

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE UN SNACK
NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN**

PRESENTADO POR:

MARIO FRANCISCO CRUZ LEIVA

CARLOS MAURICIO GARCÍA BOLAÑOS

RICARDO ANTONIO GARCÍA RIVERA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO:

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTORA:

INGRA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Título

:

**DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE UN SNACK
NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN**

Presentado por

:

**MARIO FRANCISCO CRUZ LEIVA
CARLOS MAURICIO GARCÍA BOLAÑOS
RICARDO ANTONIO GARCÍA RIVERA**

Trabajo de graduación aprobado por:

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

San Salvador, Febrero 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente asesor:

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

Dedicatoria por: *Mario Francisco Cruz*:

Los agradecimientos expresados en breve, son 100% real para cada persona mencionada: Agradezco a mi madre Gilma Corina Leiva y a mi padre, Mario Mariano Cruz, mis padres, quienes a mi lado hemos sido los ÚNICOS responsables de este triunfo profesional. A mi familia, tanto el lado de los Cruz (Mariana Cruz, Bárbara Cruz, Ing. Abelino Cruz, Andrea Cruz, Daniel Cruz y muchos más) como del lado de los Leiva. Iris Leiva, Alcira Leiva, Denis Jiménez, Clari Leiva Gladys Hernández, Edwin Hernández e Ing. Josué Morán.

Agradezco a la Federación de Justicia (Edison Josué Anzora, Roberto Armando Cuadra, Romeo Eduardo Osegueda) por tantos momentos de diversión/ocio/incoherencias/burlas con ellos, momentos de risas, tristezas y en fin tantas vivencias. Agradezco a: Licda. Marcela Avilés, Marisela Anzora, Mayte Veliz, Abigail Mártir, Karla López Paola Vásquez, Nicolle Ramírez, David Reyes, Francisco Reyes, Arq. Claudia Guandique, Lic. Andrés Alcides Reyes y Jessica Estrada. A Adolfo Estrada, pues también ha sido más que un colega, filósofo, crítico y profesional certificado de consolas de videojuegos, que sean otros 12 años más de disfrutar la vida. A todos ustedes mi familia y mis amigos no tengo palabras de gratitud para expresar lo únicos y especiales que son en mi vida. A la Licda. Rocío Margarita Rodríguez por su apoyo y amistad desde hace bastante tiempo.

Este título de “Ingeniero de alimentos” está dedicado a cuatro personas que partieron al descanso eterno: A Salvador Antonio Iraheta quien más que un primo, fue mi hermano, leal compañero de lucha, confiable, bondadoso y de un carácter como es digno de imitar. En tu corta vida fuiste un ejemplo de humildad y bondad. A mi abuelita Concepción Fuentes una señora que supo disfrutar la vida hasta el final, alegre de ayudar a otros y capaz de poder ver la belleza interna de las personas. A José Ángel Jiménez patriarca indómito de la familia Leiva, alegre, un hombre que siempre fue de carácter firme, abierto de mente aun a su edad avanzada y pendiente del bienestar familiar. A Marco Antonio Lozano un hombre ejemplo para la familia Leiva, cariñoso y empático con todos, deseoso de ayudar en todo lo que se pudiera y un gran ciclista, hasta el día de hoy recordado con gran cariño y nostalgia.

“Solo el mejor metal es digno del fuego más intenso” – Mario F. Cruz

Dedicatoria por: *Carlos Mauricio García*:

Se llegó el momento de escribir los agradecimientos después de un gran recorrido donde muchos formaron parte, hubieron altos y bajos, alegrías y momentos de desesperación y todo se culmina, todo terminó con este gran éxito. Agradezco a Dios, ya que solamente él sabe lo que esto significa; durante todo este tiempo él estuvo conmigo y me acompañó en todo momento, llegué a sacar buenas calificaciones sin estudiar y pues solamente Dios hizo la obra. Este triunfo es gracias a él.

A mis papás que sin dudarlos me dieron todo su apoyo, toda su paciencia y su comprensión. Gracias papá por esforzarse por mí, dedicarme parte de su tiempo y siempre haberlo hecho con gusto; a mi mamá le doy las gracias por todos sus cuidados, por estar pendiente de mí en todo el largo recorrido universitario. Ambos estuvieron desde el principio conmigo y me apoyaron en todo, me dieron todo lo que necesité, me comprendieron y me ayudaron. Gracias a mis hermanos porque estuvieron conmigo y sé que también se sienten orgullosos de mí y me da gusto compartir este logro con ellos.

Gracias a mis amigos, ellos fueron muy importantes cuando pasé casi todo mi tiempo fuera de casa, conocí a muchas personas y varias fueron de gran ayuda. Gracias a mis compañeros por toda su paciencia, esfuerzo y dedicación al trabajar conmigo. Gracias a mis maestros por enseñarme muchas cosas que ahora me están ayudando a mi vida profesional y en especial a mi asesora de proyecto de graduación. Gracias a mis amigos de la iglesia ya que ellos son parte de mi familia y formaron parte de este logro.

Dios es la fuerza que guio mis pasos y me dirigió hasta el final, armó cada pieza y convirtió mi vida en un altar donde se levanta agradecimiento eterno a él. Solamente Dios, sólo él hizo todo esto posible, llegamos juntos hasta el final de una carrera universitaria y el comienzo de los grandes planes que tienes para mí.

Dedicatoria por: *Ricardo Antonio García*:

Agradezco a todas las personas que se vieron involucradas de forma directa e indirecta en este trabajo de grado; especial mención a las Licenciadas Vilma Ruth Calderón e Isabel de Ruíz asesoras del proyecto por su incondicional apoyo; además a mis padres por haberme brindado todos los recursos durante el transcurso de los seis años de estudio en la Universidad. Finalmente a mis compañeros de proyecto Mario Cruz (quien dedicó buena parte de su tiempo al desarrollo de este trabajo) y Mauricio Bolaños.

RESUMEN

Se formuló un snack nutritivo a partir de una mezcla de harinas de 80% maíz dorado (Maíz QPM, por su siglas en inglés Máxima Calidad de Proteína) y camote naranja (*Ipomea Batatas*) que es fuente de betacarotenos en un porcentaje del 20%. El snack elaborado es una fritura que contiene aceite cuyas materias de extracción son el maíz y el girasol. Se realizó un análisis que propició las proporciones adecuadas de las harinas por medio de la evaluación de la consistencia, color de fritura y otros parámetros de calidad en la elaboración del snack. Las formulaciones de las harinas fueron de 50/50, 60/40, 70/30 y 80/20, todas ellas representadas como porcentaje peso, siendo la de mayor proporción la harina de maíz por su contenido de almidón que provee de la consistencia para procesos de moldeado, troceado y fritura al momento de la elaboración.

Se realizó un análisis de aceptación de las materias primas y el snack potencial en el mercado que mostró aceptación por parte de los potenciales consumidores conociendo aspectos cognitivos de la población sobre las materias primas alternas presentadas en la investigación, precio potencial a cancelar, conocimiento sobre ingredientes dañinos en los snacks, conocimiento sobre las materias primas comúnmente usadas en la elaboración de los snacks, entre otras. Un 50% de la población encuestada conceptualiza los snacks como un alimento “salado”, datos como el anterior entre otra información adicional han permitido fijar parámetros de calidad presentes en la investigación.

Se realizó un análisis proximal que demuestra que el snack elaborado es fuente de proteína y que provee un perfil nutricional significativo. El snack elaborado provee un porcentaje en peso de 8.25% de proteína, el aceite presente en el snack es de conformidad con la norma CODEX STAN 19-1981 que respalda parte de la inocuidad del snack elaborado. El snack elaborado fue sometido a un análisis sensorial afectivo de preferencia. El estudio de vida de anaquel y análisis del material de empaque fueron de gran relevancia para el desarrollo del producto pues este gracias a sus propiedades nutricionales (alto en carbohidratos y lípidos) tiende a ser deteriorado por el oxígeno y la humedad, por lo que se determinó que gracias a sus características el mejor empaque para el mismo consistió en un polipropileno bicapa que no permite el paso de la luz ultravioleta que ocasiona el deterioro del alimento, provee alta barrera contra el oxígeno y el vapor de agua.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
ALCANCES.....	5
1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTO TEORICO DE LA INDSUTRIA DE SNACKS EN EL SALVADOR Y CENTROAMERICA	6
1.1 Desarrollo y actualidad de la Industria de snack en El Salvador (Guzmán y Romero, 2004)	7
1.1.1 Mercado de snacks en El Salvador y la Unión Europea (MAG, 2008)	8
1.1.2 Tendencias del mercado de los snacks	9
1.2 Características de los Snacks	15
1.2.1 Ingredientes e insumos de los snacks	17
1.3 Procesos de fabricación de snacks (Bravo, 2008).....	18
1.3.1 Fritura.....	18
1.3.2 Nixtamalización	22
1.3.3 Insuflado	23
1.3.4 Extrusión.....	23
1.3.5 Deshidratado (Calderón, 2010).....	24
1.4 Los snacks y la Seguridad Alimentaria y Nutricional en El Salvador (CONASAN, 2011).....	25
1.4.1 Situación alimentaria y nutricional de El Salvador (CONASAN, 2011).....	25
1.4.2 Impacto de los snacks en los consumidores.....	27
1.5 Legislación y normalización de los snacks en El Salvador.....	28

1.5.1 Legislación internacional en la industria de los snacks	29
2. FORMULACION DE NUEVOS PRODUCTOS Y METODOS DE ANALISIS PARA EL DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE UN SNACK NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN.....	31
2.1 Métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.....	32
3. FASE EXPERIMENTAL DEL DISEÑO DE SNACK NUTRITIVO, LIBRE DE GLUTEN DE MAIZ Y CAMOTE NARANJA	38
3.1 Características de materias primas seleccionadas	38
3.1.1 Maíz dorado QPM como materia prima para la Elaboración de un Snack Nutritivo libre de gluten	38
3.1.2 Camote naranja como materia prima para la Elaboración de un Snack Nutritivo libre de gluten.	40
3.1.3 Aceite como materia prima para la elaboración de un snack nutritivo libre de gluten	42
3.1.3.1 Ensayo de determinación de peróxidos en el aceite de proceso de fritura	43
3.2 Elaboración de harinas de maíz dorado y camote naranja	44
3.2.1 Elaboración de harina de maíz dorado (Nixtamalizado)	44
3.2.2 Elaboración de harina de camote naranja	47
3.3 Formulación de la harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.....	50
3.3.1 Determinación de propiedades de flujo de masa de partículas para la harina compuesta a base de maíz dorado y camote naranja.	55
3.4 Procedimientos para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten.....	67
3.4.1 Parámetros de Calidad del Snack.....	71
3.5 Ensayos experimentales aplicados al Snack Nutritivo Libre de Gluten	72
3.5.1 Experimentación proximal del Snack Nutritivo Libre de Gluten	72

3.5.2 Parámetros de transferencia de calor para el diseño de equipo industrial de fritura del snack nutritivo libre de gluten	73
3.6 Resultados y análisis estadístico de aceptación del snack en el mercado	85
3.7 Ensayo sensorial aplicado al Snack Nutritivo libre de gluten	89
3.8 Selección del material de empaque y determinación de vida de anaquel	101
3.8.1 Ensayo de permeabilidad del material de empaque utilizado para el snack nutritivo libre de gluten	102
3.8.2 Vida de anaquel del snack nutritivo libre de gluten.....	103
3.8.3 Estabilidad Microbiológica del snack nutritivo libre de gluten	109
3.9 Viñeta Nutricional del Snack nutritivo libre de gluten	110
3.9.1 Declaración “Libre de Gluten” para el Snack (FDA, 2013)	121
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXOS	144

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Línea de tiempo de la industria de los snacks en El Salvador.	7
Figura 1.2 Exportaciones de frutas deshidratadas de El Salvador (2004 – 2007) Fuente: (Jimenez, A. 2012).....	9
Figura 1.3 Alimentos de impulso: Ventas mundiales al detalle.	10
Figura 1.4 Ventas mundiales al detalle de snacks dulces y salados 2007-2012.....	11
Figura 3.1 Captura de piezas de snack nutritivo libre posterior a la prueba de fractura. ...	55
Figura 3.2 Representación del ángulo de reposo obtenido.....	57
Figura 3.3 Representación gráfica del ángulo de espátula.	59
Figura 3.4 Aparato usado en la medición de densidades de harina compuesta de harina compuesta de maíz y camote naranja.	61
Figura 3.5 Harina pesada y tamizada para determinar grado de cohesión.	62
Figura 3.6 Montaje realizado para la determinación del porcentaje de dispersibilidad de la harina compuesta de maíz y camote naranja.....	64
Figura 3.7 Diagrama de radar del análisis de flujo de masa de partículas de la harina compuesta de maíz y camote naranja.	65
Figura 3.8 Tornillo sin fin para transporte de masa de partículas	67
Figura 3.9 Indumentaria usada para la elaboración del snack.....	68
Figura 3.10 Snack nutritivo libre de gluten.	72
Figura 3.11 Diagrama para la transmisión de calor (a) esfera; (b) paralelepípedo; (c) cilindro. Según Henderson y Perry (1955)	74
Figura 3.12 Grafico $\ln \left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}} \right)$ vs. t aplicado al proceso de fritura de snack a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.	78
Figura 3.13 Sección lineal de la representación gráfica de $\ln \left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}} \right)$ vs. t (Datos presentados en la figura 3.12).....	79
Figura 3.14 Regresión matemática de la sección lineal de la representación gráfica de $\ln \left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}} \right)$ vs. t (Datos resultantes presentados en la figura 3.12).....	80
Figura 3.15 Lectura del diagrama para la transmisión de calor.	84

