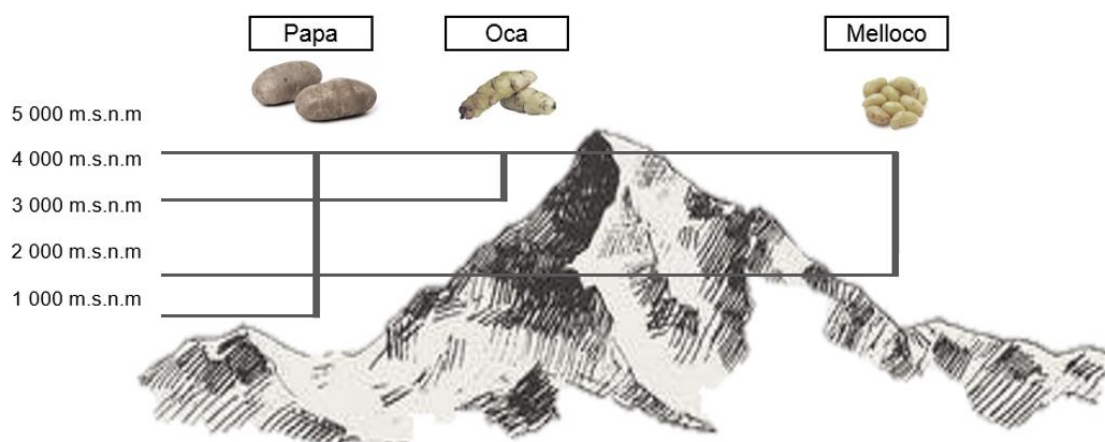
## **2.4. Características de los tubérculos andinos**

Los tubérculos andinos son estructuras vegetales nativas de la zona interandina de Latinoamérica, principalmente tallos, que sufrieron un engrosamiento donde acumularon gran cantidad de nutrientes y sustancias de reserva para su metabolismo (Barrera, Tapia y Monteros, 2004). Estos órganos tienen la capacidad de formar yemas, que son estructuras a partir de las cuales se desarrollan nuevas plantas. Estas nuevas plantas utilizan los nutrientes de reserva acumulados en el tubérculo para su crecimiento (Barrera, Tapia y Monteros, 2004).

Proviene de plantas herbáceas, de familias como las solanáceas, oxilidáceas y baseláceas, cultivadas sobre los 2 000 msnm y bajo los 4 000 msnm (Figura 1). Los tubérculos andinos pueden ser cultivados en el mismo suelo, pues todos cuentan con necesidades agronómicas similares, como nutrientes o labores culturales (Suquilanda, 2014). Son resistentes a temperaturas frías, sin embargo la presencia de heladas destruyen completamente el follaje de la oca y la papa,



acrecentando los costos de producción (Suquilanda, 2014). Presentan una cosecha entre los 6 a 8 meses, dependiendo del tubérculo, a partir del envejecimiento general de las hojas, sin embargo el tratamiento de cosecha depende de la especie pues ciertos tubérculos andinos requieren de un proceso de suberización, para formar una cáscara que recubra el tubérculo, como la papa y la oca, mientras que en otros no, como en el melloco (Suquilanda, 2014).



*Figura 1.* Distribución altitudinal de tres tubérculos andinos: papa, oca y melloco (olluco), en la zona interandina de Bolivia, Perú y Ecuador.

Adaptada de (Tapia y Fries, 2007)

Los tubérculos andinos son comercializados para el consumo en fresco, por lo que el tiempo de vida útil no excede los 15 días, manteniendo condiciones de almacenamiento apropiadas (Suquilanda, 2014). Sin embargo, tubérculos como la oca requieren de un proceso de reposo en el sol, lo que incrementa el costo del tubérculo en el mercado, y brinda mayor tiempo de vida útil (Suquilanda, 2014).

En este estudio, se utilizaron tres tubérculos andinos: La papa Leona Negra (*Solanum tuberosum ssp. andigenum*), el melloco (*Ullucus tuberosus* Loz.) y la Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.). Entre las características más importantes de estos tres productos, está el consumo y conocimiento por parte de la población

ecuatoriana en comparación con el resto de variedades (Suquilanda, 2014; Montero, Cuesta, Jiménez y López, 2005).

La papa Leona, es un cultivo perteneciente a la familia de Solanaceae, altamente valorada por sus propiedades organolépticas, agrícolas y por la identidad cultural que representa esta variedad (Tapia y Fries, 2007). Presenta características diferentes a las variedades de papa mejoradas (*Solanum tuberosum*) e industrializadas, como el color de la pulpa característico con pigmentos morados, sabores más pronunciados y dulces, y mejores propiedades nutricionales (Monteros, Jiménez y Cuesta, 2005). Tiene 78,2% de humedad y 21,8 % de sólidos totales (Tabla 1), de los cuales 78,33% son almidón (Monteros, Jiménez y Cuesta, 2005), lo cual confiere propiedades que se ven afectadas en el procesamiento. Cuenta aproximadamente con 21% de amilosa (enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) y 79% de amilopectina (enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 6$ ). La amilopectina de las papas tiene una posición única entre sus enlaces con los grupos éster fosfato, lo que le confiere características específicas a este almidón, como lo explica Damodaran, Parkin y Fennema (2010, pág. 229).

Tabla 1.

*Composición química de la papa variedad Leona Negra (Solanum tuberosum ssp. andigenum).*

Composición Química	Papa Leona Negra
Energía (kcal/100g)	105,00
Humedad (%)	78,20
Cenizas (%)	4,72
Proteína (%)	10,76
Fibra (%)	5,57
Extracto Etéreo (%)	0,63
Carbohidrato Total (%)	83,42
Almidón (%)	78,33
Azúcar Total (%)	7,14
Azúcares Reductores (%)	0,03

Adaptada de (Monteros, Jiménez y Cuesta, 2005)

El melloco amarillo (*Ullucus tuberosus* Loz.) es un cultivo perteneciente a la familia de Basellaceae (Tapia y Fries, 2007). Representa el segundo tubérculo

más consumido en el Ecuador, siendo parte esencial de la dieta local (Suquilanda, 2006). Su producción se concentra entre las provincias de Carchi hasta Cañar, pues en el resto de provincias de la zona andina, se lo cultiva para autoconsumo (Suquilanda, 2006).

Este tubérculo tiene un porcentaje materia seca entre 14 y 20%, con una composición química muy variable dependiendo de la variedad (Tabla 2). Una característica singular del melloco es la cantidad de mucilago, que representa una limitante en su consumo (Suquilanda, 2006). El mucílago es una capa de polisacáridos de textura muy viscosa. En el melloco se encuentra formando una capa de entre 0,5 a 2 mm de espesor (Sánchez, 2011).

Tabla 2.

*Composición química del melloco (Ullucus tuberosus Loz.).*

Composición Química	Melloco Amarillo
Energía (kcal/100g)	412,00
Humedad (%)	84,34
Cenizas (%)	5,93
Proteína (%)	10,01
Fibra (%)	2,63
Extracto Etéreo (%)	1,24
Carbohidrato Total (%)	80,12
Almidón (%)	70,50
Azúcar Total (%)	6,63
Azúcares Reductores (%)	-

Adaptada de (Montero, Cuesta, Jiménez y López, 2005)

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es un cultivo perteneciente a la familia Oxalidaceae. Es el segundo tubérculo de mayor producción en los Andes de Latinoamérica. (Tapia y Fries, 2007). Tiene una textura harinosa y un ligero sabor dulce. (Suquilanda, 2006).

Este tubérculo presenta una composición química muy variable dependiendo de la variedad, sin embargo el principal componente químico son los carbohidratos. Contiene una alta cantidad de azúcares reductores con relación a los demás tubérculos andinos (Montero, Cuesta, Jiménez y López, 2005).

Tabla 3.

*Composición química de la oca (Oxalis tuberosa Mol.).*

Composición Química	Oca
Energía (kcal/100g)	399,00
Humedad (%)	77,73
Cenizas (%)	3,39
Proteína (%)	4,60
Fibra (%)	2,16
Extracto Etéreo (%)	1,66
Carbohidrato Total (%)	88,19
Almidón (%)	42,17
Azúcar Total (%)	9,68
Azúcares Reductores (%)	7,62

Adaptada de (Montero, Cuesta, Jiménez y López, 2005)

## 2.5. Reacciones fisicoquímicas en el procesamiento de tubérculos

Los pardeamientos son procesos de cambios de coloración y propiedades organolépticas (principalmente color) que ocurren cuando se expone la los tubérculos a condiciones anormales. Estas reacciones pueden ser causadas por factores fisicoquímicos y factores enzimáticos (Damodaran, Parkin y Fennema, 2010, pág. 79), En el pardeamiento enzimático intervienen una serie de enzimas como son la polifenoloxidasa (PPO), peroxidasa (POD) y pectinmetilesterasa (PME) que catalizan reacciones químicas, donde se obtiene como producto compuestos pigmentados no deseados (Muñoz, 2007) (Pazmiño, 2010). La principal enzima encargada del pardeamiento enzimático es la polifenoloxidasa (PPO), que tiene un rango de acción entre 5 a 7 de pH (Pazmiño, 2010). Cuando disminuye el pH, se inactiva la actividad de las PPO.

Se conoce que variedades nativas de papa presentan bajos pardeamientos enzimáticos ya que la cantidad y tipo de enzimas, dependen directamente de la variedad (Suárez, Andreu, Colman, Clausen y Feingold, 2009), sin embargo el resto de tubérculos andinos, sobre todo el melloco por la cantidad de mucílago, y la oca por la cantidad azúcares reductores, son más propensos al pardeamiento (Suárez et al., 2009).