Figura 3.16 Diagrama de radar para la evaluación sensorial de la muestra salada del snack nutritivo libre de gluten.....	97
Figura 3.17 Diagrama de radar para la Evaluación Sensorial de la muestra con Azúcar y canela de snack nutritivo libre de gluten.	98
Figura 3.18 Diagrama de radar para la muestra simple del snack nutritivo libre de gluten.	99
Figura 3.19 Panelistas en realización del análisis sensorial	100
Figura 3.20 Muestras evaluadas en el análisis sensorial.	100
Figura 3.21 Resultado proporcionado por el equipo de medición de permeabilidad.....	102
Figura 3.22 Equipo utilizado para determinación de la permeabilidad.....	103
Figura 3.23 Comportamiento de los datos experimentales de Aw.....	106
Figura 3.24 Toma de Actividad de agua a una muestra de snack nutritivo libre de gluten y acondicionamiento en cámara climática.	107
Figura 3.25 Información nutricional calculada con los datos de la USDA para la porción de 25 gramos de snacks.....	115
Figura 3.26 Leyendas de la viñeta para el empaque del snack nutritivo libre de gluten..	119
Figura 3.27 Etiqueta del snack libre de gluten.	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Surgimiento de la industria de los snacks y el inicio de las operaciones de diferentes industrias alimenticias productoras de snacks en El Salvador.....	6
Tabla 1.2 Snacks innovadores y tendencias.	12
Tabla 1.3 Tipos de snacks de acuerdo a su materia prima.	16
Tabla 1.4 Ingredientes básicos de los snacks.....	17
Tabla 1.5 Ingredientes alternativos para elaboración de snacks.....	18
Tabla 1.6 Factores de calidad de los alimentos sometidos a un proceso de fritura.	20
Tabla 1.7 Cambios y alteraciones en el aceite utilizado.....	21
Tabla 1.8 Descripción de procesos de deshidratado.....	24
Tabla 1.9 Legislación internacional que afecta indirectamente a los snacks.	30
Tabla 2.1 Fases del proceso de formulación de nuevos productos.....	31
Tabla 2.2 Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.	32
Tabla 3.1 Comparación de elementos nutricionales del maíz dorado QPM vs maíz tradicional.	39
Tabla 3.2 Parámetros de Calidad para el Maíz Dorado.....	40
Tabla 3.3 Dimensiones físicas de Camote Naranja.....	41
Tabla 3.4 Parámetros de Calidad para el Camote Naranja.....	42
Tabla 3.5 Características del aceite para el proceso de fritura del snack nutritivo libre de gluten.....	43
Tabla 3.6 Resultados para la determinación de peróxidos en el aceite post fritura.....	43
Tabla 3.7 Descripción del proceso de elaboración experimental de harina de maíz dorado.	45
Tabla 3.8 Rendimiento de harina de maíz dorado.....	46
Tabla 3.9 Descripción del proceso de elaboración experimental de harina de camote naranja.....	48
Tabla 3.10 Rendimiento de harina de camote naranja.....	49
Tabla 3.11 Iteraciones y porcentajes a usar de harinas individuales.....	50

Tabla 3.12 Evaluación de Formulaciones de Snack nutritivo libre de gluten.	52
Tabla 3.13 Resultados obtenidos para % de fractura de la formulación 4.	54
Tabla 3.14 Mediciones de los ángulos de reposo para la harina de maíz dorado y camote naranja.	56
Tabla 3.15 Promedio y moda del ángulo de reposo.	57
Tabla 3.16 Mediciones de los ángulos de espátula.	58
Tabla 3.17 Promedio de los ángulos de espátula.	58
Tabla 3.18 Dimensiones del aparato para medición de densidades.	59
Tabla 3.19 Mediciones de masas empacadas y aireadas.	60
Tabla 3.20 Densidades de trabajo resultantes para las diversas mediciones.	61
Tabla 3.21 Resultados obtenidos en las pruebas de cohesión.	63
Tabla 3.22 Resultados de la medición del porcentaje de dispersibilidad.	64
Tabla 3.23 Resumen de resultados de los análisis de flujo de masa de partículas.	65
Tabla 3.24 Evaluación de la fluidibilidad en la harina compuesta.	66
Tabla 3.25 Evaluación de la inundabilidad en la harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.	67
Tabla 3.26 Equipo utilizado en la elaboración del snack nutritivo libre de gluten.	69
Tabla 3.27 Rendimiento del proceso de elaboración de snacks	70
Tabla 3.28 Características sensoriales del snack	71
Tabla 3.29 Resultados obtenidos del análisis proximal del snack nutritivo libre de gluten formulación 80% Maíz dorado y 20% Camote naranja.	73
Tabla 3.30 Correlaciones de Choi y Okos (1986) para determinar conductividad térmica (k), densidad (ρ), calor específico (c_p) y Difusividad térmica (α).	75
Tabla 3.31 Registro de temperatura durante la fritura del snack.	76
Tabla 3.32 Cálculos para la determinación del coeficiente convectivo del proceso de fritura de snack a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.	77
Tabla 3.33 Determinación de la conductividad térmica del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal.	82

Tabla 3.34 Determinación de la densidad del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal	82
Tabla 3.35 Determinación del calor específico del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal.	83
Tabla 3.36 Respuestas comunes sobre “¿Qué ingredientes contienen los snacks?”	88
Tabla 3.37 Respuestas comunes sobre los ingredientes potencialmente presentes en los snacks.	88
Tabla 3.38 Errores en las mediciones.	91
Tabla 3.39 Determinación en pruebas discriminatorias.	92
Tabla 3.40 Variables propias de la pregunta #1 del cuestionario para el análisis sensorial (Ejemplo de cálculo).....	93
Tabla 3.41 Respuestas obtenidas de la pregunta #1 del cuestionario presentado del análisis sensorial.	94
Tabla 3.42 Resumen de respuestas del análisis sensorial.	96
Tabla 3.43 Características del empaque para el snack nutritivo libre de gluten.....	101
Tabla 3.44 Cronograma de actividades para la evaluación física y sensorial del snack nutritivo libre de gluten	104
Tabla 3.45 Datos experimentales del estudio de vida útil del snack nutritivo libre de gluten	105
Tabla 3.46 Parámetros de Actividad de agua para análisis de vida de anaquel del snack nutritivo libre de gluten	106
Tabla 3.47 Resultados del análisis sensorial para la muestra de snack nutritivo libre de gluten en evaluación de vida de anaquel	108
Tabla 3.48 Análisis de resultados microbiológicos del snack nutritivo libre de gluten	109
Tabla 3.49 Resultados del análisis bromatológico del snack nutritivo libre de gluten....	111
Tabla 3.50 Factores de conversión de masa (gramos) a energía	112
Tabla 3.51 Valor Diario de componentes alimenticios según FDA.	112
Tabla 3.52 Formula cuantitativa del snack en base seca	114
Tabla 3.53 Cálculo de la energía que aporta una porción de 25 g para el snack nutritivo libre de gluten.	116

Tabla 3.54 Cálculo del % Valor Diario para el snack nutritivo libre de gluten.	117
Tabla 3.55 Viñeta nutricional según RTCA 67.01.60:10 para el snack nutritivo libre de gluten.	118
Tabla 3.56 Viñeta nutricional del snack nutritivo libre de gluten según FDA	119
Tabla 3.57 Valores comparativos del snack nutritivo en relación a un snack comercial ..	120

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 3.1 Proceso de elaboración de harina de maíz (Amador, 2009)	44
Esquema 3.2 Proceso de elaboración de harina de camote naranja	47
Esquema 3.3 Proceso de elaboración de la harina compuesta	51
Esquema 3.4 Proceso de elaboración del snack.	68

INTRODUCCIÓN

En El Salvador los snacks se pueden comer a cualquier hora, en cualquier lugar, no importando su edad o el tipo de actividad que estén realizando en ese momento. Las frituras empacadas se pueden encontrar en cualquier lugar del país, desde la tienda más pequeña hasta el supermercado más grande.

Existe una gran diversidad de tipos de snacks, los hay de muchas formas, colores y sabores; pero la gran mayoría tienen en común su bajo aporte nutricional a la dieta de los consumidores, rara vez se puede observar en los grandes supermercados la venta de snacks con un aporte a la nutrición humana, y de encontrarlos, estos poseen un precio de venta elevado, dificultando su acceso a un buen porcentaje de la población.

Lo anterior marca un problema en El Salvador, los snacks, que son de gran consumo, no aportan beneficios nutricionales a la dieta de los consumidores, que actualmente buscan alimentos que incluyan un aporte de nutrientes a su organismo, siendo cada vez más estrictos en cuanto a lo que consumen. En otras palabras, el problema observado está en la calidad nutricional de la gran parte de los snacks que las personas compran; ya que estos poseen elevados niveles de grasas y carbohidratos, no contienen proteínas (o su aporte no es significativo), ni vitaminas que ayuden a la nutrición, se utilizan antioxidantes, saborizantes y preservantes artificiales que a largo plazo pueden traer efectos negativos a la salud. Claramente existe la necesidad de diseñar y desarrollar un snack que se ajuste al patrón de consumo actual en el país, es decir, que sea de buen sabor, color, textura, precio, etc. y que además contribuya positivamente a la nutrición de las personas que lo consuman, utilizando las tecnologías de alimentos correspondientes para su procesamiento y almacenado.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar y desarrollar un snack nutritivo, inocuo y libre de gluten a partir de la formulación de una harina compuesta de maíz dorado y camote naranja que sea libre de conservantes y colorantes artificiales.

Objetivos específicos:

- Desarrollar un producto alimenticio nutritivo con materia prima nacional que sea de fácil acceso físico y económico.

- Establecer y estudiar los parámetros de calidad mínimos que las materias primas deban cumplir para que el producto final sea de conformidad a lo planteado.

- Formular la composición de harinas compuestas a partir de la combinación de dos materias primas (maíz dorado y camote naranja) que permitan reunir las características sensoriales para la posterior elaboración de un snack nutritivo.

- Analizar el comportamiento físico, químico y tecnológico de las harinas compuestas elaboradas, mediante indicadores que modelen su calidad.

- Evaluar los parámetros físicos de transferencia de calor que afectan directamente la elaboración del snack.

- Realizar un análisis sensorial del producto terminado para conocer la aceptación de los consumidores.

- Realizar un estudio de vida de anaquel para el producto terminado, que involucre los principales factores químicos, microbiológicos y sensoriales que intervienen en el deterioro del snack.

- Determinar la composición nutricional básica del snack con un análisis bromatológico o proximal, para elaborar su etiqueta nutricional, respetando la legislación nacional vigente.
- Realizar un estudio de materiales de empaque para el producto formulado, y seleccionar el más idóneo de acuerdo a las características de calidad planteadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el mercado está lleno de todo tipo de productos alimenticios, los consumidores día a día se vuelven más exigentes en cuanto a la procedencia de los alimentos, materias primas y aspectos nutricionales, a esto sumemos que la globalización y el ritmo acelerado de vida, obliga a satisfacer las necesidades alimentarias de manera práctica y rápida, el problema radica firmemente en la calidad nutricional de un gran porcentaje de los snacks que se consumen; con el fin de establecer una alternativa de un producto con carácter nutricional y además con un bajo perfil económico, se pretende diseñar y desarrollar un snack nutritivo; el producto contará con la funcionalidad de ser un alimento libre de gluten, por lo tanto podrá ser consumido por personas intolerantes a dicho complejo proteico, los celíacos. Para su desarrollo se hará uso de las tecnologías de harinas, de tal forma que se elaborará con una harina compuesta, a partir de maíz dorado y camote naranja (ambos con excelentes características nutricionales), realizando diversas mezclas de proporciones de las harinas, para lograr la mezcla óptima que presente las mejores características sensoriales, nutricionales y de conservación para el producto. Se llevarán a cabo análisis de calidad tanto a las materias primas como al producto terminado, además se evaluarán parámetros físicos de transferencia de calor que incidan de forma determinante en la producción del snack, también se realizará un análisis físico mediante indicadores de las harinas compuestas formuladas (densidad, humedad, tamaño de partícula, cohesión y demás análisis granulométricos), finalmente el contexto social de este proyecto se enmarcará en la seguridad alimentaria y nutricional.

ALCANCES

- La composición de la harina fue elaborada a partir de dos materias primas nacionales, las cuales son: maíz dorado y camote naranja. Además la harina compuesta es libre de colorantes y conservantes artificiales, aprovechando las virtudes biológicas (betacarotenos) del camote naranja.
- El enfoque de elaboración y desarrollo del snack inició desde la selección de materia prima hasta la elaboración del snack, estudio de vida de anaquel y análisis de material de empaque del producto terminado. El proceso de formulación de la harina compuesta a partir de maíz dorado y camote naranja conlleva el análisis tecnológico del comportamiento de la harina, de esto dependió directamente las características organolépticas del producto.
- El mercado objetivo o target group es toda la población salvadoreña, en la que de manera especial se incluyeron las personas celíacas, gracias a que el producto fue elaborado a partir de materias primas libres de gluten
- Con el presente proyecto se elaboró un snack nutritivo que puede ser utilizado como parte de un programa gubernamental de mejora nutricional, aplicado a la dieta de la población estudiantil del sector público, o para fines de producción industrial, de esta manera se consideran los pilares fundamentales de la seguridad alimentaria y nutricional.
- El análisis bromatológico llevó a cabo la determinación de los siguientes nutrientes: carbohidratos, proteína, lípidos, humedad, fibra cruda y cenizas. Se realizó además la etiqueta nutricional de dicho producto según la legislación vigente en El Salvador.
- Se acudió al Laboratorio de Alimentos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), en coordinación con el Parque Tecnológico en Agroindustria (PTA) para desarrollar y elaborar el snack nutritivo, a través del uso de sus instalaciones y la asesoría de la institución.

1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTO TEORICO DE LA INDSTRIA DE SNACKS EN EL SALVADOR Y CENTROAMERICA

Los alimentos en el mundo además de satisfacer una necesidad humana brindan la oportunidad de integrar socialmente a las personas, estos son objeto del desarrollo del paladar humano al ser combinados y es en este sentido que el hombre ha llegado a desarrollar una industria emergente como lo son los snacks. La tabla 1.1 muestra el origen de la industria de los snacks y de su llegada a El Salvador. (Guzmán y Romero, 2004)

Tabla 1.1 Surgimiento de la industria de los snacks y el inicio de las operaciones de diferentes industrias alimenticias productoras de snacks en El Salvador

Año	Persona o Industria	Descripción
1853	George Crum (Chef estadounidense)	Desarrolló las papas fritas a partir de técnicas esenciales de cortado y freído. En ese entonces fueron llamadas “Saratoga Chips”
1934	Grupo Famossa	Inicia sus operaciones en El Salvador
1951	Productos Alimenticios Diana S.A. de C.V.	Inicia sus operaciones en El Salvador y en 1958 se extendió a Honduras, Guatemala, Belice, Nicaragua y Costa Rica; en 1978 se extiende a Estados Unidos.
1985	Productos Alimenticios Ideal S.A. de C.V.	Inicia operaciones en El Salvador siendo ésta división del grupo Famossa.
1993	Productos Alimenticios Bocadeli S.A. de C.V.	En enero de 1993 inicia operaciones en El Salvador y luego, en 1996, se extiende en todo Centroamerica, el Caribe, México, Estados Unidos y Europa.

Fuente: (Guzmán, Mejía y Romero, 2004).

La apertura de los mercados ha permitido que muchas empresas del rubro de los snacks estén presentes y puedan seguir ingresando al territorio salvadoreño, entre estas podemos

mencionar: Cressída de El Salvador S.A. de C.V. (Yummies), Sabritas y Cía., S.A. de C.V. y otros cuyos productos son importados a El Salvador, en la figura 1.1 se aprecian una línea de tiempo del desarrollo de snacks en El Salvador.

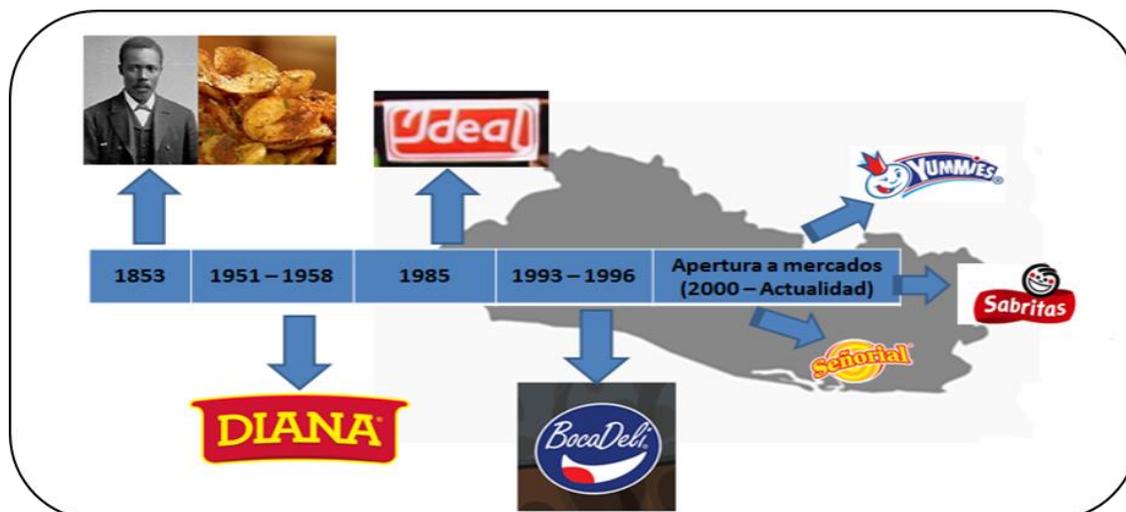


Figura 1.1 Línea de tiempo de la industria de los snacks en El Salvador.

Fuente: Productos alimenticios Diana (2015), Boquitas Ideal S.A. de C.V. (2015),
Productos alimenticios BocaDeli S.A. de C.V.

1.1 Desarrollo y actualidad de la Industria de snack en El Salvador (Guzmán y Romero, 2004)

La inversión extranjera que ha resultado del tratado de libre comercio con los Estados Unidos ha impulsado el desarrollo tecnológico y económico de El Salvador, ejemplo claro es que cada vez más la población nota la entrada de productos de diversa índole incluyendo los snacks.

Las industrias que comenzaron en el mercado salvadoreño y que han sido pioneras a lo largo del tiempo buscan la innovación y la mejora ante la creciente oferta de productos que existe a fin de poder competir en el mercado nacional e internacional. El actual tratado de libre comercio de El Salvador influye positivamente en el dinamismo y el creciente mercado de los snacks. Al momento El Salvador ha abierto tratados de libre comercio con El Caribe, México, Canadá, EEUU, etc.

Un mercado más globalizado obliga a la economía a optimizar sus recursos, siendo los mercados nacionales afectados por los tratados de libre comercio, invirtiendo en nuevas tecnologías y personal capacitado para la mejora continua de sus procesos.

1.1.1 Mercado de snacks en El Salvador y la Unión Europea (MAG, 2008)

El total de importaciones de la Unión Europea (UE) se incrementó en promedio en un 8% en valor, entre 2002 y 2006, totalizando 1.2 millardos / 762 mil toneladas en el último año 2007. Cerca del 13% de las importaciones de frutas deshidratadas de la UE provienen de países fuera de la UE (excluyendo países en desarrollo), 53% provienen de países en desarrollo y 34% de países miembros. Más de la mitad de importaciones de frutas deshidratadas de la UE provienen de países en desarrollo. Las importaciones de países en desarrollo se incrementaron en promedio en un 8% anualmente (en el periodo revisado), principalmente porque el incremento de las importaciones provino de Turquía el más grande proveedor, cuyo promedio anual fue del 6%.

Las pasas importadas corresponden cerca del 21% del total de frutas deshidratadas en 2006. Entre 2002 y 2006, las importaciones de pasas de la UE incrementaron en promedio 6% anualmente. Las ciruelas secas y las otras uvas secas representaron el 13%. Otras uvas secas incrementaron notablemente, 12% en promedio anual. Higos, melocotones y variados de frutas deshidratadas representan con el 8% de las importaciones cada uno. El total de exportaciones de frutas deshidratadas incrementaron 9% anualmente entre 2002 y 2006, totalizando € 464 /207 miles de toneladas el último año 2007, volviendo a la región en un importador neto de frutas deshidratadas. Alrededor del 83% de las exportaciones son reexportados a otros destinos de la región, los principales destinos son el Reino Unido (20%) y Alemania (17%). Las exportaciones a Eslovaquia fueron las que más se incrementaron, alrededor del 61% anualmente, comúnmente siendo el destino de cerca de 3% de las exportaciones de fruta deshidratada la UE. En cuanto a la balanza comercial de El Salvador las importaciones superan sustancialmente a las exportaciones, no obstante el monto se ha mantenido en el tiempo. Del total de exportaciones de frutas deshidratadas, el 78% se destina a Guatemala, el 17.6% a Nicaragua, 2.1% a Panamá y 1.7% a Honduras. La figura 1.2 muestra los diferentes destinos de la fruta deshidrata exportada de El Salvador.



Figura 1.2 Exportaciones de frutas deshidratadas de El Salvador (2004 – 2007).

Fuente: (Jimenez, A. 2012)

1.1.2 Tendencias del mercado de los snacks

El rubro de los snacks ha crecido considerablemente en los últimos tiempos de manera más notoria en el transcurso del presente año, se estima que al finalizar el año 2015 las ventas de snacks alcanzarán un total de \$3,000 millones, esto según fuentes del grupo de investigación “Global Industry Analysts Inc.” El ritmo de crecimiento acelerado supone el incremento de los malos hábitos alimenticios en la población, así como el ritmo de vida que estos experimentan al comer fuera de sus hogares y optar por compra de productos que pueden ser consumidos a conveniencia del consumidor. (Pineda, 2015)

Los únicos snacks aceptados y reconocidos como “saludables” son aquellos cuya materia prima es frutas y vegetales, pues se asume que estos snacks llevan procesos que no involucran una transformación química de sus componentes, el rubro de los snacks aporta gran parte de su tiempo e inversión al desarrollo e investigación de productos que sean prácticos para los ritmos de vida acelerado, productos con un perfil nutricional y con las características sensoriales aceptadas por los consumidores (Pineda, 2015). Con lo anterior se abre un escenario que genera múltiples probabilidades para desarrollar un producto nuevo en el rubro de los snacks, considerando lo siguiente: Selección de materias primas nutritivas; ingredientes nutritivos; reducción del contenido de sales, azúcar, grasa y otros; procesos que no atenten contra la calidad nutricional de manera drástica (Pineda, 2015).

Los consumidores de snacks ya sean dulces o salados (SDyS) o de otro tipo buscan la forma de satisfacer al paladar en relación a los costos que conlleva adquirir un alimento de esta categoría.

La Figura 1.3 muestra la industria de snacks dulces y salados que posee la tendencia de crecer hacia los 300 millones de USD.

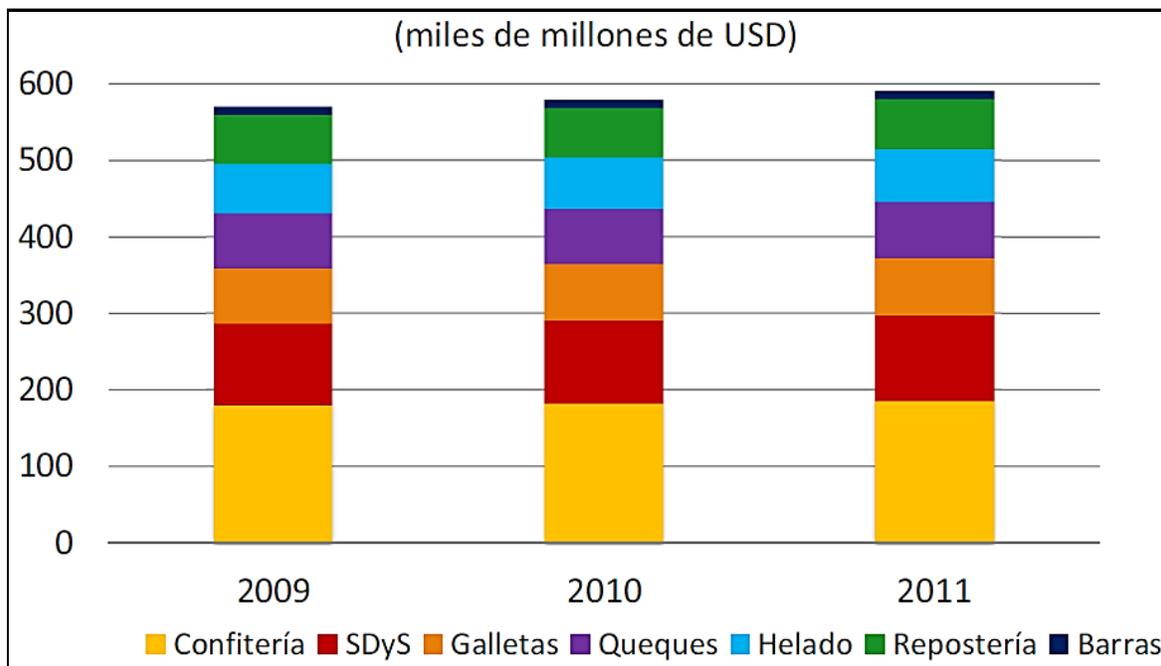


Figura 1.3 Alimentos de impulso: Ventas mundiales al detalle.

Fuente: PROCOMER, 2012

En la figura 1.4 se observa que la industria de snacks en materia de tortillas de maíz (Nachos, tortillas fritas, entre otros productos resultantes del nixtamalizado) son bastante aceptados y consumidos a nivel mundial; dentro de los “otros snacks” encontramos lo que son barras nutritivas o energéticas, snacks combinados, snacks nutritivos y otras combinaciones con funcionalidades diferentes adaptados a diversas demandas.

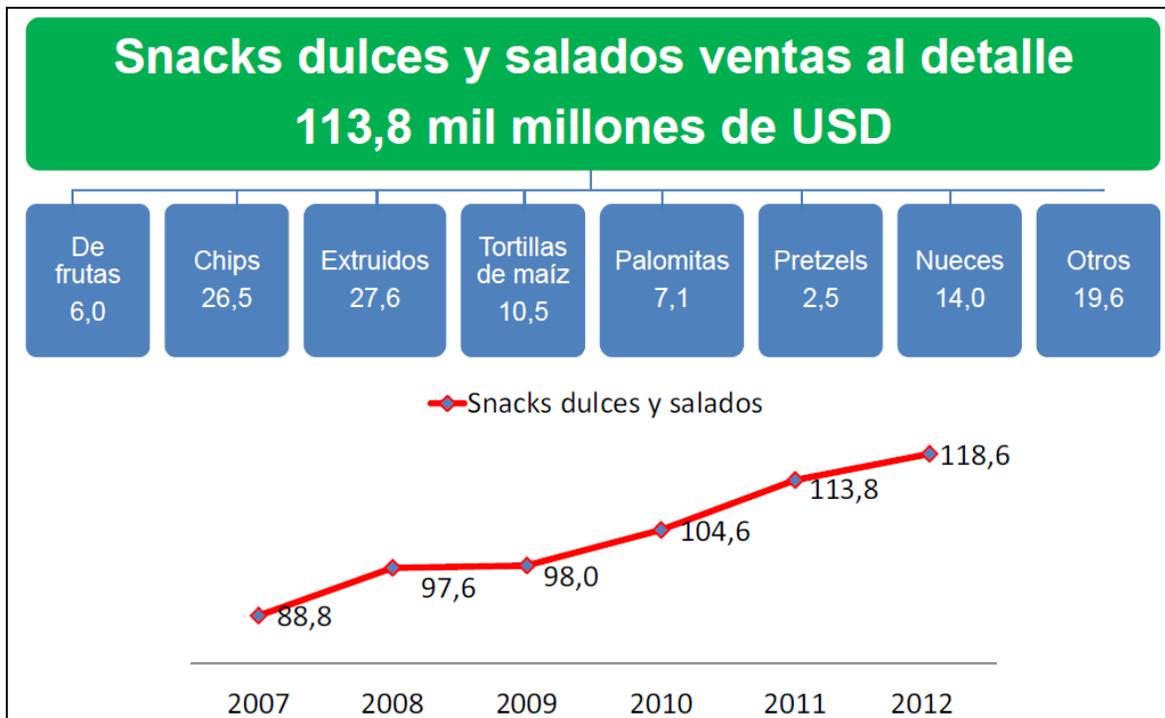


Figura 1.4 Ventas mundiales al detalle de snacks dulces y salados 2007-2012.

Fuente: PROCOMER, 2012

El mercado global en industria de los snacks muestra que el auge por productos que cumplan las expectativas de los consumidores crece cada día más adaptado a estilos de vida, adaptados a necesidades del organismo en específico, perfiles nutricionales, etc. La tabla 1.2 muestra algunos de los productos innovadores en el rubro de los snacks que han logrado la aceptación de los consumidores.

El empaque juega un papel importante en la diferenciación, pues el empaque es la primera impresión que el producto arroja sobre el consumidor y hace las funciones de un vendedor silencioso.

Tabla 1.2 Snacks innovadores y tendencias.