El otro tipo de pardeamiento es causado por factores físicos y químicos como temperatura, pH,  $A_w$  y composición química (Miranda et al., 2007). Este pardeamiento es conocido como reacciones de Maillard (MRP), que son una serie de procesos fisicoquímicos causados por la interacción entre azúcares reductores y grupos amino, procesos de reordenamiento bioquímico y reacciones de enolización (Miranda, Ventura, Suárez y Fuertes, 2007), que generan compuestos pigmentados llamados melanoidinas, además de subproductos tóxicos como furanos (Miranda et al., 2007). Las reacciones de Maillard más fuertes son mediante la interacción de la D-glucosa-L-lisina a diferencia de las D-glucosa-glicina (Miranda et al., 2007). Es decir que la cantidad de compuestos pigmentados y subproductos originados en las reacciones de Maillard, dependerán del tipo y el contenido de aminoácidos de la proteína.

Otra de las reacciones que ocurre en el procesamiento de tubérculos es modificación de la textura. Esto se debe, principalmente a las reacciones de gelatinización y retrogradación que sufre el almidón en el proceso. La gelatinización es un proceso en el cual la amilosa (enlace  $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) absorbe agua al incrementar la temperatura hasta un rango de 60 a 70°C (Damodaran et al., 2010, pág. 230). Esto se debe a que la insolubilidad de la amilosa, por sus enlaces helicoidales, permite la hinchazón e incremento en el volumen de los alimentos al retener agua en su estructura organizada (Damodaran et al., 2010, pág. 230). Es decir que los tubérculos procesados con tratamientos térmicos generan una estructura gelificada por la cantidad de almidón presente en su composición.

La retrogradación es el proceso contrario a la gelatinización, donde al enfriarse los geles, las moléculas de amilosa precipitan y recristalizan formando una capa sobre la amilopectina hidratada (Wang, Li, Copeland, Niu, Wang, 2015). El grado de retrogradación depende del tiempo y temperatura de enfriamiento, lo que quiere decir que a mayor velocidad de calentamiento y enfriamiento, existe estabilidad en el producto (Damodaran et al., 2010, pág. 231) (Wang et al., 2015). Es decir que mientras más lento sea el proceso térmico y enfriamiento de los

tubérculos, el almidón sufrirá mayor retrogradación, perdiendo completamente su textura.

## **2.6. Mecanismos inhibidores de pardeamiento**

Existen mecanismos de inhibición de las enzimas que catalizan las reacciones de pardeamiento enzimático y en los procesos que influyen en las reacciones de Maillard. Estos mecanismos pueden ser físicos o químicos. El principal método físico utilizado en el pardeamiento enzimático para la inhibición de las PPO y PME es el escaldado, donde mediante un proceso térmico de corta duración y temperatura media, se inactiva las enzimas y se evita la reacción de pardeamiento (Campoverde y Zumbana, 2001). Este proceso brinda características físicas, organolépticas y microbiológicas positivas para el tubérculo, pues permite uniformizar el color, disminuir la absorción de aceite en procesamientos fritos por la gelatinización del almidón, reducir el tiempo de proceso, mejorar la textura y eliminar parte de la carga microbiana presente (Pazmiño, 2010). Una investigación realizada por Pazmiño (2010), determinó que la temperatura con mejor inactivación de enzimas PPO en el pardeamiento de papas prefritas, fue de 70°C durante 5 minutos.

A su vez, el escaldado inhibe la producción de compuestos tóxicos en las reacciones de Maillard. Illanes (2014), presenta una disminución del 96% en la cantidad de furano producido por la reacción de Maillard, con el uso de un escaldado a 67°C durante 20 minutos.

Los inhibidores químicos dependen del tubérculo que se utiliza y el resultado esperado. El metabisulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ ) (E-223) inhibe la acción de las PPO, evitando producción de quinonas y reacciones de reducción encargadas de la coloración oscura del pardeamiento (Pazmiño, 2010). Además, evita el pardeamiento no enzimático, bloqueando la interacción entre los grupos carbonilos y los azúcares reductores, además de impedir la reacción con grupos

amino, y finalmente decolorando las melanoidinas, producto de la reacción de Maillard (Pazmiño, 2010).

El ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) (E-330) evita la quelación de cobre en la reacción de pardeamiento de las PPO, además de disminuir la acción de las enzimas, mediante la modificación del pH a valores menores a 2,0. Se requiere de una combinación con otro agente antipardeamiento para su óptima acción (Pazmiño, 2010).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

La experimentación se realizó en los laboratorios de procesamiento de alimentos, laboratorios de análisis químicos y aulas de la Universidad de las Américas, campus Queri, ubicados en la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha, Ecuador.

#### **3.2. Materia prima**

Se utilizó la variedad de papa (*Solanum tuberosum ssp. andigenum*) nativa “Leona Negra” para la determinar las condiciones del proceso. Se replicaron las condiciones de la primera parte de la investigación, ajustando el procedimiento para los otros dos tubérculos: melloco amarillo (*Ullucus tuberosus* Loz.) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol.). Las materias primas fueron adquiridas en el Mercado Mayorista del Distrito Metropolitano de Quito.

### 3.3. Procedimientos

El primer objetivo del estudio fue determinar las condiciones del proceso de transformación, estableciendo dos procesos para evaluar: horneado y fritura. Se realizó una revisión bibliográfica sobre los procesos de los snacks similares en los mercados, para determinar cuáles condiciones son las más utilizadas.

Se preparó la materia prima, previo al proceso. Se ajustaron las condiciones del acondicionamiento para papas pre-fritas descritas por Pazmiño (2010), en la elaboración del snack. Se utilizó 1,5% de ácido cítrico y 0,01% de metabisulfito de sodio, como lo indica Pazmiño (2010). Se adecuó el escaldado de Pazmiño (2010), Pedreschi y Moyano (2006), Miranda et al., (2007), Campoverde y Zumbana (2001) y Hasbún et al. (2009), para disminuir las reacciones de Maillard y la producción de furano, además de inhibir las enzimas PPO y PME.

Para comparar los procesos se establecieron dos cortes con las siguientes características: un corte tipo cubo, con dimensiones de 0,6 cm \* 0,6 cm \* 0,6 cm, con una variación de  $\pm 0,2$  cm, y un corte tipo chip de ancho y longitud, 4 cm \* 3 cm, con una variación de  $\pm 0,5$  cm, y espesor de 0,1 cm.

Los dos procesos y dos cortes se arreglaron en cuatro tratamientos, que se realizaron en tres días, con materia prima (papa Leona negra) del mismo proveedor (Tabla 4).

Para los procesos de horneado y secado, se utilizó un horno de convección Eloma Genius MT que controló las temperaturas y humedad del proceso. La fritura se realizó por inmersión (Pazmiño, 2010) y se utilizó un termómetro digital con sonda.

Cada tratamiento fue almacenado en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) para la evaluación de color y textura, en los días 0, 1 y 2, después del proceso.



Tabla 4.

*Arreglo experimental utilizado para establecer la interacción de los procesos y los cortes, con tres repeticiones.*

Repetición	Factor 1. Proceso	Factor 2. Corte	Tratamiento
Repetición 1	Proceso 1. Horneado	Corte 1. Cubo	Tratamiento 1
		Corte 2. Chip	Tratamiento 2
	Proceso 2. Fritura	Corte 1. Cubo	Tratamiento 3
		Corte 2. Chip	Tratamiento 4
Repetición 2	Proceso 1. Horneado	Corte 1. Cubo	Tratamiento 1
		Corte 2. Chip	Tratamiento 2
	Proceso 2. Fritura	Corte 1. Cubo	Tratamiento 3
		Corte 2. Chip	Tratamiento 4
Repetición 3	Proceso 1. Horneado	Corte 1. Cubo	Tratamiento 1
		Corte 2. Chip	Tratamiento 2
	Proceso 2. Fritura	Corte 1. Cubo	Tratamiento 3
		Corte 2. Chip	Tratamiento 4

### 3.4. Variables evaluadas

Se evaluó el color de los cuatro tratamientos utilizando el colorímetro Lovibond® LC 100, el cual proporciona datos del espacio de color Lab o CIELAB, donde el valor “L” representa la luminosidad y sus valores son medidos entre el 0 y 100, el valor “a” representa la variación entre el color verde a rojo y medido entre los valores -60 a 60 respectivamente, y “b” que muestra la variación entre los colores azul a amarillo, teniendo la misma escala que la variable a. A los valores a y b, se les sumó 60 unidades para transformar los valores negativos a positivos y realizar el análisis estadístico.

Para la determinación de la textura se utilizó el penetrómetro Fruit Pressure Tester FT 011, con un área efectiva de presión de 0,5 cm<sup>2</sup>. El equipo midió la presión necesaria para romper el snack en Pascales.

### 3.5. Análisis estadístico de color y textura

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2\*2, donde los factores fueron los procesos y los cortes, y los bloques el día de elaboración del experimento y la materia prima.

Se utilizó el software Minitab Statistical Software versión 17, donde se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de separación de medias de Tukey, con una probabilidad del 95%. Se realizó una prueba de normalidad con el método de Shapiro-Wilk, para determinar el comportamiento de los datos, en las tres repeticiones, y en los tres días evaluados, aplicando residuales en los datos para disminuir los datos fuera de rango.

### 3.6. Análisis de diferencia en el color

Para la determinación de la variación de los componentes Lab del color en los días posteriores a la elaboración, se utilizaron las ecuaciones 1 y 2, y se escogió el tratamiento con menor diferencia en el conjunto de factores a través de los días.

$$\Delta Lab = \overline{Lab}_{est.} - \overline{Lab}_{muestra} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\Delta E_{Lab} = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

### 3.7. Determinación de la proporción de tubérculos en el snack

Para la determinación de la proporción de tubérculos se realizó un análisis de maximización de la utilidad mediante un sistema de ecuaciones (3, 4 y 5). La ecuación 3 establece el costo de cada materia prima. La ecuación 4 plantea las proporciones de cada materia prima para llegar a un peso neto del snack. La ecuación 5 es la combinación de las dos anteriores, y permitió determinar las proporciones de materia prima que generen el menor costo.

$$aP + bM + cO = Costo \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$e(Ps)P + f(Ps)M + g(Ps)O = Ps \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$(ePs)(a)P + (fPs)(b)M + (gPs)(c)O = Costo \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

P: Variable de Papa

M: Variable de Melloco

O: Variable de Oca

a: Costo de materia prima de la variable P

b: Costo de materia prima de la variable M

c: Costo de materia prima de la variable O

Ps: peso neto del snack

e: porcentaje de papa en el snack

f: porcentaje de melloco en el snack

g: porcentaje de oca en el snack

### **3.8. Análisis sensorial**

Para el análisis sensorial del producto se utilizaron pruebas de preferencia pareada con condición placebo (Liria, 2007; Angulo y O'Mahoni, 2009; Angulo y O'Mahoni, 2004; Alfaro-Rodríguez et al., 2006), con el objetivo de determinar el sabor de mayor aceptación por los potenciales consumidores.