Nombre	Origen/declaración	Vista
Chips de papa con sal marina	Europa. Cocinadas a mano	
Chips horneados de patatas	Canadá. Libre de gluten	
Papas con sabor del mar	Francia. Sin aditivos, potenciadores del sabor elaboradas con aceite 100% de girasol libre de preservantes	
Snack a base de soja y patatas	Francia. Ideal para vegetarianos, menos de 100 calorías.	

Continúa...

Tabla 1.2.a Snacks innovadores y tendencias.

Nombre	Origen/declaración	Vista
Chips sabor miel y jamón ahumado	<p>Hungría.</p> <p>Cocinadas a mano, sin colores o sabores artificiales; sin glutamato monosódico</p>	
Chips de plátano con chile	<p>Ecuador.</p> <p>Sin aditivos o grasas trans</p>	
Chips de yuca	<p>Hong Kong.</p> <p>Alto en fibra, sin OGM, sin gluten</p>	
Chips con forma de fantasma	<p>Francia.</p> <p>Sabor a queso</p>	

Continúa...

Tabla 1.2.b Snacks innovadores y tendencias.

Nombre	Origen/declaración	Vista
<p>Chips de plátano con ajo</p>	<p>Ecuador. 100% natural, sin gluten; sin lactosa, sin grasas trans</p>	
<p>Chips de papa sabor queso y cebolla</p>	<p>Reino Unido. Bajo en calorías, sin colorantes o ingredientes artificiales, sin glutamato monosódico, para vegetarianos</p>	
<p>Chip natural de maíz azul</p>	<p>EEUU. Natural, sin preservantes o ingredientes artificiales. Hecho de maíz orgánico</p>	

Fuente: PROCOMER, 2012.

1.2 Características de los Snacks

Un snack es un alimento ligero que se consume entre comidas en proporciones consideradas mínimas y de fácil ingesta, no requiere de una gran manipulación y no necesita una preparación previa para el consumo; su función es satisfacer las necesidades del hambre que están fuera de los tiempos formales de alimentación.

Los snacks son alimentos que contienen a menudo cantidades importantes de edulcorantes, conservantes, saborizantes, sal y otros ingredientes. Son alimentos que no contribuyen a la salud en general y son denominados comida chatarra por su pobre valor nutricional y también por su alto contenido en aditivos. Aportan cantidad de grasas elevadas. Son productos de alto valor calórico y muy bajo en contenido de nutrientes por lo que su consumo frecuente puede favorecer déficit de calcio, hierro, vitaminas A y D y otros nutrientes (Exequiel, 2011).

Los snacks que proveen un contenido nutricional adecuado son una excelente opción para auxiliar a personas que pretenden cuidar su salud, evitar exceso en el contenido de grasas y ganancia de nutrientes valiosos para el organismo además de traer consigo otros beneficios como el control de la ansiedad.

A continuación se presentan algunas ventajas de consumir snacks con un perfil nutricional significativo (Pineda, 2015):

- a) Son fuente de vitaminas, minerales y sustancias antioxidantes si se escoge como materia prima vegetales o frutas. (Burgess & Glasauer, 2006)
- b) Beneficia el control sobre las calorías diarias al disminuir el hambre en el momento de las comidas principales, es esencialmente práctico en régimen de dietas y alimentación saludable.
- c) Minimiza la ansiedad y el apetito antes de cualquier comida o tiempo formal, esto a raíz de proporcionar al cuerpo fracciones alimenticias que mantienen al sistema digestivo activo.

- d) Evita los cambios drásticos de glucemias en el transcurso del día al proporcionar los sustratos saludables al organismo, mantienen la energía para las diversas actividades que realice el individuo.

En la tabla 1.3 se hace una clasificación de los snack en función del tipo de materia prima que se utiliza para su elaboración.

Tabla 1.3 Tipos de snacks de acuerdo a su materia prima.

Tipo	Descripción
Salados	Se incluye sal (sales) para conferir el sabor y otras características sensoriales. Ejemplo: pretzels, las tortillas chips, etc.
Dulces	Se añade o se utiliza azúcar, generalmente sacarosa, como ingrediente principal. Los productos de confitería pertenecen a esta clasificación.
Nutritivos	Aportan un valor nutricional al consumidor. Ejemplos de este tipo de snacks son el yogurt, la fruta deshidratada, las semillas, etc.
Naturales	No son tratados con agentes o sustancias ajenas al snack, no han sufrido transformaciones químicas. Principalmente son usados como materia prima.
Combinados	Poseen características de los diferentes tipos de snacks en proporciones que les den una aceptación óptima por el consumidor y que puedan aportar beneficios a la salud.

Fuente: Vilches, 2005

1.2.1 Ingredientes e insumos de los snacks

Los snacks presentan diversos tipos de ingredientes de acuerdo a la clasificación a la que estos pertenezcan. La tabla 1.4 muestra una lista de ingredientes comunes encontrados para los snacks del tipo dulce y salado.

Tabla 1.4 Ingredientes básicos de los snacks.

Ingrediente	Descripción
Harina	La harina da textura y consistencia al snack, aporta valor nutricional, actúa como agente absorbente (absorbe líquidos, no los disuelve y contribuye al sabor (dependiendo del tipo de harina que se utilice) (Quintero, 2013).
Aceites	Los aceites más comunes en la elaboración de snacks son el aceite de palma, aceite de soja y en ocasiones aceite de girasol. El aceite es el medio por el cual se da la fritura del alimento y durante el proceso ocurren diferentes reacciones: pérdida de nutrientes, deshidratación, impregnación de aceite, corteza crujiente y sabor y aroma característicos (Licata, 2013).
Cloruro de sodio (sal)	Bromatológicamente proporciona el sabor salado a los snack, potenciando su sabor. También funciona como un conservante natural debido a su poder deshidratador. (Bello, 2010; Ortuño, 2005)
Saborizantes y colorantes	Su función es aportar sabor y color al snack, se ha comprobado que causan efectos negativos a la salud del consumidor (Calvo y Durán, 2005).
Antioxidantes	Detienen la reacción en cadena de oxidación de las grasas; eliminando el oxígeno atrapado o disuelto en el producto, o el presente en el espacio que queda sin llenar en los envases, que facilitan la oxidación (Mejía, Pérez y Rosas, 2014).
Azúcar	Su función es dar volumen, suavidad, color, como edulcorante y para formar corteza (Quintero, 2013).

Se ha utilizado diferentes tipos de ingredientes alternativos para la elaboración de snacks con el objetivo de innovar y buscar alternativas que satisfagan las necesidades exigentes de los consumidores. Algunos de ellos se pueden observar en la tabla 1.5

Tabla 1.5 Ingredientes alternativos para elaboración de snacks.

Ingrediente alternativo	Snack elaborado
Remolacha	Diferentes tipos de chips
Frutas y verduras	Snacks deshidratados de banana, manzana, frutilla, choclo, arvejas y zucchini
Algas	Galletas de alga deshidratada
Wasabi	Snack de maní, soya y wasabi
Camote anaranjado	Chips de camote de tres colores en Europa (Bar Team, 2015)

Fuente: (Kupferman, 2015)

1.3 Procesos de fabricación de snacks (Bravo, 2008)

Existen diferentes métodos utilizados para la elaboración de snacks, entre los más comunes podemos mencionar el proceso de fritura, nixtamalización, insuflado, extrusión y deshidratado.

1.3.1 Fritura

La fritura de los alimentos puede definirse como el proceso de cocción de alimentos por inmersión en aceite o grasa a una temperatura superior al punto de ebullición del agua, normalmente entre 150 y 200°C (Kochhar, 2004; Varela, 1998).

Además de los cambios organolépticos que provoca la fritura, un efecto adicional es la preservación del alimento, como resultado de la destrucción de los microorganismos e inactivación de enzimas por efecto del calor y de la reducción de la actividad de agua, sea en la superficie o dentro del alimento, cuando éste se procesa en finas láminas (Fellows, 1998)

a) Proceso de fritura de snacks

El proceso de fritura consiste en sumergir el alimento en aceite o grasa caliente a altas temperaturas y a presión atmosférica, estas temperaturas son muy superiores al punto de ebullición del agua a esta presión. La diferencia de temperatura entre el alimento y el aceite desencadena un proceso simultáneo de transferencia de calor y de materia.

El calor es transferido del aceite al alimento y sirve para evaporar el agua del alimento, pasando al aceite como burbujas de vapor; además, el aceite va a penetrar en el alimento. Al mismo tiempo las propiedades físicas del alimento varían con los cambios de temperatura y de humedad que suceden en el interior del mismo (Moreira, 2001; Sahin, 1999; Vitrac, 2000).

Durante el proceso de fritura tienen lugar multitud de cambios físicos, químicos y nutricionales en el alimento. Estos cambios dependen, entre otros factores, de la humedad y el tipo de alimento, de la calidad de aceite utilizado y de la temperatura del proceso, así como del tiempo de residencia del producto en el aceite caliente.

b) Calidad de los alimentos procesados por fritura

Como consecuencia del proceso de fritura el alimento sufre una serie de reacciones y transformaciones debidas principalmente a la alta temperatura del proceso, a la extracción del agua que tiene lugar y al aumento del contenido de aceite (Vitrac et al., 2000).

Todo ello provoca una serie de cambios deseables en el producto como son la formación de costra en la superficie del alimento, brindando de esta forma una estructura rígida y crocante, el desarrollo del color característico, aroma, sabor y textura (Fellows, 1998). De ahí que la calidad de los productos obtenidos por fritura se evalúe a partir de parámetros organolépticos, principalmente el color y la textura (Stier, 2004).

El efecto de la fritura sobre el valor nutricional de los alimentos depende de las condiciones del proceso. En general, las temperaturas altas contribuyen a que la costra se forme más rápidamente y esto impide, en gran parte, la migración de nutrientes desde el interior del alimento hacia el aceite. Por otro lado puede darse la oxidación de vitaminas liposolubles y, por ende, una disminución del valor nutricional del alimento (Fellows, 1998; Saguy, 2003).

En la tabla 1.6 se muestra un detalle de las características comunes de los alimentos, incluyendo los snacks, que han sido sometidos a fritura.

Tabla 1.6 Factores de calidad de los alimentos sometidos a un proceso de fritura.

Factor de calidad	Descripción
Color	El color dorado es característico de un producto frito y determinante en la aceptación del mismo por parte de los consumidores (Krokida, 2001; Sahin, 2000). El color se ve afectado por las condiciones de proceso, principalmente tiempo, temperatura y tipo de aceite, así como por las características del producto, como son el tamaño, la variedad, o las condiciones de almacenamiento previas (Fellows, 1998; Krokida, 2001; Sahin, 2000).
Textura	La textura que se obtiene tras el proceso de fritura es consecuencia de los cambios producidos en la composición de los alimentos, principalmente en las proteínas y carbohidratos, que se modifican por efecto del calor transferido al alimento y por la eliminación del agua del mismo. Todo ello origina la formación de una costra que proporciona el atributo característico de crujiente al alimento (Fellows, 1998; Pedreschi y Moyano, 2005).
Contenido graso	El aceite en el proceso de fritura es un ingrediente que se vuelve parte del alimento al ser absorbido y sustituir al agua presente. La cantidad del aceite que es absorbido por un alimento depende de varias características intrínsecas del alimento como la porosidad, superficie expuesta a la fritura y la humedad que el alimento contenga, otro aspecto a destacar es que a temperaturas de freído bajo tiene por consecuencia que el alimento a cocer atrape una mayor cantidad de aceite o grasa en su interior. (Levine, 1990)

c) Cambios y alteraciones en el aceite utilizado (Yagüe Aylon, 2003)

Al aumentar la temperatura se aceleran todos los procesos químicos y enzimáticos, por tanto, una grasa o aceite calentados se degradan con bastante rapidez, sobre todo si hay residuos que potencian las reacciones de alteración actuando como catalizadores.

Los principales cambios y alteraciones químicas de los aceites calentados se presentan en la tabla 1.7

Tabla 1.7 Cambios y alteraciones en el aceite utilizado.

Tipo de reacción	Descripción del cambio	Consecuencias
Hidrolisis	Se produce en presencia de agua, humedad y calor que provocan la ruptura del enlace éster de los triglicéridos, los cuales se descomponen en monoglicéridos y diglicéridos y aparecen ácidos grasos libres. También influye el hecho de que haya humedad al calentar o enfriar el aceite a temperaturas inferiores a 100°C, y durante los períodos entre frituras, ya que el agua no se evapora, o si se acumulan gotas en la tapa de la freidora.	a) Decrece el punto de humo (temperatura a la que aparece el humo en la superficie del aceite)
		b) Aparecen olores y sabores indeseables
		c) Aumenta la acidez del aceite
Oxidación	<i>Autooxidación:</i> Consiste en la acción del oxígeno sobre los ácidos grasos, especialmente los poliinsaturados	Formación de peróxidos y radicales libres.
	<i>Termo oxidación:</i> Se produce por el efecto de las elevadas temperaturas, de forma que se favorece todavía más la alteración oxidativa	Olores, sabores no deseados, oscurecimiento y aumento de la viscosidad y formación de espuma.

Continúa...

Tabla 1.7.a Cambios y alteraciones en el aceite utilizado.

Tipo de reacción	Descripción del cambio	Consecuencias
Formación de acroleína	Compuesto orgánico que se forma por la reutilización del aceite	Produce irritación en los ojos, nariz y garganta si no se posee control sobre la temperatura o el calor. En casos más graves puede irritar la piel y producir quemaduras con una exposición prolongada.
		Puede producir náuseas, vómitos, mareos y problemas de bronquitis así como edemas pulmonares, hipertensión o taquicardia.

Fuente: Yagüe Aylon, 2003; Muñoz, 2014

1.3.2 Nixtamalización

La nixtamalización es un proceso alcalino de cocción del maíz, para convertirlo en masa, y de ahí a una amplia cantidad de diferentes preparaciones, entre las cuales la tortilla es posiblemente la más importante. El término también puede referirse a la eliminación a través de un proceso alcalino del pericarpio de otros granos como el sorgo (Bressani, 1990). La nixtamalización se inicia con la adición de dos partes de una solución de carbonato de calcio aproximadamente al 1% a una porción de maíz. Esta preparación se cuece de 50 a 90 minutos, y se deja remojo en el agua de cocción de 14 a 18 horas.

Posterior al remojo, el agua de cocción, conocida como nejayote, se retira y el maíz se lava dos o tres veces con agua, sin retirar el pericarpio ni el germen del maíz.