A una muestra, con la misma cantidad de cada tubérculo, se le añadieron dos sabores, sal-hierbas secas (albahaca y perejil), y sal-pimienta, en cantidades iguales. Se utilizó la opción de <No Preferencia> con el fin de facilitar la interpretación de resultados (Angulo y O'Mahoni, 2009).

El par placebo se utilizó como una estrategia adicional al análisis estadístico, con el fin de descartar panelistas que realicen las pruebas de forma aleatoria (Angulo y O'Mahoni, 2009). Se determinó una muestra de 44 panelistas no entrenados, con el uso del modelo matemático para cálculo de muestras en análisis sensoriales, en una sola sesión (Ecuación 6, 7 y 8).

$$N = \left[ \frac{Z_{\alpha}\sqrt{pq} + Z_{\beta}\sqrt{p_a q_a}}{p - p_a} \right]^2 \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$p_a = C + P(1 - C) \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$q_a = 1 - p_a \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

Error tipo  $\alpha$  ( $Z_{\alpha}$ ) (Diferencia reportada – Diferencia no existente): 1,65 (5% una cola)

Error tipo  $\beta$  ( $Z_{\beta}$ ) (Ninguna diferencia reportada – Diferencia existente): 1,65 (5% una cola)

p: proporción de acierto en la prueba

q: probabilidad de rechazo en el a prueba

C: porcentaje de aciertos esperados por el investigador

P: probabilidad de aciertos

Se solicitó a los panelistas escoger entre cuatro muestras. Se presentó un par con los dos sabores para análisis y luego el par placebo con sabores iguales (Gámbaro, 2009) (Figura 2).

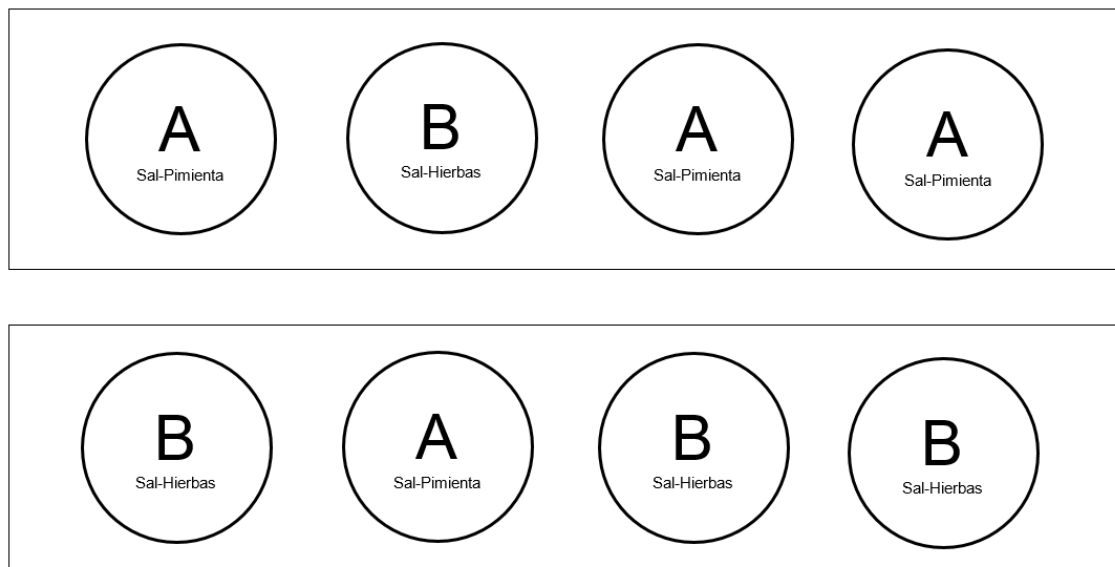


Figura 2. Distribución de las muestras placebo y muestras de estudio, en la sesión de degustación para el análisis sensorial.

La plantilla utilizada indica las dos posibles muestras, etiquetadas con números aleatorios, además de dos opciones de no preferencia, Ninguna y Ambos (Anexo 1).

### 3.9. Análisis estadístico de la evaluación sensorial

Para la determinación del snack con mayor preferencia en los consumidores, se utilizó el análisis por el método de Chi cuadrado ajustado (Ecuación 9). Se realizó el análisis dos veces: primero, a los panelistas que contestaron correctamente la condición placebo y a los que no, separando a los consumidores que contestaban aleatoriamente; y segundo, a las respuestas reales entre los dos sabores.

$$\chi^2 = \left[ \frac{(|O_1 - (n \cdot p)|^2) - p}{(n \cdot p)} \right] + \left[ \frac{(|O_2 - (n \cdot q)|^2) - q}{(n \cdot q)} \right] \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

$O_1$ : Número de observaciones de la muestra 1

O<sub>2</sub>: Número de observaciones de la muestra 2

p: probabilidad de ocurrencia – pruebas pareadas: 0,5

q: probabilidad de error – pruebas pareadas: 0,5

n: número de muestras

### **3.10. Análisis físico-químicos del snack**

Se determinaron azúcares reductores, humedad, cenizas y grasa del snack de mayor preferencia entre los consumidores.

Para la caracterización de los azúcares reductores, se utilizó el método DNS colorimétrico o técnica de Miller (Nielsen, 2007). El análisis se lo realizó con un espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 10S UV-VIS, a una longitud de onda de 575 nm, y una curva de calibración con concentraciones de 0,3% a 1,5%.

Para la determinación de humedad se utilizó el método indirecto (A.O.A.C. 925.10. Official Methods of Analysis 15th Edition, 1990), con el uso de una mufla Fumace 1400.

Para la determinación de cenizas totales se utilizó el método gravimétrico (A.O.A.C. 923.03. Official Methods of Analysis 18th Edition, 2005), con el uso de una mufla Fumace 1400.

La determinación de grasa se realizó con el método Soxhlet, de extracción por arrastre con éter etílico (A.O.A.C. 960.39. Official Methods of Analysis 15th Edition, 1990).

### **3.11. Determinación del costo-beneficio del prototipo**

Se determinó el costo beneficio del prototipo del snack, mediante una revisión bibliográfica de los costos variables, como son servicios básicos, materia prima y mano de obra utilizados durante la fase experimental del desarrollo del snack.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Establecimiento del proceso de transformación de los tubérculos

La adaptación de los procesos para lograr un snack incluyó el establecimiento de las condiciones de temperatura, humedad y tiempo de horneado y fritura para aplicarlas a la materia prima (papa Leona negra). En el proceso de horneado se aplicaron dos temperaturas, dos tiempos y un porcentaje de humedad: La primera combinación de temperatura y tiempo fue de 160°C durante 10 minutos, con 25% de humedad relativa, y la segunda temperatura fue de 185°C durante 1 minuto. En el proceso de fritura, se realizó un secado previo en el horno para eliminar la mayor cantidad de agua posible. Se utilizó una temperatura de 150°C durante 5 minutos, y 10% de humedad relativa, seguido de un proceso de fritura, que utilizó una temperatura de 180°C, con una variación de  $\pm 2^\circ\text{C}$ , durante 2 minutos, como se indica en las figuras 3 y 4.