Se obtiene así el llamado maíz nixtamalizado o nixtamal, que llega a tener hasta 45% de humedad. La cocción en cal (carbonato de calcio) tiene varias ventajas: facilita la remoción del pericarpio, controla la actividad microbiana, mejora la absorción de agua, aumenta la gelatinización de los gránulos de almidón y mejora el valor nutricional al aumentar la niacina. Durante el proceso de nixtamalizado es necesario someter el grano de maíz a un remojo que distribuye la humedad y la cal en el mismo, esto contribuye al aumento del sabor característico de los productos elaborados con la masa producida (Paredes López, 2009; Guevara Lara, 2009; Bello Pérez, 2009).

1.3.3 Insuflado

El insuflado es una tecnología por medio de la cual se inyecta aire en la estructura del alimento y se obtiene un producto que posee una densidad (peso/volumen) menor. Este proceso es útil para la obtención de cereales inflados como el arroz, trigo, avena, etc. y para la elaboración de snacks. Los cereales inflados pueden consumirse como cereales para desayuno o pueden ser usados como base para la elaboración de otros productos a base de cereales como las barras de cereales y algunos snacks. (Bento, Gava y Gava, 2009).

1.3.4 Extrusión

El proceso de extrusión de alimentos es una forma de cocción rápida, continua y homogénea. Mediante este proceso mecánico de inducción de energía térmica y mecánica, se aplica al alimento procesado alta presión y temperatura (en el intervalo de 100-180 °C), durante un breve espacio de tiempo. Como resultado, se producen una serie de cambios en la forma, estructura y composición del producto. Debido a la intensa ruptura y mezclado estructural que provoca este proceso, se facilitan reacciones que, de otro modo, estarían limitadas por las características disfuncionales de los productos y reactivos implicados (Bento, Gava y Gava, 2009).

1.3.5 Deshidratado (Calderón, 2010)

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos. Los alimentos deshidratados no necesitan ser refrigerados y conservan mejor sus componentes nutricionales ya que el proceso es simple y fácil de realizar. Este método consiste en remover el agua de los alimentos hasta que su contenido se reduzca a un 10 o 20% con el objeto de prolongar la vida útil de los productos agrícolas, es decir, se elimina el agua que contienen los alimentos mediante evaporación por medio de calor, energía solar o eléctrica. Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutricional y de su sabor original, si el proceso se realiza en forma adecuada. Muchos snack son elaborados con este método debido a que no necesita gran complejidad en su elaboración y por medio de este se logra mantener muchas de las propiedades nutricionales y organolépticas de los productos. De manera artesanal se está utilizando la deshidratación solar, por medio de tendido a piso en grandes áreas expuestas al sol o por medio de deshidratadores caseros; también se está utilizando la energía eléctrica como medio de deshidratación. En la tabla 1.8 se hace una comparativa entre los dos tipos de deshidratación: Deshidratación solar casera y deshidratación eléctrica.

Tabla 1.8 Descripción de procesos de deshidratado.

Tipo de Deshidratación	Deshidratación solar	Deshidratación eléctrica
Fuente	Energía solar	Energía eléctrica
Temperatura	29 – 30 °C	60 – 100 °C
Humedad relativa	< 60%	Puede controlarse
Tiempo	Depende del alimento	Depende del alimento
Desventajas	Exposición del producto	Costo energético elevado
Imagen		

Fuente: Calderón, 2010

1.4 Los snacks y la Seguridad Alimentaria y Nutricional en El Salvador (CONASAN, 2011)

Los snack al ser alimentos, deben de buscar el cumplimiento de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en El Salvador. El Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) define como Seguridad Alimentaria y Nutricional al estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” (INCAP, 1999).

A partir de la aprobación del Decreto Ejecutivo No. 63, en octubre de 2009, se estableció en El Salvador que la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) es una prioridad de Gobierno, y nace el Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN) y su Comité Técnico Nacional (COTSAN) como entidades encargadas de la gestión de una política nacional en el tema, partiendo del reconocimiento del derecho a la alimentación como un derecho fundamental de toda persona (ratificado por el Estado salvadoreño en los diferentes tratados internacionales y en la Constitución) y teniendo en cuenta la evolución histórica de la temática hacia una visión multidimensional del problema alimentario y nutricional en El Salvador (CONASAN, 2011). Por tanto, es prioritario que con la innovación de la industria alimentaria, tal es el caso de los snacks, se busque la conformidad de la Política de la SAN para contribuir al desarrollo salvadoreño aportando alimentos de buena calidad en la cantidad necesaria para su correcta utilización.

1.4.1 Situación alimentaria y nutricional de El Salvador (CONASAN, 2011)

La Seguridad Alimentaria y Nutricional, está relacionada directamente a la producción de alimentos (incluyendo en todos los sentidos a los snacks) y a las condiciones de empleo e ingreso de las familias para garantizar el acceso económico a los alimentos. El cambio climático y los desastres naturales plantean nuevos retos en el tema de SAN y determinan las condiciones agropecuarias de El Salvador.

a) Situación de la pobreza en El Salvador y la Seguridad Alimentaria y Nutricional

En El Salvador, la pobreza continúa siendo de gran dimensión: es una de las expresiones más importantes de la desigualdad económica y social. Según cifras de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), un 37.8% de los hogares a nivel nacional se encuentran en pobreza; de estos, el 12% se encuentran en pobreza extrema; mientras que el 25.8% viven en pobreza relativa (DIGESTYC, 2009).

Es importante mencionar que bajo estas condiciones de pobreza persisten las brechas entre el área urbana y el área rural. Según datos de 2009, en el área urbana, más de un tercio de los hogares vive en pobreza, 9 se encuentran en la categoría de pobres extremos y 24, en la de pobres relativos. En tanto, en el área rural, 46 de cada 100 hogares son pobres, de los cuales 17 son pobres extremos y 29 se encuentran en situación de pobreza relativa (DIGESTYC, 2009).

b) Situación de la obesidad en El Salvador y la Seguridad Alimentaria y Nutricional

La obesidad y las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación son un problema emergente en El Salvador, según la encuesta FESAL (ADS, 2008), al utilizar el indicador de Índice de Masa Corporal (IMC), el 31.6% de las mujeres de 15 a 49 años (madres de niños y niñas menores de 5 años), presentaba sobrepeso; y el 25.6% obesidad. Es decir que más del 50% de las mujeres en El Salvador presentan riesgo alto de enfermedades crónicas no infecciosas. El sobrepeso es alto tanto en el área urbana como en área rural, mientras la obesidad presenta mayores niveles en el área urbana (32.5%) que en el área rural (30.4%).

Los snacks o aperitivos no se pueden asignar a un solo alimento, son productos que se caracterizan por su pequeño tamaño, ser ligeros, fáciles de manipular y de comer, sabrosos y capaces de aplacar momentáneamente la sensación de hambre.

No son considerados alimentos principales (desayuno, almuerzo, comida, merienda o cena) y se utilizan para “matar” el hambre, proporcionar energía para el cuerpo o, simplemente, por placer. Los snacks tradicionales contienen altas cantidades de edulcorantes, conservantes, saborizantes, sal, aceite entre otros ingredientes que si se consumen de forma desmedida pueden ocasionar problemas de salud (González, 2012).

Conociendo el contexto de El Salvador en relación a pobreza y enfermedades como la obesidad, se marca un reto bastante grande para la industria de productos alimenticios tipo snack debido a que la alimentación es un derecho de la humanidad, todas las personas de una nación deben tener acceso a los alimentos, de modo que esto les permita una vida saludable y productiva, lo que les permita contribuir al desarrollo de sus propias naciones.

1.4.2 Impacto de los snacks en los consumidores

Los snacks son un tipo de alimento que en muchas partes se considera relevante en la dieta, tanto en el desayuno, como almuerzo y otras comidas. Estos se consumen preferentemente en reuniones sociales, eventos, cumpleaños, etc, para calmar algún antojo o para aportarle algo de energía al cuerpo. Muchos de estos, tienen grandes cantidades de conservantes, edulcorantes, sal, saborizantes, entre otros ingredientes. Los snacks se comercian generalmente en envases llamativos, y se publicidad es alta. Estos hacen mal si se consumen en exceso y entre estos están las papas fritas, los chocolates, maní, etc. Pero también existen los del tipo natural, como cereales, frutas o verduras, leches saborizadas y otros, que son beneficiosos.

Los cambios en los hábitos de alimentación de la población, provocados por un ritmo de vida muy acelerado y estresante, han hecho que muchas personas se vean obligadas a mayormente o muy frecuentemente alimentarse a partir de comida conocida como snacks, fast-food, rápida o chatarra, hasta llegar a casos en los que ni se desciende del automóvil para ingerirla.

Alimentos como hamburguesas, hot-dogs (perritos calientes o panchos), batidos, patatas fritas, aros de cebolla fritos, pollo frito, pizzas y demás snacks forman parte de la alimentación diaria de una inmensa mayoría de personas, que sin darse cuenta están llevando a cabo una dieta poco variada y desequilibrada, con muchas desventajas y peligros para la salud y el bienestar en general. Es necesario aclarar que si este tipo de comidas fuesen consumidas de manera esporádica, no representa ningún tipo de riesgo para nuestra salud.

El problema se presenta cuando estos alimentos son ingeridos de manera diaria o habitual, ya que este tipo de alimentación nutricionalmente desequilibrada, genera al largo plazo una carencia de nutrientes con demasiados efectos indeseables para nuestro organismo (Licata, 2015). Por otro lado, y en perjuicio de estos establecimientos se ha comprobado a través de diferentes análisis que los snacks tienen varias irregularidades en su composición e ingredientes con respecto al etiquetado que llevan, y en otros varios casos también de establecimientos que no cumplen con las normas higiénico-sanitarias.

1.5 Legislación y normalización de los snacks en El Salvador

Por mandato de la Ley del Sistema Salvadoreño para la Calidad, el Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica (OSARTEC) es el responsable de coordinar la adopción, adaptación, actualización y divulgación de reglamentos técnicos de su competencia emitidos por las diferentes instituciones del Estado, esto incluye la los diferentes Reglamentos Técnicos Centroamericanos (RTCA) enfocados a la industria alimentaria y que afectan de manera directa o indirecta a la fabricación de snacks en El Salvador. El OSARTEC también tiene la facultad de emitir los reglamentos necesarios para el buen funcionamiento del Sistema. Los reglamentos técnicos deberán cumplir con lo establecido en el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) y el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) de la Organización Mundial del Comercio. (OSARTEC, 2015)

En relación a la legislación salvadoreña, no existen normas y reglamentos que apliquen de forma directa a los snack como tales, esto se debe a que el término “snack” es muy amplio y aplica para una gran cantidad de bocadillos.

Para fines de este documento se mencionan algunos reglamentos que afectan a los snack como productos preenvasados:

- RTCA 67.01.07:10 Etiquetado general de los alimentos previamente envasados (preenvasados).

- RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad.
- RTCA 01.01.11:06 Cantidad de producto en preempacados.
- RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios.
- RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de los alimentos.
- RTCA 67.04.40:07 Alimentos y bebidas procesadas. Grasas y aceites. Especificaciones.

Cabe mencionar que el RTCA 67.01.07:10 y RTCA 67.01.60:10, se utilizan de manera paralela para la elaboración de la etiqueta nutricional del snack desarrollado en este proyecto.

1.5.1 Legislación internacional en la industria de los snacks

Al igual que en El Salvador, no existen Normas o Reglamentos que afecten de manera directa al snack como un alimento de consumo, sino que a nivel mundial hay diferentes tipos de legislaciones que afectan de manera directa la producción y comercialización de los mismos.

En la tabla 1.9 se mencionan diferentes tipos de reglamentos y normas que afectan indirectamente a la industria de los snacks en América y Europa.

Tabla 1.9 Legislación internacional que afecta indirectamente a los snacks.

Región	Reglamentos o normas		Comentarios
América	Codex Alimentarius	Normas alimentarias	Su objetivo es proteger la salud del consumidor y garantizar la aplicación igualitaria de sus prácticas en el comercio internacional (OPS, 2015)
		Acuerdos de naturaleza recomendable	Para orientar y promover la elaboración e imposición de los requisitos aplicables a los alimentos (OPS, 2015)
Europa	Reglamentos del Parlamento Europeo y su Consejo	Seguridad de alimentos y piensos	Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea, 2015)
		Alimentos e ingredientes alimentarios nuevos	Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea, 2015)
		Aditivos alimentarios	Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea, 2015)

Fuente: Elaboración propia

2. FORMULACION DE NUEVOS PRODUCTOS Y METODOS DE ANALISIS PARA EL DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE UN SNACK NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN

El proceso de desarrollo de productos nuevos tiene varias fases, al final de cada una de las cuales debe hacerse una evaluación para decidir si se continúa el proyecto, porque en muchas ocasiones las condiciones del mercado no son favorables. Las 4 fases para el proceso de desarrollo de nuevos productos son: Conceptualización del producto; identificación de los factores de calidad del producto; selección de ingredientes y; formulación y experimentación. (Devia Pineda J. E., 2007). En la tabla 2.1 se describen las 4 fases para el proceso de desarrollo de nuevos productos.

Tabla 2.1 Fases del proceso de formulación de nuevos productos

No.	Fases	Descripción
1	Conceptualización del producto	Se requiere el conocimiento acerca del comportamiento del consumidor para el análisis del mercado. Es necesario verificar cual puede ser la posible aceptación del producto.
2	Identificación de los factores de calidad	<p>Los factores de calidad pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factores sensoriales (apariencia visual, olor, sabor, etc.): se emplean índices arbitrarios basados en la evaluación por un grupo de panelistas. • Factores fisicoquímicos: Se emplean pruebas o ensayos con principios científicos (determinación de humedad, fracturabilidad, etc.).

Continúa...

Tabla 2.1.a Fases del proceso de formulación de nuevos productos

No.	Fases	Descripción
3	Selección de ingredientes	Los ingredientes se seleccionan en base a las funciones necesarias para cumplir los requerimientos del consumidor.
4	Formulación y experimentación	Se realiza la prueba preliminar a nivel de laboratorio donde se establece la formulación del producto que se realizará

Fuente: Devia Pineda J.E., 2007

2.1 Métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten

En la tabla 2.2 se proporcionan parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten, se mencionan todos los análisis realizados en esta investigación para el desarrollo del producto final.

Tabla 2.2 Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Formulación y desarrollo de nuevos productos	Diseño de metodología para formulación de harina compuesta	Diseño factorial 2^k	Método experimental por el cual se puede determinar el menor número de ensayos con los cuales se pueden estudiar k factores. Se plantean experimentos con las diversas combinaciones de los niveles de los factores. (Lawson, 1992).

Continúa...

Tabla 2.2.a Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Factores de calidad		Análisis físicos	Humedad
			Textura
		A. Sensorial.	Análisis sensorial
Determinación de propiedades de flujo de masa de partículas	Ángulo de reposo para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	El ángulo de reposo ayuda a modelar el comportamiento que la harina tendrá estando almacenada y el tipo de cono y espacio que utilizará, ya sea en un espacio libre o confinado.
	Ángulo de espátula para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	El ángulo de espátula es un parámetro que proporciona una noción del comportamiento de los materiales para procesos de mezclado, generalmente procesos que involucran la mezcla de solutos sólidos finos en líquidos, procesos que involucran la utilización de equipo de mezcla, espátulas industriales, entre otros
	Densidad aireada para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	Las mediciones de las densidades (aireada y empacada) indican cuanto espacio libre posee una harina en su interior y es bastante útil a la hora de su empacado y almacenamiento.

Continúa...

Tabla 2.2.b Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Determinación de propiedades de flujo de masa de partículas	Densidad empacada para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	Las mediciones de las densidades (aireada y empacada) indican cuanto espacio libre posee una harina en su interior y es bastante útil a la hora de su empacado y almacenamiento, ya que brinda las herramientas para conocer qué cantidad de harina puede almacenarse o como puede optimizarse el espacio para el correcto almacenado.
	Densidad de trabajo para harina compuesta		
	Determinación de cohesión de sólidos finos para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	La prueba de cohesión permite determinar el grado de interacción que habrá entre masas de partículas. Es común para determinar si un material es apto para su transporte por medio neumático.
	Determinación de la dispersibilidad para harina compuesta	Norma ASTM D6393-99	La dispersibilidad demuestra el grado al que tiende una masa de partículas sólidas a distanciarse radialmente desde un punto de choque.

Continúa...

Tabla 2.2.c Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Análisis proximal para el snack nutritivo libre de gluten	Humedad	Estufa a 105°C	Métodos oficiales de la A.O.A.C. 15ª edición 1990. (Métodos empleados por el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Ver anexo G. Resultados de Análisis Proximal.
	Proteína cruda	Método Kjeldhal	
	Grasa (extracto etéreo)	Método Soxlet	
	Fibra cruda	Digestión ácido-base	
	Cenizas	Mufla a 550°C	
	Carbohidratos	Diferencia	
	Calcio (Ca)	Método de absorción atómica	
	Fósforo (P)	Espectrofotometría visible	
Parámetros de transferencia de calor	Coeficiente convectivo de transferencia de calor para el proceso de fritura del snack nutritivo.	Diagrama para la transmisión de calor según Henderson y Perry (1955)	Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura de alimentos por inmersión.

Continúa...

Tabla 2.2.d Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Parámetros de transferencia de calor	Conductividad térmica para el snack nutritivo libre de gluten	Correlaciones de Choi y Okos (1986)	Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura de alimentos por inmersión.
	Densidad para el snack nutritivo libre de gluten	Correlaciones de Choi y Okos (1986)	Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura de alimentos por inmersión.
	Calor específico para el snack nutritivo libre de gluten	Correlaciones de Choi y Okos (1986)	Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura de alimentos por inmersión.
	Difusividad térmica para el snack nutritivo libre de gluten	Correlaciones de Choi y Okos (1986)	Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura de alimentos por inmersión.
Análisis Estadístico de aceptación para el snack nutritivo libre de gluten	Encuestas	Metodología de encuestas de García, 2002	La metodología de las encuestas se basa en la realización por técnicas de interrogación que busca conocer características relativas respecto a un tema en específico (García, 2002)

Continúa...

Tabla 2.2.e Parámetros y métodos de análisis para el desarrollo de un snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Descripción del análisis		
	Descripción de la etapa	Metodología aplicada	Comentarios acerca de la metodología aplicada
Análisis sensorial para el snack nutritivo libre de gluten	Prueba afectiva de preferencia	Metodología de Hough & Fiszman, 2005	Prueba en la que el consumidor se inclina o tiene predilección hacia una muestra cuando se compara con otra u otras (Hough & Fiszman, 2005)
Análisis de empaque y vida de anaquel	Análisis de empaque para el snack nutritivo libre de gluten	Matriz comparativa de diferentes tipos de material de empaque en relación a los requerimientos de empacado del snack nutritivo libre de gluten	Comparación de 3 tipos de material de empaque (ver Anexo I): <ul style="list-style-type: none"> • Foil de aluminio • Polietileno • Polipropileno biorientado
	Permeabilidad	Norma ASTM D1434-82	Determinación de permeabilidad del empaque seleccionado.
	Estudio de vida de anaquel acelerada	Metodología según Posada, 2004	La vida de anaquel o vida útil de un producto alimenticio es el período previo al que dicho producto es declarado como no apto para ser consumido. La metodología aplicada describe un estudio de vida de anaquel acelerada en cámara climática.

3. FASE EXPERIMENTAL DEL DISEÑO DE SNACK NUTRITIVO, LIBRE DE GLUTEN DE MAIZ Y CAMOTE NARANJA

Se desarrolló un snack nutritivo libre de gluten a base de maíz dorado y camote naranja, en proporciones en masa de 20% camote naranja y 80% maíz dorado utilizando el diseño experimental 2^k. Inicialmente se trabajó definiendo y estableciendo parámetros y características de las materias primas, posteriormente se procedió a establecer la formulación óptima para la harina compuesta y determinación de las propiedades de flujo de masa de partículas de la misma; se estandarizó el proceso y se establecieron los parámetros de calidad del snack. Finalmente con el snack desarrollado se procedió a realizar una serie de análisis entre los cuales destacan: ensayo proximal, análisis estadístico de aceptación, análisis sensorial, análisis de material de empaque, vida de anaquel y elaboración de la viñeta nutricional del producto.

3.1 Características de materias primas seleccionadas

Se utilizaron maíz dorado y camote naranja para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten, se detallan para ambos los parámetros establecidos.

3.1.1 Maíz dorado QPM como materia prima para la Elaboración de un Snack Nutritivo libre de gluten

El maíz dorado **no es un producto Transgénico** (OGM, organismo genéticamente modificado, producto alterado por métodos especializados de ingeniería genética), sino un híbrido (cruce entre dos especies).

Aspectos Nutricionales Destacables del maíz dorado QPM

Se utilizó el maíz dorado (*Zea mays*) QPM (por sus siglas en inglés: Quality protein maximun) debido a que posee porcentajes de proteína y por lo tanto de aminoácidos superiores a los que presenta un maíz tradicional encontrado en los comercios de El Salvador, pero además tiene un alto índice de calidad el cual es fundamental para el aprovechamiento biológico.

Tabla 3.1 Comparación de elementos nutricionales del maíz dorado QPM vs maíz tradicional.

Variedad	% de Nitrógeno	% de triptófano	% de Proteína	Índice de calidad
QPM	1.79	0.111	11.20	0.99
Maíz común	1.64	0.040	10.23	0.40

Fuente: CENTA, 2015

Si se analiza la tabla 3.1 donde se observa que las diferencias no son demasiado grandes en cuanto a los porcentajes de aporte en cada uno de los nutrientes, pero si se hace énfasis en el índice de calidad es este el punto de inflexión que marca la diferencia, ya que esto nos indica que de la cantidad de nutriente que se ingiere para el maíz común solo se está aprovechando biológicamente un 40%, el cual se ve totalmente superado por la calidad que posee el maíz dorado QPM, el cual establece un índice de aprovechamiento de 99%, es decir que solo se pierde el 1% del contenido nutricional que se ingiere de esta variedad de maíz, un aspecto realmente importante para la nutrición de los consumidores actuales

Parámetros de Calidad del Maíz dorado

Los parámetros de calidad que se establecen para la selección de maíz dorado se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Parámetros de Calidad para el Maíz Dorado

Parámetro	Limites	Imagen
		Maíz dorado aceptable
Humedad	11% - 14%	
Color	Amarillo cristalino	
Impurezas y material extraño	Ausencia	
Daños ✓ Hongo ✓ Insectos ✓ Calor ✓ Otros	Ausencia	
Plagas	Ausencia	
Olores extraños	Ausencia	

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Camote naranja como materia prima para la Elaboración de un Snack Nutritivo libre de gluten.

El camote naranja anaranjado (*Ipomea batatas*) es un excelente alimento por sus propiedades nutricionales, es rico en carbohidratos, en provitamina A y en ciertos minerales.

Aspectos Nutricionales destacables del Camote Naranja

Se utilizó camote naranja ya que posee una serie de características nutricionales importantes, entre las que podemos destacar que es rico en carbohidratos, y en betacarorenos o provitamina “A” que se encuentran en el camote en mayor proporción en cuanto más intenso sea su color anaranjado.

Parámetros de Calidad del Camote Naranja:

El camote naranja por sus características de cultivo no posee una forma uniforme, las diferencias de tamaño y forma son bastante marcadas.

Para la uniformidad del proceso se utilizaron camotes con las dimensiones mostradas en la tabla 3.3.

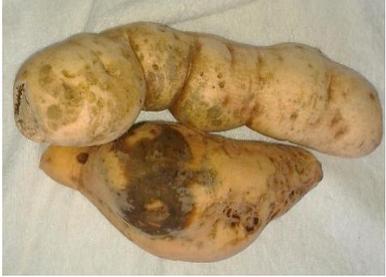
Tabla 3.3 Dimensiones físicas de Camote Naranja

Altura (cm)	Diámetro (cm)
12 – 14	6 – 8

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de calidad que se establecen para la selección de camote naranja se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Parámetros de Calidad para el Camote Naranja

Parámetro	Limite	Imagen
Impurezas y material extraño	Ausencia	<p>Camote Naranja aceptable</p> 
<p>Daños:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hongo ✓ Insectos ✓ Calor ✓ Otros 	<p>Ausencia</p> <p>Ausencia</p> <p>Tolerancia del 5%</p> <p>Tolerancia del 5%</p>	
Plagas y olores extraños	Ausencia	<p>Camote naranja no aceptable</p> 
Color	Naranja	
Textura	Firme	
Olor	Característico	

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Aceite como materia prima para la elaboración de un snack nutritivo libre de gluten

El aceite utilizado en la elaboración del snack nutritivo libre de gluten posee las características de calidad mostradas en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Características del aceite para el proceso de fritura del snack nutritivo libre de gluten

 <p>Composición: Girasol y soya</p>	<p>Características Organolépticas</p> <p>Color: Amarillo característico</p> <p>Olor: Característico</p> <p>Libre de materia extraña y/u olores extraños</p>
	<p>Características fisicoquímicas</p> <p>Ácidos grasos libres: 0.10% máximo</p> <p>Índice de peróxidos: 5 meq peróxido/ kg de aceite</p> <p>Humedad: 0.10% máximo</p>

Fuente: RTCA 67.04.40:07

3.1.3.1 Ensayo de determinación de peróxidos en el aceite de proceso de fritura

Se realizó el ensayo de peróxidos para determinar la cantidad de veces que se puede reutilizar en el proceso de fritura cierto volumen de aceite de girasol y soya de forma segura y evitando la formación de compuestos que afecten la calidad e inocuidad del producto. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El detalle del documento original entregado por las autoridades del CENTA se encuentra en el anexo H. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resultados para la determinación de peróxidos en el aceite post fritura

Análisis	Resultado en base húmeda	Unidades	Metodología usada	Norma de conformidad
Valor de peróxido	10	Mili equivalente de peróxido/Kg de aceite	Método oficial AOAC 1990	CODEX STAN 19-1981

Fuente: CENTA, 2015

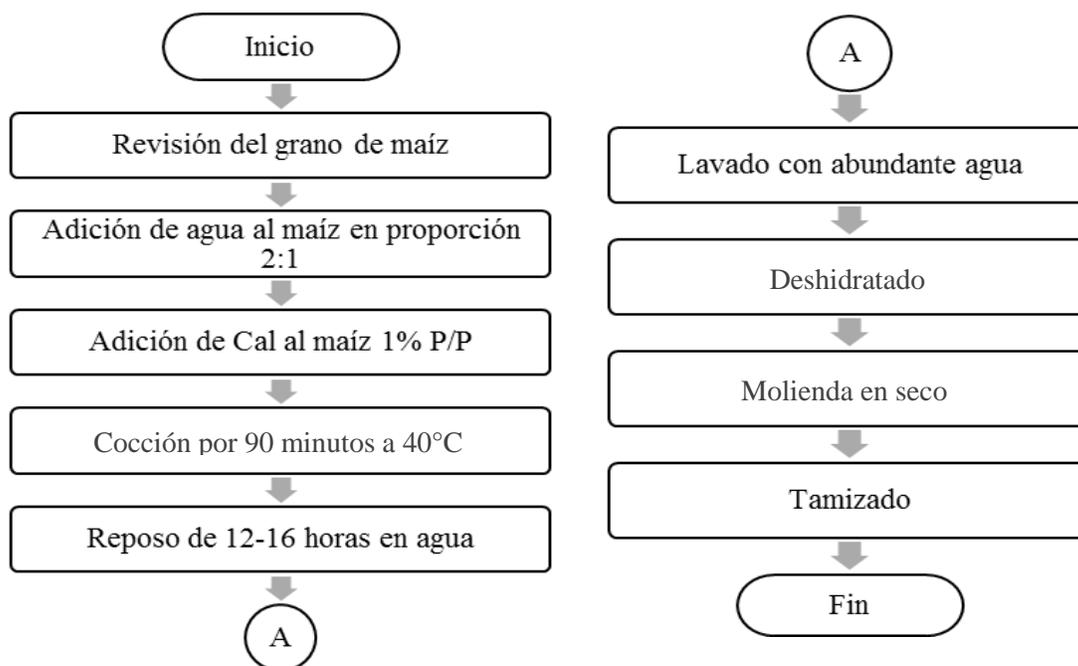
La norma CODEX STAN 19-1981 establece que el límite máximo para el contenido de peróxidos en un aceite no debe exceder los 10 meq/kg de aceite, cabe mencionar que este dato se establece para un aceite sin uso, por ello, es destacable que posterior a la elaboración de snacks utilizando 400 gramos de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja, obteniéndose en un total de cinco “batches”, el índice de peróxidos se haya mantenido relativamente bajo, por lo tanto como dato experimental, se establecerá un **uso máximo de cinco corridas con un volumen de aceite de 750 mL, para una temperatura de fritura de 190 – 200 °C.**

3.2 Elaboración de harinas de maíz dorado y camote naranja

Se realizaron métodos diferentes para la elaboración de harina de las materias primas, para el maíz dorado se llevó a cabo una nixtamalización, posterior secado y molienda; en el caso del camote naranja se realizó la deshidratación del tubérculo y molienda.