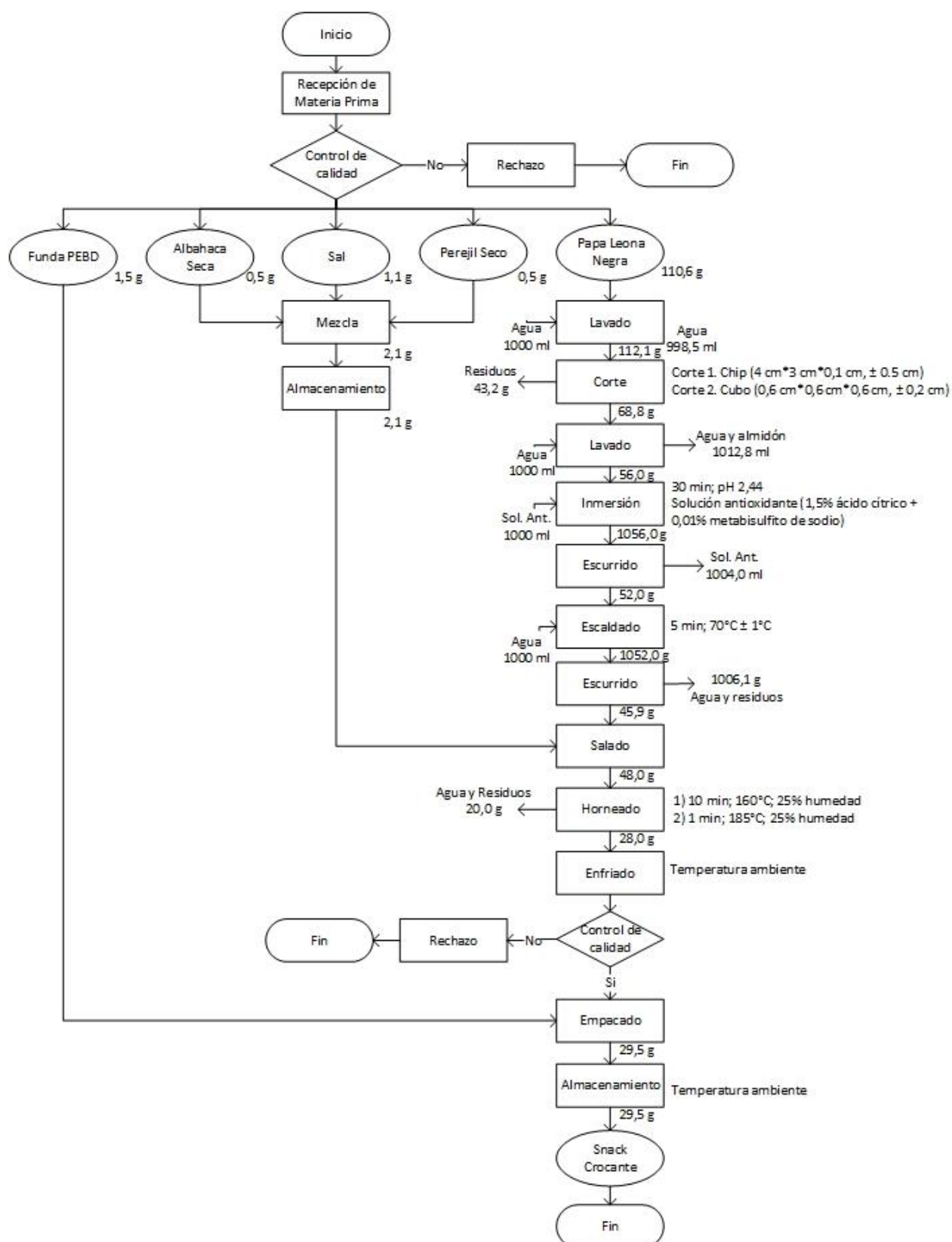


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de horneado para la obtención de un snack crocante salado.



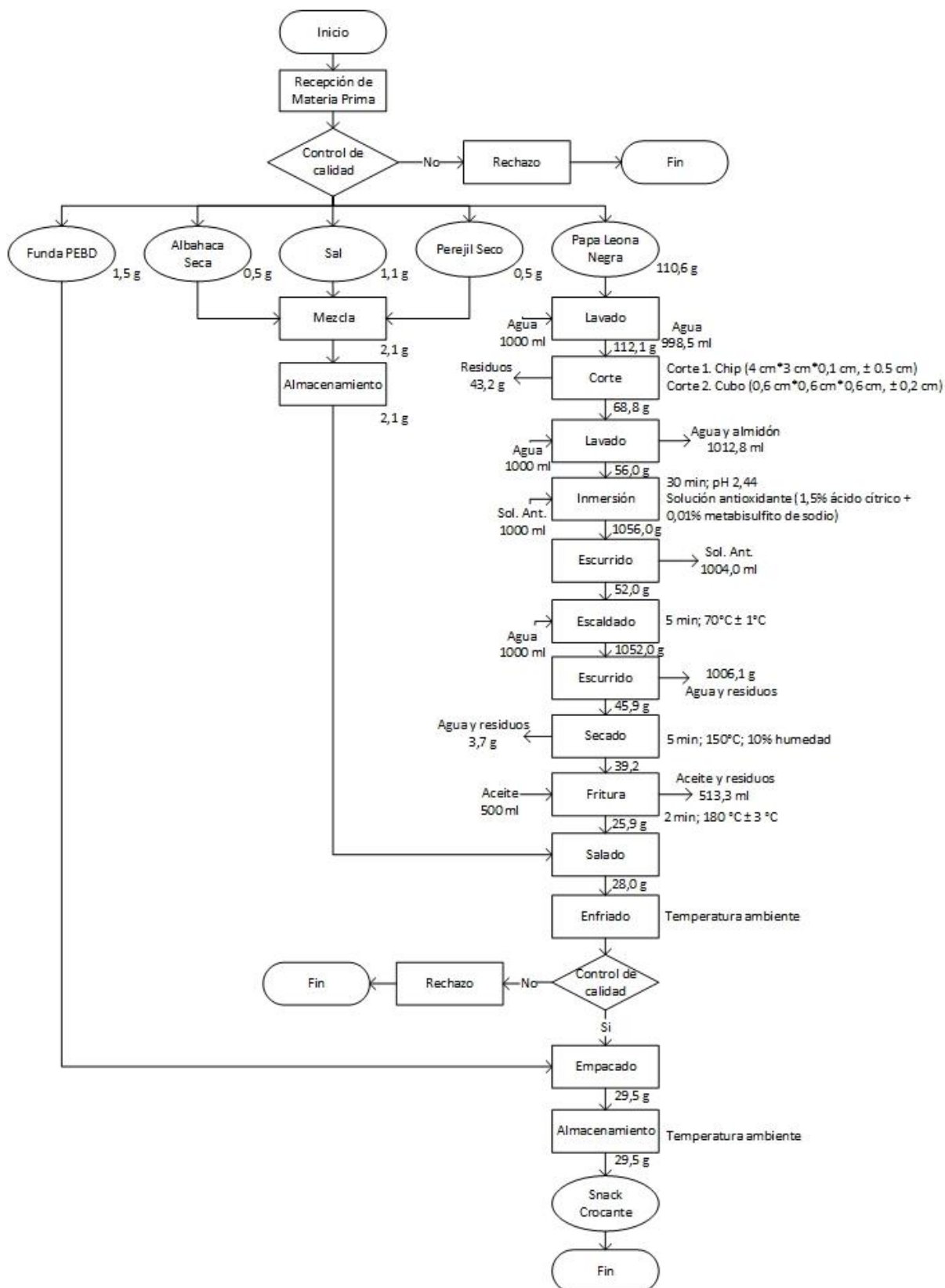


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de fritura para la obtención de un snack crocante salado.

## 4.2. Análisis de textura

El análisis estadístico se lo realizó cada día por separado, después que en la prueba de normalidad con el método de Shapiro-Wilks, se determinó que los datos no tienen un comportamiento normal a través del tiempo, con un valor  $P < 0,050$  por lo que el análisis se realizó en días separados

Los datos obtenidos el primer día presentaban normalidad, con un valor  $P = 0,081$ . La textura se vio afectada por el tipo de corte aplicado a la materia prima y no por el tipo de proceso de transformación o por el día que se realizó el experimento (Tabla 5). Los snack cortados en cubos, ya sean horneados o fritos, presentaron un promedio de fuerza de ruptura, mayor a la que presentaron los snacks cortados como chips. Es decir, que los snacks cortados como chips se rompieron más fácilmente que los snacks cortados en cubos (Tabla 6).

Tabla 5.

*Análisis de varianza (ANDEVA) de la textura, evaluado en el primer y segundo día de experimentación.*

Fuente de Variación	G.L.	Día 1	Día 2
		Valor $P$	Valor $P$
Repetición	2	0,415	0,164
Proceso	1	0,472	0,536
Corte	1	**0,000	**0,000
Repetición * Proceso	2	0,146	0,181
Repetición * Corte	2	0,952	**0,001
Proceso * Corte	1	0,190	0,553
Repetición * Proceso * Corte	2	0,108	0,622
Error	48		
Total	59		

Nota: G.L. Grados de libertad. \*\* Altamente significativo

En el segundo día de evaluación, los datos presentaban normalidad con un valor  $P = 0,100$ . Los resultados en la textura de los snacks, fueron afectados por el corte

y la interacción entre el corte y el día en el que se realizó el experimento (Tabla 5). Ambos cortes aumentaron la fuerza de ruptura con respecto al primero día. Los snacks cortados en cubos, ya sean horneados o fritos, aumentaron significativamente la fuerza de ruptura con respecto los snacks cortados como chips (Tabla 6).

Los datos obtenidos en el tercer día, tuvieron un valor  $P < 0,050$ , por lo que no se realizó un análisis de varianza (ANDEVA).

Tabla 6.

*Separación de medias de Tukey, con los promedios y desviaciones estándar (D.E.) de la fuerza de ruptura, expresado en pascales para cada tratamiento, evaluado en dos días de experimentación.*

Tratamiento	Día 1		Día 2	
	Media (kPa) $\pm$ D.E.		Media (kPa) $\pm$ D.E.	
Fritura – Cubo	138,47 $\pm$ 85,0	A	226,73 $\pm$ 83,0	A
Horneado – Cubo	125,13 $\pm$ 85,0	A	214,31 $\pm$ 85,0	A
Horneado – Chip	94,14 $\pm$ 86,0	B	111,27 $\pm$ 83,0	B
Fritura – Chip	90,22 $\pm$ 86,0	B	111,01 $\pm$ 81,0	B

Nota: D.E. Desviación estándar

### 4.3. Análisis de color de los snacks

El análisis estadístico de los componentes de color Lab, presentaron normalidad, después que en la prueba con el método de Shapiro-Wilk con un valor  $P < 0,810$ .

Los resultados obtenidos el primer día presentaban normalidad, con un valor  $P > 0,050$  para cada componente del color Lab. La luminosidad (**L**) se vio afectada por el proceso y tipo de corte aplicado a la materia prima, y no por el día en que se realizó el experimento (Tabla 7). Los snack cortados en cubos, sean fritos u horneados, presentaron mayor luminosidad que los snack cortados como chip. Es decir, que los snack cortados en cubos, independientemente del proceso, tienen un color más claro que los snack cortados como chips (Tabla 8).

Tabla 7.

*Análisis de varianza (ANDEVA) del componente de color L, evaluado en los tres días de experimentación.*

Fuente de Variación	G.L.	Día 1	Día 2	Día 3
		Valor <i>P</i>	Valor <i>P</i>	Valor <i>P</i>
Repetición	2	0,307	0,203	**0,000
Proceso	1	**0,000	**0,000	**0,000
Corte	1	**0,000	**0,000	**0,000
Repetición * Proceso	2	0,140	*0,010	**0,000
Repetición * Corte	2	0,051	0,389	0,351
Proceso * Corte	1	0,046	0,048	0,055
Repetición * Proceso * Corte	2	0,015	0,424	0,763
Error	48	-	-	-
Total	59	-	-	-

Nota: G.L. Grados de libertad. \* Significativo. \*\* Altamente significativo

Los datos obtenidos el segundo día presentaban normalidad, con un valor  $P > 0,050$  para cada componente del color Lab. La luminosidad (**L**) se vio afectada por el proceso y tipo de corte aplicado a la materia prima, y no por el día en que se realizó el experimento (Tabla 7). Se obtuvieron resultados similares de luminosidad al segundo día. Es decir que los snack cortados en cubos, fueron más claros que los snack cortados como chips, independientemente del proceso (Tabla 8).

Los datos obtenidos el tercer día presentaban normalidad, con un valor  $P > 0,050$  para cada componente del color Lab. La luminosidad (**L**) se vio afectada por el proceso, el tipo de corte aplicado a la materia prima, y el día en que se realizó el experimento (Tabla 7). Se obtuvieron resultados similares de luminosidad al segundo día. Es decir que los snack cortados en cubos, fueron más claros que los snack cortados como chips, independientemente del proceso (Tabla 8).

Tabla 8.

*Separación de medias de Tukey, con los promedios y desviaciones estándar (D.E.) del componente de color L, evaluado en tres días de experimentación.*

Tratamiento	Día 1		Día 2		Día 3	
	Media (L) ± D.E.		Media (L) ± D.E.		Media (L) ± D.E.	
Fritura – Cubo	68,87 ± 5,04	A	71,31 ± 6,33	A	71,39 ± 10,12	A
Horneado – Cubo	64,78 ± 5,05	AB	67,67 ± 5,00	A	64,35 ± 9,78	B
Horneado – Chip	60,94 ± 4,12	B	60,73 ± 3,65	B	63,23 ± 9,27	B
Fritura – Chip	52,36 ± 4,73	C	51,68 ± 6,77	C	51,76 ± 9,91	C

Nota: D.E. Desviación estándar. L Luminosidad

El componente **a** del color, el primer día, se vio afectado por el proceso, el tipo de corte y el día que se realizó el experimento (Tabla 9). Los snack cortados en cubos, sean horneados o fritos, tienden al color rojo. Los snack horneados cortados como chips, tienen un color neutro, mientras que los snack fritos cortados como chips tienden hacia el color verde (Tabla 10).

El componente **a** del color, el segundo día, se vio afectado por el proceso y el tipo de corte, y no por el día que se realizó el experimento (Tabla 9). Se obtuvieron resultados similares del componente **a** de color al segundo día. Es decir que los snack cortados en cubos, tienden hacia el color rojo a diferencia de los snack cortados como chips (Tabla 10).

El componente **a** del color, el tercer día, se vio afectado por el proceso, el tipo de corte, y el día que se realizó el experimento (Tabla 9). Se obtuvieron resultados similares del componente **a** de color al segundo día. Es decir que los snack cortados en cubos, tienden hacia el color rojo a diferencia de los snack cortados como chips (Tabla 10).

Tabla 9.

*Análisis de varianza (ANDEVA) del componente de color a, evaluado en los tres días de experimentación.*

Fuente de Variación	G.L.	Día 1	Día 2	Día 3
		Valor P	Valor P	Valor P
Repetición	2	**0,000	*0,025	**0,000
Proceso	1	**0,000	**0,000	**0,000
Corte	1	**0,000	**0,000	**0,000
Repetición * Proceso	2	**0,003	0,117	**0,006
Repetición * Corte	2	*0,038	0,510	*0,018
Proceso * Corte	1	0,268	0,495	0,180
Repetición * Proceso * Corte	2	*0,035	0,428	*0,021
Error	48	-	-	-
Total	59	-	-	-

Nota: G.L. Grados de libertad. \* Significativo. \*\* Altamente significativo

Tabla 10.

*Separación de medias de Tukey, con los promedios y desviaciones estándar (D.E.) del componente de color a, evaluado en tres días de experimentación.*

Tratamiento	Día 1		Día 2		Día 3	
	Media (a) ± D.E.		Media (a) ± D.E.		Media (a) ± D.E.	
Fritura – Cubo	66,27 ± 3,43	A	66,02 ± 3,34	A	65,11 ± 4,03	A
Horneado – Cubo	62,34 ± 2,30	B	61,33 ± 2,53	B	62,14 ± 4,08	B
Horneado – Chip	60,65 ± 1,43	B	60,75 ± 2,19	B	61,42 ± 3,80	B
Fritura – Chip	57,88 ± 2,82	C	56,99 ± 3,06	C	57,07 ± 3,82	C

Nota: D.E. Desviación estándar. a Variación del color verde a rojo

El componente **b** del color, el primer día, se vio afectado por el proceso y el día que se realizó el experimento, y no por tipo de corte utilizado (Tabla 11). Los snack cortados en cubos, ya sean horneados o fritos, tienden más hacia el color amarillo que los snack cortados como chips. Es decir, que los snacks cortados como chips tienen un color más pálido que los snack cortados en cubos (Tabla 12).

El componente **b** del color, el segundo día, se vio afectado por el proceso y el día que se realizó el experimento, y no por tipo de corte utilizado (Tabla 11). Se obtuvieron resultados similares del componente **b** de color al segundo día. Es decir que los snack cortados como chips, tienen un color más pálido que los snacks cortados en cubos (Tabla 12).

El componente **b** del color, el tercer día, se vio afectado por el proceso, y no por el día que se realizó el experimento o el tipo de corte utilizado (Tabla 11). Se obtuvieron resultados similares del componente **b** de color al segundo día. Es decir que los snack cortados en cubos, tienen un color más pardo que los snacks cortados como chips (Tabla 12).

Tabla 11.

*Análisis de varianza (ANDEVA) del componente de color **a**, evaluado en los tres días de experimentación.*

Fuente de Variación	G.L.	Día 1	Día 2	Día 3
		Valor <i>P</i>	Valor <i>P</i>	Valor <i>P</i>
Repetición	2	**0,003	**0,000	0,497
Proceso	1	**0,000	**0,000	**0,000
Corte	1	**0,009	0,234	0,796
Repetición * Proceso	2	0,267	0,626	0,523
Repetición * Corte	2	0,085	0,073	*0,034
Proceso * Corte	1	0,547	0,787	0,597
Repetición * Proceso * Corte	2	*0,032	**0,000	*0,014
Error	48	-	-	-
Total	59	-	-	-

Nota: G.L. Grados de libertad. \* Significativo. \*\* Altamente significativo

Tabla 12.

*Separación de medias de Tukey, con los promedios y desviaciones estándar (D.E.) del componente de color **b**, evaluado en tres días de experimentación.*

Tratamiento	Día 1		Día 2		Día 3	
	Media (b) ± D.E.		Media (b) ± D.E.		Media (b) ± D.E.	
Fritura – Cubo	86,25 ± 5,47	A	83,60 ± 5,52	A	83,35 ± 5,20	A
Horneado – Cubo	84,53 ± 2,30	A	82,24 ± 4,13	A	83,07 ± 5,61	A
Horneado – Chip	74,81 ± 3,09	B	75,15 ± 4,65	B	75,57 ± 5,71	B
Fritura – Chip	72,09 ± 3,08	B	74,29 ± 4,10	B	74,76 ± 5,88	B

Nota: D.E. Desviación estándar. b Variación del color azul a amarillo

#### 4.4. Análisis del cambio de color en almacenamiento

Luego del análisis estadístico, se evaluó la variación total de color para cada tratamiento, entre el tercer y primer día. El snack horneado con corte tipo cubo presentó el menor valor  $\Delta E_{Lab}=1,53$ , seguido del snack horneado con corte tipo chip con un valor  $\Delta E_{Lab}=2,53$  (Tabla 13).

Tabla 13.

*Diferencias de color de los componentes Lab, para cada tratamiento, evaluando la variación entre el tercer y primer día de experimentación.*

Tratamiento	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E_{Lab}$
Fritura – Cubo	2,51	-1,15	-2,90	4,01
Horneado – Cubo	-0,43	-0,20	-1,45	1,53
Horneado – Chip	2,29	0,77	0,77	2,53
Fritura – Chip	-0,60	-0,81	2,67	2,85

Nota:  $\Delta L$  Diferencia del valor **L** entre dos muestras.  $\Delta a$  Diferencia del valor **a** entre dos muestras.  $\Delta b$  Diferencia del valor **b** entre dos muestras.  $\Delta E_{Lab}$  Diferencia total de color entre dos muestras



Al finalizar la evaluación, se escogió el snack horneado y con corte de chip, que conservó mejor la textura y tuvo menor variación total de color Lab, durante los tres días de evaluación.

#### 4.5. Determinación de la proporción de tubérculos en el snack

Se analizaron tres proporciones de cada materia prima en base a un peso neto de 28 g por unidad. La proporción que generó menor costo fue la que contiene 50% de papa Leona Negra, 25% de melloco amarillo y 25% de oca, obteniendo un valor de \$0,0177 (Tabla 14).

Tabla 14.

*Determinación del costo del snack, con las tres proporciones de tubérculos y su precio en el mercado nacional.*

Descripción	Materia Prima			Costo Materia Prima (USD)
	Papa Leona Negra	Melloco Amarillo	Oca	
Costo de materia prima en el mercado local por gramo	USD 0,00047	USD 0,00077	USD 0,00082	
Proporción 33-33-33	34%	33%	33%	0,0190
Proporción 50-25-25	50%	25%	25%	0,0177
Proporción 43-29-28	43%	29%	28%	0,0183

#### 4.6. Análisis de preferencia por parte de los consumidores

Los resultados obtenidos de la primera selección de snacks con la muestra placebo, mostraron diferencias significativas en la prueba de Chi Cuadrado ( $X^2=5,82$ ). Es decir que los panelistas no escogieron las muestras al azar, sino basados en su preferencia. Las respuestas erróneas o al azar, se descartaron.

Con los datos restantes ( $N=30$ ), se obtuvieron diferencias significativas en la misma prueba Chi cuadrado ( $X^2=4,80$ ), lo que resultó en una preferencia por los snacks con hierbas secas (perejil y albahaca) por parte de los consumidores (Tabla 15).