3.2.1 Elaboración de harina de maíz dorado (Nixtamalizado)

La metodología seguida para la realización de harina de maíz dorado se detalla en el esquema 3.1.



Esquema 3.1 Proceso de elaboración de harina de maíz (Amador, 2009)

En la tabla 3.7 se muestra la descripción y las masas involucradas del proceso de elaboración experimental de maíz dorado.

Tabla 3.7 Descripción del proceso de elaboración experimental de harina de maíz dorado.

Fase del proceso	Descripción	Imagen
Recepción de maíz dorado	Se trabajó 25 libras de maíz como materia bruta, del cual se registró 0.30 libras de maíz no aceptable, el resultado fue 24.7 lb de maíz aceptable	
Nixtamalización	El proceso se lleva a cabo a una temperatura de 92 °C durante 40 minutos, se adicionaron 75 libras de agua y 0.25 lb de óxido de calcio, se obtienen 50.20 libras de maíz nixtamalizado.	
Lavado	Se realizó un lavado con abundante agua y se aplicó acción mecánica para retirar el pericarpio, se obtuvo 42.2 lb de maíz posterior al lavado.	

Continúa...

Tabla 3.7.a Descripción del proceso de elaboración experimental de harina de maíz dorado.

Fase del proceso	Descripción	Imagen
Molienda	Finalmente se lleva a cabo el proceso de molienda del que se obtuvo 14.5 libras de harina de maíz.	

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento de la harina de maíz es relativamente alto, las pérdidas se llevan a cabo en las diferentes operaciones realizadas para la elaboración de dicha harina, influyendo grandemente los tratamientos térmicos que lleva previo a su elaboración. El rendimiento de la harina de maíz dorado se presenta en la tabla 3.8.

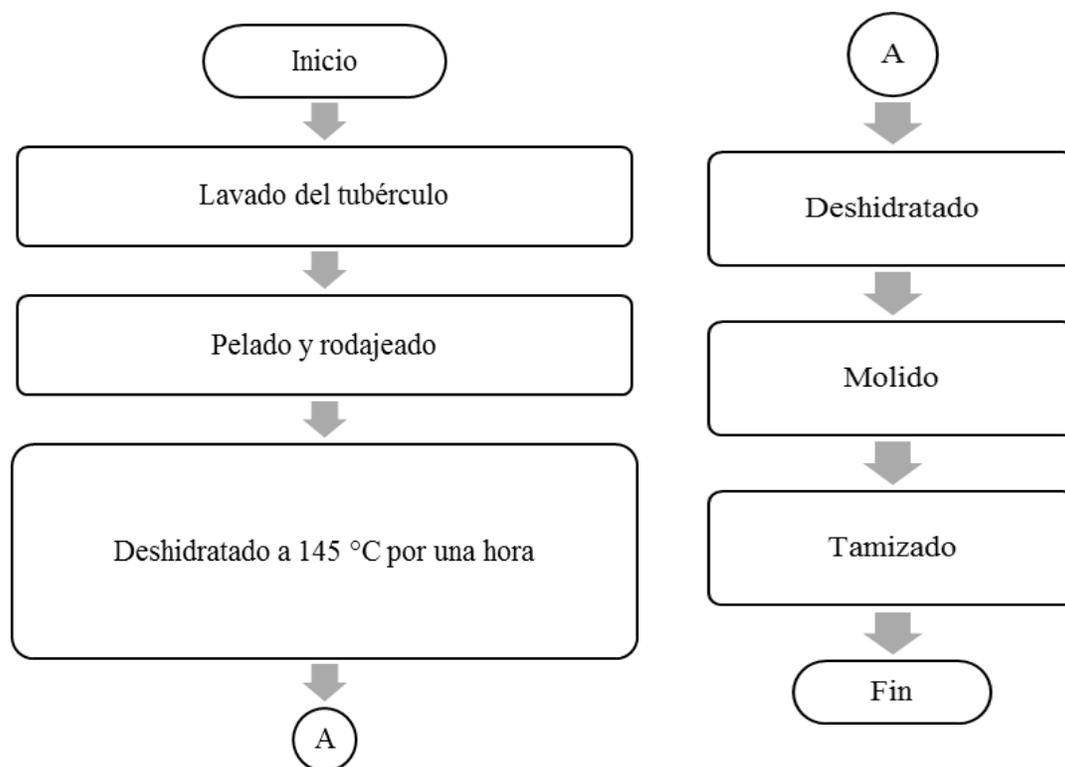
Tabla 3.8 Rendimiento de harina de maíz dorado

RENDIMIENTO BRUTO	58.0 libras de harina de maíz dorado por cada 100 libras de maíz dorado en bruto
RENDIMIENTO NETO	58.7 libras de harina de maíz dorado por cada 100 libras de maíz dorado limpio

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Elaboración de harina de camote naranja

Para la elaboración de harina de camote naranja se utilizó un tubérculo tierno con un tiempo de cosecha de un mes, debido a que un camote con grado mayor de madurez proporciona una mayor cantidad de azúcares, mientras que un camote fresco ayuda a un aprovechamiento óptimo del almidón presente en el tubérculo.(CENTA, 2015). En el esquema 3.2 se describe el proceso de elaboración de harina de camote naranja.



Esquema 3.2 Proceso de elaboración de harina de camote naranja

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de harina de camote naranja se realizaron una serie de fases, desde recepción de materia prima hasta la obtención de harina, en cada una de estas se registraron las masas para evaluar el rendimiento del proceso.

En la tabla 3.9 se muestra la descripción y las masas involucradas del proceso de elaboración experimental de camote naranja.

Tabla 3.9 Descripción del proceso de elaboración experimental de harina de camote naranja.

Fase del proceso	Descripción	Imagen
<p>Recepción de camote naranja</p>	<p>Se trabajó 95 libras de camote naranja en bruto, se llevó a proceso de lavado del cual se obtuvo 79.24 libras de camote limpio, posteriormente de la selección se obtuvo que 68.82 lb son camote aceptable.</p>	
<p>Pelado y cortado</p>	<p>Se retiró la cascara y se tienen 46.7 libras de camote pelado, posteriormente se llevó a cabo el cortado en láminas del cual se obtuvo 45.8 libras de camote.</p>	

Continúa...

Tabla 3.9.a Descripción del proceso de elaboración experimental de camote naranja

Fase del proceso	Descripción	Imagen
Molienda	Se realizó la disminución de tamaño de partícula en un molino de discos semi-industrial y se obtuvo 6.22 libras de harina de camote naranja.	

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento del camote naranja es relativamente bajo, ya que hay que tomar en cuenta todas las pérdidas que se llevan a cabo durante el proceso de elaboración de harina y además el alto contenido de agua que el bulbo contiene como parte de su composición química, el cual corresponde a 70.5 g por cada 100 g de porción comestible. Los rendimientos obtenidos se detallan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Rendimiento de harina de camote naranja

RENDIMIENTO BRUTO	6.55 lbs de harina de camote por cada 100 lbs de camote naranja en bruto
RENDIMIENTO NETO	13.3 lbs de harina de camote por cada 100 lbs de pulpa de camote naranja

Fuente: Elaboración propia

3.3 Formulación de la harina compuesta de maíz dorado y camote naranja

La formulación de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja se realizó bajo el diseño experimental 2^K siendo $K=2$ los factores controlables que representan la fracción en peso de cada una de las harinas a usar para la formulación de la harina compuesta (maíz dorado y camote naranja) y 2 son las materias primas utilizadas de tal forma que es un sistema conformado por dos fracciones y dos materias primas.

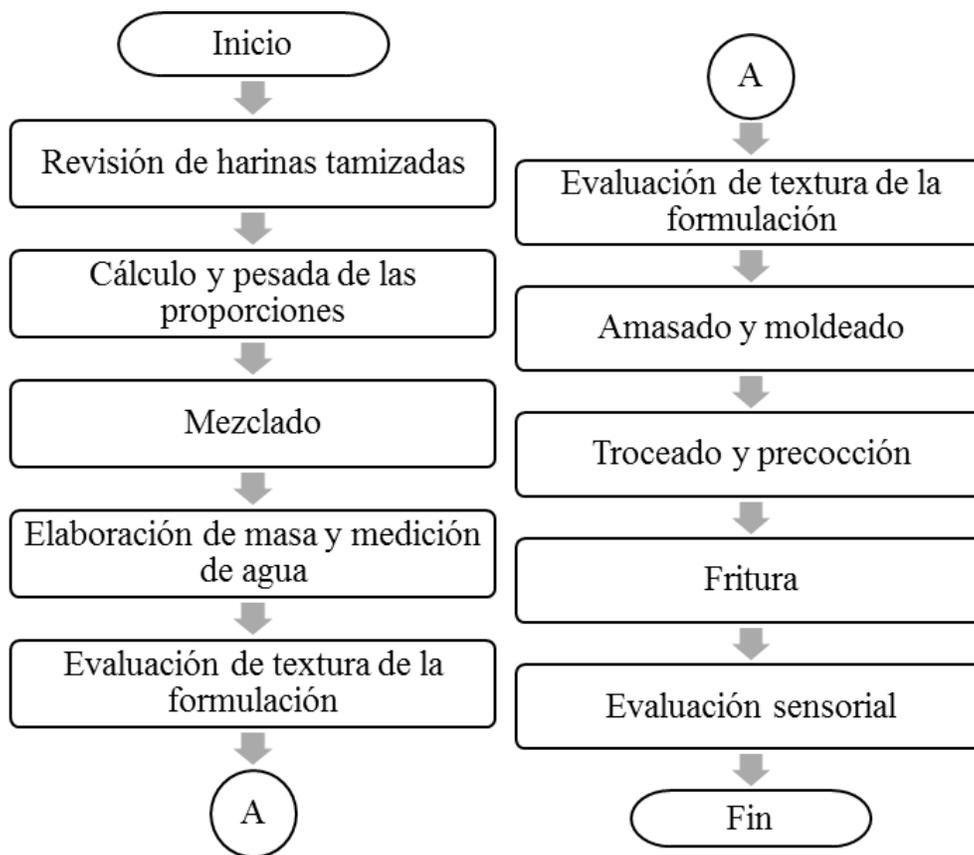
Las corridas experimentales que deben realizarse de acuerdo al diseño experimental $2^{K=2}$ se ilustran en la tabla 3.11:

Tabla 3.11 Iteraciones y porcentajes a usar de harinas individuales

<i>Composición →</i> <i>Iteraciones ↓</i>	Maíz dorado (%p/p)	Camote naranja (%p/p)
1	50	50
2	60	40
3	70	30
4	80	20

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño factorial en la presente investigación, se fijó el límite que la fracción de la harina de maíz dorado será mayor al 50% P/P, esto gracias a la cantidad de almidón presente en el maíz que es superior a la del camote naranja lo cual permite una mejor textura al momento de elaborar la masa y proporciona una mejor textura en el snack. (CENTA, 2015). En el esquema 3.3 se detalla el proceso para elaborar el snack y evaluar las formulaciones.



Esquema 3.3 Proceso de elaboración de la harina compuesta

Fuente: Elaboración propia

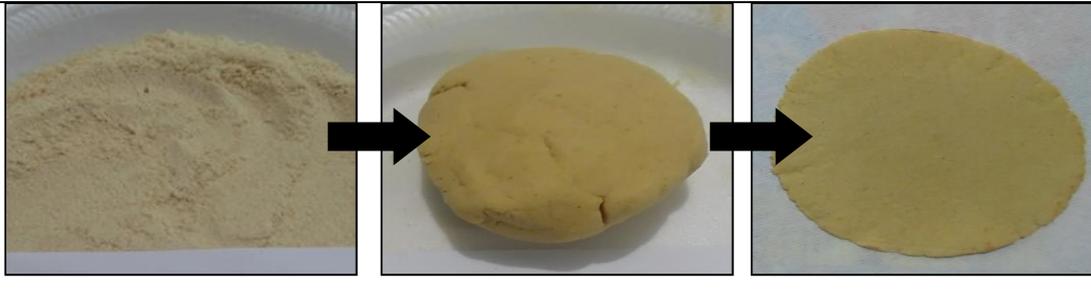
Para cada formulación se realizaron los procedimientos de adición de agua, amasado y moldeado, pre cocción y finalmente fritura, cada proceso se realizó de forma estándar, de tal manera que la finalidad es verificar que formulación obtenía las mejores características organolépticas (textura, sabor, color y olor).

Tabla 3.12 Evaluación de Formulaciones de Snack nutritivo libre de gluten.

Formulación (%P/P, maíz/camote naranja)	Fracturabilidad	Humedad	Características Organolépticas
50/50	No aplica*	4.05 %	Color: Naranja con oscurecimiento
			Sabor: Característico
			Textura: Sin crocancia, porosidad
			Olor: Característico dulce
Evidencia gráfica			
			
<p>De izquierda a derecha se muestra la harina de camote hasta llegar a la tortilla precocida, es importante destacar el color predominante naranja provisto por el contenido de camote naranja.</p>			
60/40	No aplica*	3.29%	Color: Naranja característico
			Sabor: Característico
			Textura: Sin crocancia, porosidad
			Olor: Característico dulce
Evidencia gráfica			
			
<p>Se muestra la misma secuencia que en la formulación anterior, en esta ocasión la tonalidad del color naranja disminuye, además destacar la poca cohesión de la masa (2da foto).</p>			

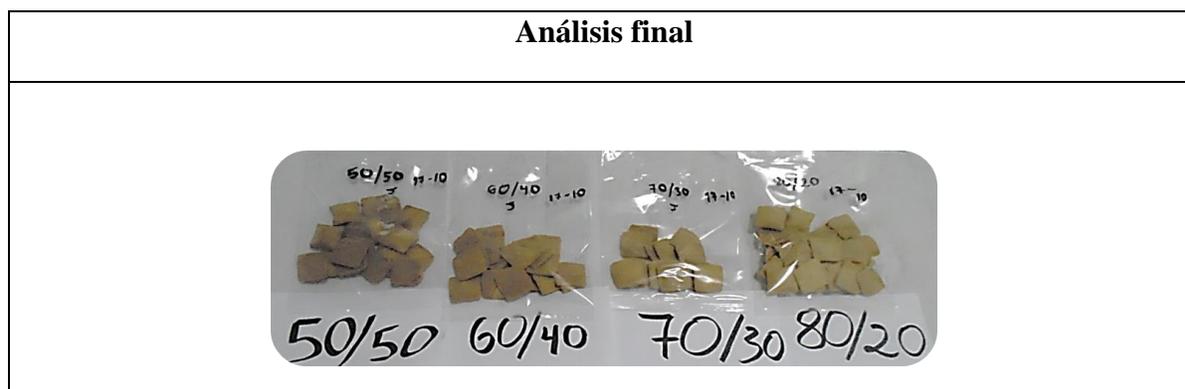
Continúa...