Tabla 15.

*Análisis de Chi cuadrado ( $X^2$ ) para las dos pruebas de preferencia pareada: a las muestras placebo y a la muestra reales con sabores.*

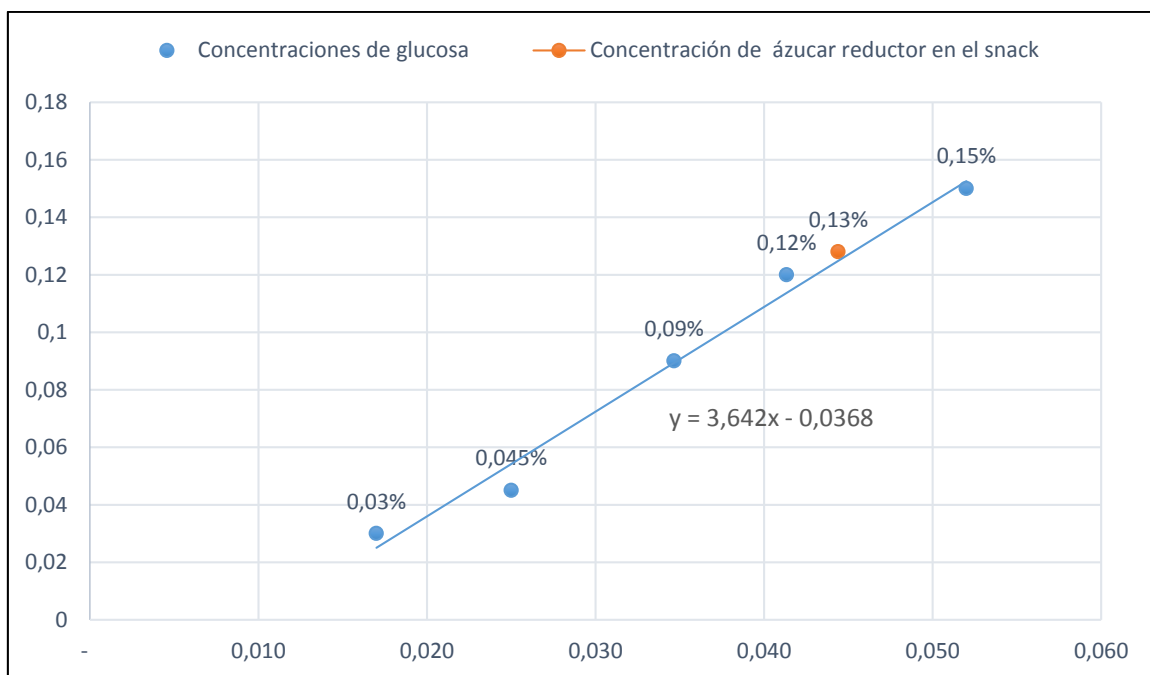
Categoría		Observaciones	Proporción de la prueba	Elecciones esperadas	$X^2$ Calc	$X^2$ Tab
Primera Prueba	Correcta	30	0,5	22	2,91	-
	Incorrecta	14	0,5	22	2,91	-
	Total	44	1	44	5,82	3,84
Segunda Prueba	Hierbas	21	0,5	15	2,40	-
	Pimienta	9	0,5	15	2,40	-
	Total	30	1	30	4,80	3,84

#### 4.7. Análisis físico-químicos del snack

Se determinó que el snack de preferencia en los consumidores (sal-hierbas secas) contiene un 5,5% de sólidos totales y un 4,5% de humedad.

El contenido de grasa cruda obtenido en la muestra del snack fue de 7,99%.

Se determinó en la curva calibración con glucosa (Figura 5), que el snack con una proporción 50-25-25, tiene una concentración de azúcares reductores de 0,13%.



*Figura 5.* Para los datos de la curva de calibración se evidenció la dependencia entre concentración de glucosa (variable independiente) y absorción (variable dependiente). La ecuación de la recta se ajusta mejor a los datos de absorción vs concentración.

#### 4.8. Determinación del costo-beneficio del prototipo

Los rendimientos para el snack con corte tipo chip fueron: para la papa Leona Negra fue de 61,37%, para el melloco fue de 60,52% y para la oca un 69,13%. Se determinó que se requiere de USD 3,46 para la producción de 5 unidades prototipo de snack, con un peso de 28 g cada una (Tabla 16). El costo unitario variable de cada unidad de 28 g fue de USD 0,69.

Tabla 16.

*Costos variables para la producción de 5 fundas de un prototipo de snack crocante salado, con tres tubérculos andinos: papa var. Leona Negra, melloco y oca, en proporciones 50-25-25.*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD/gramo)	Costo Total (USD)
<b>1. Materia Prima</b>				
Papa Leona Negra	g	112,96	0,00047	0,05347
Melloco	g	56,18	0,00077	0,04326
Oca	g	59,19	0,00082	0,04824
Sal	g	2,00	0,00046	0,00092
Albahaca Seca	g	0,06	0,10247	0,00615
Perejil Seco	g	0,06	0,10500	0,00630
Empaque	unidad	1,00	0,01300	0,01300
<b>Subtotal</b>		<b>231,45</b>		<b>0,17133</b>
<b>2. Insumos</b>				
Ácido Cítrico	g	30,00	0,00205	0,0616
Metabisulfito De Sodio	g	0,20	0,00144	0,0003
<b>Subtotal</b>		<b>30,20</b>		<b>0,0618</b>
<b>3. Servicios Básicos</b>				
Agua	m <sup>3</sup>	0,01	0,72000	0,0072
Electricidad	kWh	1,00	0,10400	0,1040
<b>Subtotal</b>				<b>0,1112</b>
<b>4. Mano de obra</b>				
Mano de obra	hora	2,00	1,56000	3,1200
<b>Subtotal</b>				<b>3,1200</b>
<b>Total</b>				<b>3,4644</b>

## 5. DISCUSIÓN

El desarrollo de este prototipo de snack, presentó retos tecnológicos desde el establecimiento de los procesos para llegar al producto final. La textura, como característica imprescindible del producto, está determinada por factores como: humedad, tipo de corte, proceso y cantidad de almidón, que contiene el tubérculo (Arthey y Dennis, 1992, citado por Pazmiño, 2010), por lo tanto se debe procurar eliminar la mayor parte de la humedad (Pazmiño, 2010). En este estudio se

establecieron operaciones de horneado y fritura para reducir la humedad. Los resultados obtenidos indicaron una disminución significativa en la textura a través del tiempo en los cortes más gruesos, independientemente del proceso. Esto se debe principalmente a la gelatinización y retrogradación que sufre el almidón en los tratamientos térmicos de horneado o fritura, que no presenta en corte con un espesor de 2 mm o menores (Damodarán et al., 2010) (Cossa, et al., 2014)

El sabor es uno de los factores más relevantes para el éxito de un producto alimenticio, pues es el que hace atractivo su consumo y adquisición (Angulo y O'Mahony, 2009). Es por ello, el énfasis en el estudio de las preferencias de los consumidores al realizar innovaciones de productos. En el presente estudio los consumidores prefirieron los snacks con hierbas secas a diferencia de los snacks con pimienta. Las tendencias de mercado en la actualidad muestran que los consumidores buscan ingredientes alternativos en la innovación de productos, que incrementen las percepciones sensoriales, como el uso de condimentos aromáticos, sabores ligeros y colores naturales (Nachay y Zanoza, 2016).

Este valor agregado no es utilizado en snacks producidos en el país, lo que permite una oportunidad de innovación en productos a base de tubérculos andinos locales (ProEcuador, 2014). Además, el incremento en la intolerancia de los consumidores a los estímulos bioquímicos, como el picante, hace que disminuya el consumo diario de productos de esta naturaleza (Obiols, 2000).

El color, otra de las variables evaluadas, depende de la composición química de los tubérculos y de las condiciones en que se procesan (Miranda, Ventura, Suárez, Fuertes, 2007). Se pudo determinar que el color obtenido en el procesamiento, dependía principalmente del proceso utilizado, donde los snacks horneados tuvieron un color amarillo pálido y los snacks fritos tuvieron colores marrones. La diferencia de color entre los snacks fritos y horneados, que este estudio presenta, se debe principalmente a las condiciones utilizadas en que estas dos operaciones unitarias. La fritura convencional aplicada a los snacks, se ve influenciada por los factores ambientales de humedad, temperatura del proceso y equipos utilizados, que resultan en una mayor probabilidad de

pardeamiento de los tubérculos, como lo reportado por Crossa, et al. (2014). Por otro lado, el horneado es un proceso más controlado y menos agresivo en el color de los snacks (Arthey y Dennis, 1992, citado por Pazmiño, 2010).

La textura y color final del prototipo, son resultado de la adecuación de varios procesos de acondicionamiento y de operaciones que resultaron en un producto crocante y de color que tiende a un amarillo claro. El uso de inhibidores de pardeamiento, ya sean físicos o químicos, disminuyen el riesgo de que exista presencia de colores oscuros luego del tratamiento término, o por la exposición de la materia prima a factores ambientales, brinda estabilidad en el proceso y mejora las condiciones del producto final, como lo reportado por Pazmiño (2010).

La industrialización de materias primas andinas para la producción de snacks busca incrementar la utilidad mediante la disminución de los gastos o el incremento en la producción (Barrera, Tapia y Monteros, 2004). Es por este motivo que el establecimiento de una proporción que genere menor gasto en el uso de materia prima condiciona la rentabilidad del proyecto. La proporción elegida en la experimentación fue de 50-25-25, la cual minimizó el costo por uso de materias primas. La producción de papa Leona Negra permite el abastecimiento al consumo local, sin embargo existe problemas en los mercados en la fluctuación de precios por la producción, además de mala calidad de algunas materias primas (Monteros, Cuesta, Jimenez y López, 2005). El melloco y la oca son materias primas más costosas, pues el costo de producción en campo es alto, debido al cuidado que se debe realizar en los cultivos, al igual que la baja disponibilidad de oca en el mercado, lo que incrementa su precio aún más (Suquilanda, 2006).

El prototipo de snack crocante cumplió con los requisitos legales que exige la norma técnica ecuatoriana INEN 2561:2010 Requisitos para Bocaditos de Productos Vegetales, con menor cantidad de grasa y humedad que el límite permitido. Esto nos indica que se puede seguir con los estudios posteriores para el snack.

Finalmente, el costo unitario variable final del prototipo por un peso neto de 28 g, fue de USD 0,69. Este costo se incrementó debido a: el volumen producido, el

costo de los materiales y los costos de mano de obra y servicios básicos utilizados, pues no están dimensionados a una producción industrial. Sin embargo, el PVP del prototipo es de USD 1,93, que se genera con una utilidad aparente del 65%, un incremento de valor del IVA del 14% para el producto y el incremento de los costos de distribución, lo que indica que se puede realizar un análisis de prefactibilidad para la industrialización del snack.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Se definió que el proceso de horneado con un corte tipo chip es el más adecuado para que el snack presente una textura crocante y un color amarillo pálido. El proceso de acondicionamiento previo disminuyó el riesgo de pardeamiento por la cantidad de almidón en la papa y oca, mucílago en el melloco y azúcares reductores en los tres tubérculos.

La mejor proporción para el snack fue de 50% papa Leona Negra, 25% de melloco amarillo y 25% de oca, que presentó un costo de materia prima para la porción de 28 gramos de USD 0,0177. La preferencia de los consumidores fue para los sabores de hierbas secas, siendo una oportunidad de innovación en el mercado de productos locales.

El snack con una proporción 50-25-25 contiene 5,5% de sólidos totales, 4,5% de humedad, 7,99% de grasa cruda y un 13% de azúcares reductores, por lo que cumple con los requisitos fisicoquímicos para “bocaditos vegetales”, según la NTE INEN 2561:2010.

El costo variable unitario del snack es de USD 0,69 donde se consideran las materias primas utilizadas, los costos de insumos, servicios básicos y mano de obra. El precio de venta al público (PVP) es de USD 1,93 donde se considera la utilidad, el incremento del valor del IVA, y los costos de distribución. Se considera una cantidad factible para seguir con la investigación e industrialización del prototipo.

### 6.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar el proceso de horneado con el corte tipo chip para proseguir con el desarrollo final del nuevo producto.



Se debe realizar más investigaciones sobre el pardeamiento en el procesamiento de tubérculos nativos del Ecuador, dado que la información existente es escasa, y no se conoce el comportamiento de estas materias primas frente a las reacciones de pardeamiento.

Se recomienda continuar con el desarrollo y escalamiento del producto en estudios de vida útil, pruebas de aceptación, diseño de empaques y análisis de pre-factibilidad de este prototipo de snack crocante salado a base de tres tubérculos andinos, para determinar a profundidad, las ventajas y desventajas de la industrialización y comercialización de este snack.

Se recomienda realizar un estudio con otros insumos para fritura, como aceites con una composición oleica que no afecte las propiedades organolépticas y nutricionales del producto, al igual que con colorantes y saborizantes para las mejorar las aplicaciones de los tubérculos andinos en nuevos productos.

## REFERENCIAS

- AINIA. (2013). *Tendencia snacking: snacks cada vez más saludables*. Recuperado el 2 de Octubre de 2016, de <http://tecnoalimentalia.ainia.es/web/tecnoalimentalia/consumidor-y-nuevos-productos/-/articulos/rT64/content/tendencia-snacking:-snacks-cada-vez-mas-saludables>
- Alfaro-Rodriguez, H., Angulo, O., & O'Mahony, M. (2007). *Be your own placebo: A double paired preference test approach for establishing expected frequencies*. *Food Quality and Preference*, 18(1), 353–361.
- Angulo, O., & O'Mahony, M. (2005). *The paired preference test and the 'No Preference' option: was Odesky correct?* *Food Quality and Preference*, 16(1), 425-434.
- Angulo, O., & O'Mahony, M. (2009). Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(4), 249-257.
- Angulo, O., & O'Mahony, M. (2009). Las Pruebas de Preferencia en Alimentos son más Complejas de lo Imaginado. *Interciencia*, 34(3), 177-181.
- Arthey, D., & Dennis, C. (1992). *Procesado de Hortalizas*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Badui, S. (2015). *Ciencia de los Alimentos en la Práctica*. México DF: Pearson.
- Baker, A., Miles, M., & Helbert, W. (2001). *Internal structure of the starch granule revealed by AFM*. *Carbohydrate Research*, 330(1), 249-256.
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP.

- Brockhoff, B., & Bojesen, R. (2010). *Thurstonian models for sensory discrimination tests as generalized linear models. Food Quality and Preference, 21*(1), 330-338.
- Campoverde, C., & Zumbana, J. (2001). *Efecto del escaldado sobre la actividad de la pectín metil esterasa en patatas (Solanum tuberosum) para fritura (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Crosa, M., E. M., S. V., Cadenazzi, M., Olazábal, L., Silva, R., . . . Estellano, G. (2014). Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud. *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay, 70*(9), 70-74.
- Damodaran, S., Parkin, K., & Fennema, O. (2010). *Fennema. Química de los alimentos*. Madrid, España: Editorial Acribia.
- Ennis, D., & Ennis, J. (2011). *How to Set Identity Norms for No Preference Data. IFPress, 14*(1), 3-4.
- Fairlie, T., Morales, M., & Holle, M. (1999). *Raíces y Tubérculos Andinos. Avances de Investigación I*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Food Trend Trotters. (2013). *Tendencia e Innovación en Snacks Salados*. Recuperado el 16 de Agosto de 2016, de <http://www.foodtrendtrotters.com/2013/12/18/tendencias-e-innovacion-en-snacks-salados/>
- Freire, W., Ramírez, M., Belmont, P., Mendieta, M., Silva, K., Romero, N., . . . Monge, R. (2014). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Tomo 1*. Quito, Ecuador: El Telégrafo.
- Gámbaro, A. (2009). *Otra mirada a las Pruebas de Preferencia*. Montevideo, Uruguay: Innova.
- González, V., Rodeiro, C., Sanmartín, C., & Vila, S. (2014). *Introducción al Análisis Sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugarbos*. Galicia, España: SGAPEIO.

- Gross, R., Koch, F., Malaga, F., Miranda, A., Schoeneberger, H., & Trugo, L. (1989). *Chemical Composition and Protein Quality of Some Local Andean Food Sources*. *Food Chemistry*, 34(1), 25-34.
- Hasbún, J., Esquivel, P., Brenes, A., & Alfaro, I. (2009). Propiedades Físico-Químicas y Parámetros de Calidad para el Uso Industrial de Cuatro Variedades de Papa. *Agronomía Costarricense*, 77-89.
- Hernández, C. (2009). *Acción y Efectos de la Polifenoloxidasas en Alimentos (Monografía)*. Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Higuera, M., & Prado, R. (2013). *Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la elaboración de snacks a partir de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Huth, P., Fulgoni, V., Keast, D., Park, K., & Auestad, N. (2013). *Major food sources of calories, added sugars, and saturated fat and their contribution to essential nutrient intakes in the U.S. diet: data from the national health and nutrition examination survey (2003–2006)*. *Nutrition Journal*, 12(116), 1-10.
- Illanes, C. (2014). *Efecto de la lixiviación de azúcares reductores sobre la formación de furano en papas fritas (Tesis de pregrado)*. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Industria Alimenticia. (2009). *En El Mundo De Los Snacks*. Madrid, España: Revista Industria Alimenticia.
- Liria, M. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial*. Lima, Perú: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Miranda, G., Ventura, J., Suárez, S., & Fuertes, C. (2007). Actividad Citotóxica y Antioxidante de los Productos de la Reacción de Maillard de los Sistemas Modelo D-Glucosa-Glicina y D-Glucosa-L-Lisina. *Revista Sociedad Química*, 73(4), 215-225.

- Monteros, C., Cuesta, X., Jiménez, J., & López, G. (2005). *Las Papas Nativas en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Monteros, C., Jiménez, J., & Cuesta, X. (2006). *La magia de la papa*. Quito, Ecuador: UTE-INIAP.
- Nachay, K., & Zanoza, M. (2016). *Ingredients for a Changing Consumer Landscape*. *IFT Food Technology*, 6(1), 50-96.
- Nehir, S., & Simsek, S. (2012). *Food Technological Applications for Optimal Nutrition: An Overview of Opportunities for the Food Industry*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(1), 2-12.
- Nielsen. (2014). *A Nivel Global Las Ventas De Snacks Alcanzan \$347 Mil Millones De Dólares Anuales*. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de nielsen.com: <http://www.nielsen.com/ec/es/press-room/2014/ventas-globales-snacks.html>
- Nielsen. (2014). *Snack Attack: What Consumers are Reaching for Around the World*. New York, USA: Nielsen.
- Nielsen. (2014). *Snacks: ¿Qué es lo que buscan los consumidores?* Recuperado el 4 de Noviembre de 2016, de <http://www.nielsen.com/pe/es/insights/reports/2014/Snacks.html>
- Nielsen, S. (2007). *Análisis de Alimentos. Manual de Laboratorio*. Madrid, España: Acribio Editorial.
- Nielsen, S., Siega-Riz, A., & Popkin, a. B. (2002). *Trends in Energy Intake in U.S. between 1977 and 1996: Similar Shifts Seen across Age Groups*. *Obesity Research*, 10(5), 370-378.
- Obiols, J. (2000). *Intolerancia ambiental idiopática (IAI): sensibilidad química múltiple (SQM) y fenómenos asociados*. Barcelona, España: INSHT.
- Pantoja, M. (2013). *Caracterización y Reinserción de Diez Acciones de Papa Nativa (Solanum tuberosum) Colectada en Tulcán, Montúfar y Huaca de*

- la Provincia del Carchi (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Pazmiño, L. (2010). *Aplicación de una Tecnología de Acondicionamiento para la Elaboración de Papa Prefrita Congelada tipo Bastón (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Pedreschi, F., & Moyano, M. (2006). Estudio de las propiedades físicas de chip de papa bajo diferentes condiciones de procesamiento y fritura. *Industria Alimentaria*, 37-48.
- Pineda, D. (2013). *Tendencias en snacks nutritivos*. El Salvador: DICA Inventa.
- ProEcuador. (2014). *Perfil Sectorial de Snacks de Sal Gourmet*. Quito, Ecuador: ProEcuador.
- ProEcuador. (2015). *Perfil de Snacks en España*. Quito, Ecuador: ProEcuador.
- Ramírez, D. (2010). *Caracterización Física, Química y Nutricional de la Papa Chaucha (Solanum Phureja) Cultivado en Dos Suelos Edafoclimáticos del Ecuador, como Base de Estudio para la Elaboración de una Norma Técnica por parte del Inen (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Red Agrícola. (2013). *El ácido cítrico actúa como un efectivo tratamiento en el pardeamiento de la papa*. Santiago, Chile: Red Agrícola.
- Revista IAlimentos. (2014). *El mercado de los snacks*. Madrid, España: Revista IAlimentos.
- Rivera, F. (2005). *Raíces y Tubérculos con Alto Contenido Energético y Medicinal*. Quito, Ecuador: Senecyt.
- Sánchez. (2011). *Estudio investigativo del melloco, análisis de sus propiedades, su utilización en la gastronomía y la elaboración de alternativas en la misma (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

- Suárez, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A., & Feingold, S. (2009). Pardeamiento enzimático: caracterización fenotípica, bioquímica y molecular en variedades de papa nativas de la Argentina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 66-71.
- Suquilanda, M. (2006). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico)*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. Lima, Perú: FAO.
- The European Dana Alliance for the Brain. (2004). La percepción del dolor y la temperatura. *EuroBrain*, 5(1), 1-6.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch Retrogradation: *A Comprehensive Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(1), 568-585.
- Willads, H., MOLgaard, P., & Nyman, U. (1993). *Chemotaxonomy of the Tuber-bearing Solanum Species, Subsection Potatoe (Solanaceae)*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(5), 629-644.
- Zumba, L. (2016). *Los snacks un mercado que apuesta por la exportación*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2016, de <http://expreso.ec/portada/los-snacks-un-mercado-que-apuesta-por-la-exportacion-FD173654>

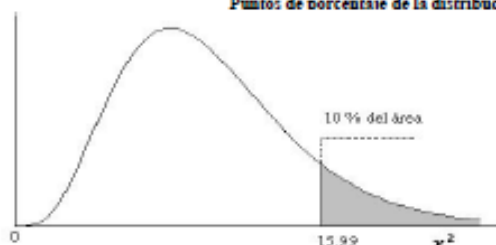
## **ANEXOS**



## Anexo 1. Plantilla para la sesión de degustación del producto.

<b>Nombre:</b>		<b>Fecha:</b>		
		<b>Edad:</b>		
<b>Instrucciones:</b>				
Estimado consumidor: por favor pruebe cada pareja de muestras de izquierda a derecha y señale con un círculo cuál muestra prefiere.				
<b>Códigos de las muestras</b>				
<b>1</b>	445	371	Ninguno	Ambos
<b>2</b>	255	301	Ninguno	Ambos
<b>Comentarios:</b>				
_____				
_____				

## Anexo 2. Tabla de distribución Chi Cuadrado

TABLA 3: DISTRIBUCIÓN  $\chi^2$ Puntos de porcentaje de la distribución  $\chi^2$ 

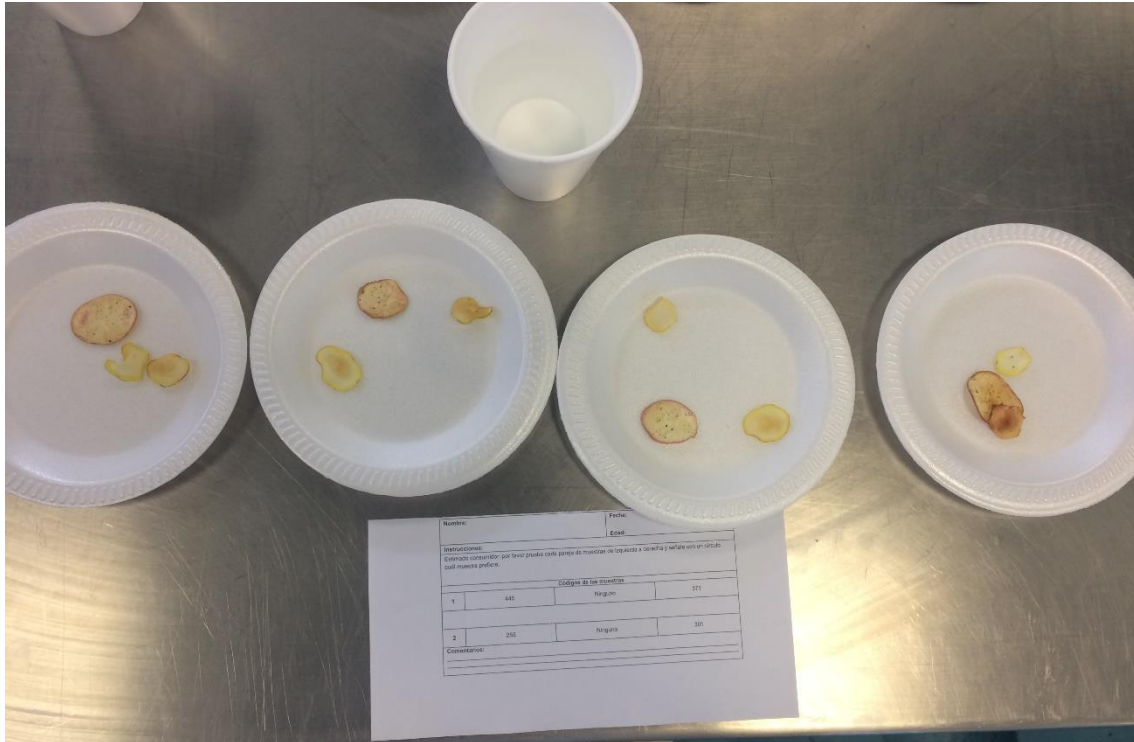
Ejemplo:  
Para  $\phi = 10$  grados de libertad

$$P[\chi^2 > 15.99] = 0.10$$

$\phi$	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	$\phi$
1	3.93E-06	1.57E-04	9.82E-04	3.93E-03	1.58E-02	0.102	0.455	1.323	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88	1
2	1.00E-02	2.01E-02	5.06E-02	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60	2
3	7.17E-02	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84	3
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.36	5.39	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86	4
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.67	4.35	6.63	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75	5
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.20	3.45	5.35	7.84	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55	6
7	0.989	1.239	1.690	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.02	14.07	16.01	18.48	20.3	7
8	1.344	1.647	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.22	13.36	15.51	17.53	20.1	22.0	8
9	1.735	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.39	14.68	16.92	19.02	21.7	23.6	9
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	6.74	9.34	12.55	15.99	18.31	20.5	23.2	25.2	10
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	7.58	10.34	13.70	17.28	19.68	21.9	24.7	26.8	11
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	8.44	11.34	14.85	18.55	21.0	23.3	26.2	28.3	12
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	9.30	12.34	15.98	19.81	22.4	24.7	27.7	29.8	13
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	10.17	13.34	17.12	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3	14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	11.04	14.34	18.25	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8	15
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	11.91	15.34	19.37	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3	16
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	12.79	16.34	20.5	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7	17
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	13.68	17.34	21.6	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2	18
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	14.56	18.34	22.7	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6	19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	15.45	19.34	23.8	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0	20
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	16.34	20.3	24.9	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4	21
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	17.24	21.3	26.0	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8	22
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	18.14	22.3	27.1	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2	23
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.3	28.2	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6	24
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.3	29.3	34.4	37.7	40.6	44.3	46.9	25
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.8	25.3	30.4	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3	26
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	21.7	26.3	31.5	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6	27
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	22.7	27.3	32.6	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0	28
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.6	28.3	33.7	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3	29
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.6	24.5	29.3	34.8	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7	30
40	20.7	22.2	24.4	26.5	29.1	33.7	39.3	45.6	51.8	55.8	59.3	63.7	66.8	40
50	28.0	29.7	32.4	34.8	37.7	42.9	49.3	56.3	63.2	67.5	71.4	76.2	79.5	50
60	35.5	37.5	40.5	43.2	46.5	52.3	59.3	67.0	74.4	79.1	83.3	88.4	92.0	60
70	43.3	45.4	48.8	51.7	55.3	61.7	69.3	77.6	85.5	90.5	95.0	100.4	104.2	70
80	51.2	53.5	57.2	60.4	64.3	71.1	79.3	88.1	96.6	101.9	106.6	112.3	116.3	80
90	59.2	61.8	65.6	69.1	73.3	80.6	89.3	98.6	107.6	113.1	118.1	124.1	128.3	90
100	67.3	70.1	74.2	77.9	82.4	90.1	99.3	109.1	118.5	124.3	129.6	135.8	140.2	100
$Z_{\alpha}$	-2.58	-2.33	-1.96	-1.64	-1.28	-0.674	0.000	0.674	1.282	1.645	1.96	2.33	2.58	$Z_{\alpha}$

Para  $\phi > 100$  tómese  $\chi^2 = \phi(Z_{\alpha} + \sqrt{2\phi - 1})^2$ .  $Z_{\alpha}$  es la desviación normal estandarizada correspondiente al nivel de significancia y se muestra en la parte superior de la tabla.

Anexo 3. Distribución de las muestras en la sesión de degustación para el análisis sensorial para un prototipo de snack crocante con tres tubérculos andinos.



Anexo 4. Evaluación del color y la textura de los cuatro tratamientos (procesos y cortes) de la primera repetición, entre el segundo y tercer día.