Tabla 3.12.a Evaluación de Formulaciones de Snack nutritivo libre de gluten.

Formulación (%P/P, maíz/camote naranja)	Fracturabilidad	Humedad	Características Organolépticas
70/30	No aplica*	2.79%	Color: Dorado característico
			Sabor: Característico
			Textura: Crocancia leve, persiste la porosidad
			Olor: Característico dulce
Evidencia gráfica			
			
<p>En este caso la intensidad del color decrece aún más, y a medida se aumenta la proporción de maíz dorado la masa aumenta más su cohesión y la aparición de grietas en el amasado (formulaciones previas) disminuye considerablemente.</p>			
80/20	0.0%	1.94%	Color: Dorado característico
			Sabor: Característico
			Textura: Crocante
			Olor: Característico dulce
Evidencia gráfica			
			
<p>Se acentúa la disminución de color, así como también la firmeza de la masa y por lo tanto una mejor estructura en la elaboración de la tortilla precocida.</p>			

Continúa...

Tabla 3.12.b Evaluación de Formulaciones de Snack nutritivo libre de gluten.



Fuente: Elaboración propia

*La fracturabilidad no aplica para productos que no presentan crocancia, ya que es una determinación de cuan fracturables son los snacks (rompimiento).

Porcentaje de fracturabilidad

El porcentaje de fractura se realizó para seleccionar la formulación óptima, para el caso particular solo se realizó a la formulación número cuatro, ya que fue la única que presento crocancia. La metodología de este ensayo se encuentra detallada en el anexo B-11.

El porcentaje de fracturabilidad obtenido para la formulación 4 se muestra en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Resultados obtenidos para % de fractura de la formulación 4.

	Cantidad	%p/p
Piezas Grandes 100%-95%	10 piezas	100
Piezas intermedias 95%-50%	0	0
Piezas pequeñas 50%-5%	0	0
Piezas finas (menores al 5%)	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la prueba de fractura realizada a las piezas de snack según se observa en la figura 3.1, por lo que la formulación número cuatro de snack nutritivo libre de gluten presenta un 0.0% de fracturabilidad.



Figura 3.1 Captura de piezas de snack nutritivo libre posterior a la prueba de fractura.

Fuente: Elaboración propia

Este dato indica que el snack es resistente a golpes y presiones leves, esta información es importante para el empaque y embalaje del snack, así como también es un **parámetro de calidad** que evalúa la textura del producto.

Formulación seleccionada.

Formulación número 4: Camote naranja/Maíz dorado – 20/80 %p/p

Esta formulación conllevará todos los análisis posteriores, los cuales serán: Determinación de propiedades de flujo de masa de partículas, análisis de transferencia de calor del proceso de fritura, análisis sensorial, análisis proximal, evaluación de material de empaque y vida de anaquel.

3.3.1 Determinación de propiedades de flujo de masa de partículas para la harina compuesta a base de maíz dorado y camote naranja

Haciendo uso de la guía de laboratorio PSM-PSA (2013), basada en los índices de Carr (1965) y respaldadas por la ASTM D8393-99 se determinaron las siguientes características:

a) Ángulo de reposo

Para el ángulo de reposo los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.14:

Tabla 3.14 Mediciones de los ángulos de reposo para la harina de maíz dorado y camote naranja.

Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ángulo (°)	20	20	19	18	19	25	23	23	24	27
Medición	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ángulo (°)	29	22	22	22	23	24	22	23	23	22
Medición	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ángulo (°)	23	24	24	24	23	23	22	25	21	23

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento indica que las iteraciones mínimas para la realización de la medición del ángulo de reposo no deben ser menores a veinte, para aumentar la precisión de los resultados se han realizado 30 mediciones.

Para obtener una conclusión certera del ángulo de reposo debe obtenerse la moda estadística o el promedio aritmético de las mediciones realizadas, ambas se presentan en la tabla 3.15. En la figura 3.2 se muestra la representación gráfica del ángulo de reposo obtenido.

Tabla 3.15 Promedio y moda del ángulo de reposo.

Promedio	22.73°	Moda	23°
-----------------	--------	-------------	-----

Fuente: Elaboración propia

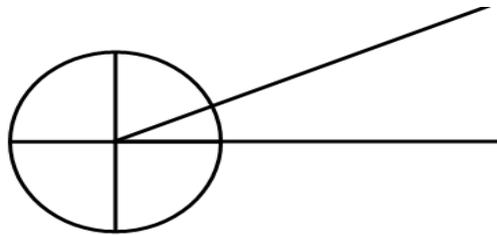


Figura 3.2 Representación del ángulo de reposo obtenido

Fuente: Elaboración propia

Un ángulo menor a 90° indica que con vibraciones y movimiento en el lugar de reposo de la harina habrá un desplazamiento menor de las partículas y esto beneficia en el diseño de equipos y transporte del proceso al no formar picos de ángulos mayores que proporcionan una mayor cantidad de espacio no utilizado en los equipos de almacenaje, menor riesgo de pérdidas en el producto al momento de transportarse, entre otros.

b) Ángulo de Espátula

Del total de mediciones se obtiene el promedio aritmético y es tomado como el ángulo de espátula del material medurado, los resultados se presentan en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Mediciones de los ángulos de espátula.

Medición	Ángulo (°)	Medición	Ángulo (°)	Medición	Ángulo (°)
1	21.97	8	18.43	15	18.43
2	19.78	9	19.33	16	21.54
3	20.67	10	17.53	17	21.97
4	18.43	11	22.41	18	21.10
5	21.54	12	21.97	19	18.43
6	17.98	13	19.78	20	19.33
7	19.78	14	21.10		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Promedio de los ángulos de espátula.

Promedio	20.08°
-----------------	--------

Fuente: Elaboración propia

El promedio aritmético se muestra en la tabla 3.17 para la harina compuesta en una proporción del 80% de maíz dorado y 20% camote naranja, este valor indica que para el almacenado de las harinas y la elaboración del snack a partir de la misma el transporte de la misma no presentará problemas por fluidez del material.

El ángulo formado por la espátula y la harina compuesta está comprendido entre los 18° y los 22° y esto indica que la harina formada tiene un grado de fluidez excelente, los índices de Carr (1995) muestran que para ángulos menores o iguales a 25° no se requiere una ayuda para el desplazamiento y fluidez del material.

El ángulo de espátula de la harina compuesta, representado gráficamente en la figura 3.3, es similar al ángulo de reposo con una diferencia de 3° aproximadamente; esto concluye que

en la formulación de harina compuesta, la proporción 80%/20% existe un excelente grado de fluidez.

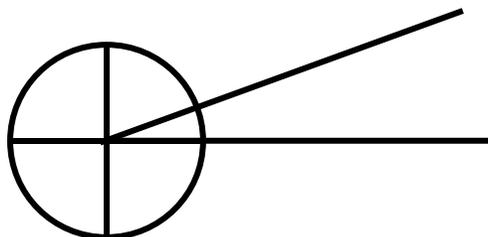


Figura 3.3 Representación gráfica del ángulo de espátula.

Fuente: Elaboración propia

c) Densidades

La tabla 3.18 muestra los resultados de las dimensiones del aparato descrito en la figura 3.4.

Tabla 3.18 Dimensiones del aparato para medición de densidades.

Dimensiones de caja	Medida
Alto (cm)	9.75
Largo (cm)	12.28
Ancho (cm)	11.95
Volumen (cm ³)	1430.77
Masa de la caja (g)	529.8

Fuente: Elaboración propia

Luego de medir las dimensiones del aparato vacío, se procedió a llenar el aparato de medición de densidades con la harina compuesta y determinar la densidad según sea el procedimiento con la ecuación característica de la densidad, masa entre volumen interno del aparato. En la tabla 3.19 se muestran los resultados de las mediciones hechas.

Tabla 3.19 Mediciones de masas empacadas y aireadas.

Mediciones	Masa aireada (g) + Aparato	Masa empacada (g) + Aparato	Masa aireada (g)	Masa empacada (g)
1	1065	1280	535.2	750.2
2	1070	1275	540.2	745.2
3	1045	1280	515.2	750.2
Promedios	1060	1278.33	530.2	748.53

Fuente: Elaboración propia

La masa aireada es aquella que se deposita en el interior del aparato de medición y que no debe recibir vibración al momento de llenarse de harina compuesta y rasarse. En la figura 3.4 se muestra el aparato utilizado para las mediciones de las densidades de la harina compuesta, en la tabla 3.20 se presenta el consolidado de resultado obtenido de las mediciones de densidades de la harina compuesta de maíz y camote naranja.



Figura 3.4 Aparato usado en la medición de densidades de harina compuesta de harina compuesta de maíz y camote naranja.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Densidades de trabajo resultantes para las diversas mediciones.

Mediciones	Densidad aireada (g/cm ³)	Densidad empacada (g/cm ³)	C	Densidad de trabajo (g/cm ³)	Densidad de trabajo (lb/pie ³)
1	0.374	0.524	0.287	0.811	50.624
2	0.378	0.521	0.275	0.796	49.688
3	0.360	0.524	0.313	0.838	52.289
Promedios	0.371	0.523	0.292	0.815	50.867

Fuente: Elaboración propia

Con las mediciones obtenidas es posible diseñar el equipo que podría ser utilizado en la industria ya sea para almacenaje o para su procesamiento.

Las densidades aireadas son parámetros claves en la elaboración de silos y equipos de almacenado y la densidad empacada determina cuanto volumen es capaz de ceder el material.

Es evidente que entre las diversas densidades existe una diferencia que resalta y que puede afectar en los diferentes procesos por los que pueda pasar la harina compuesta.

Para el almacenamiento y diseño de un potencial silo de almacenamiento se observa que será necesario adicionar un aparato vibrador para compactar la harina, o en procesos de empacado y transporte será necesario la adición de los antes mencionados para un uso óptimo del espacio.

d) Determinación de cohesión de sólidos finos

El grado de cohesión se evaluó para la harina compuesta con el objetivo de evaluar qué tan fácilmente se puede adherir entre sí. La figura 3.5 muestra parte de la experimentación de este ensayo.



Figura 3.5 Harina pesada y tamizada para determinar grado de cohesión.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos posteriores al proceso de vibración durante los 69 segundos se presentan en la tabla 3.21.

Tabla 3.21 Resultados obtenidos en las pruebas de cohesión.

Prueba	Masa medida (g)	Masa en M60 (g)	Masa en M100 (g)	Masa en M200 (g)	% Cohesión
1	2.0076	1.4000	0.3857	0.0523	82.0940
2	2.0040	1.7932	0.1711	0.0033	94.8260
3	2.0078	1.8460	0.0711	0.0113	94.5460
Promedio	2.0065	1.6797	0.2093	0.0223	90.4887

Fuente: Elaboración propia

El valor de porcentaje de cohesión obtenido: 90.49%, indica que la harina compuesta es muy cohesiva lo que implica que es capaz de adherirse en seco entre partículas de la misma, por lo tanto se debe de almacenar a condiciones de humedades relativas bajas, para evitar la formación de aglomerados y fenómenos ligados a la presencia de humedad.

e) Determinación de la dispersibilidad

Los resultados en la medición del porcentaje de dispersibilidad se detallan en la tabla 3.22 y se utilizó el aparato mostrado en la figura 3.6.

Tabla 3.22 Resultados de la medición del porcentaje de dispersibilidad.

Medición	Remanente en el vidrio (g)	% D
1	8.82	11.80
2	8.82	11.80
3	9.32	6.80
4	9.30	7.00
5	9.63	3.70
Promedio	9.18	8.22

Fuente: Elaboración propia

En promedio el porcentaje de dispersibilidad es de 8.22%, una característica deseada en procesos industriales puesto que el material, en este caso la harina puede sufrir menores pérdidas en procesos de transporte y mezclado.

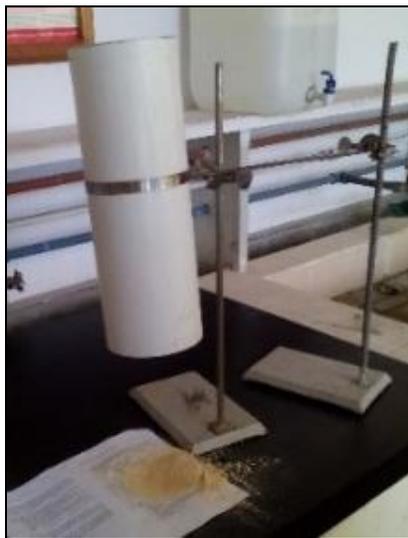


Figura 3.6 Montaje realizado para la determinación del porcentaje de dispersibilidad de la harina compuesta de maíz y camote naranja.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.23 se detalla un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en esta sección.

Tabla 3.23 Resumen de resultados de los análisis de flujo de masa de partículas.

Análisis	Resultado	Índice de Carr
Ángulo de reposo y espátula	23° y 20.08°	Excelente
Densidad aparente	0.371 g/cm ³	-
Densidad empacada	0.523 g/cm ³	-
Densidad de trabajo	0.815 g/cm ³	% de compresibilidad 20.92% → Regular
Grado de cohesión	90.49 %	Muy deficiente
Porcentaje de dispersibilidad	11.80 %	Regular

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica de los resultados obtenidos de los análisis de flujo de masa de partículas se expresa en la figura 3.7.

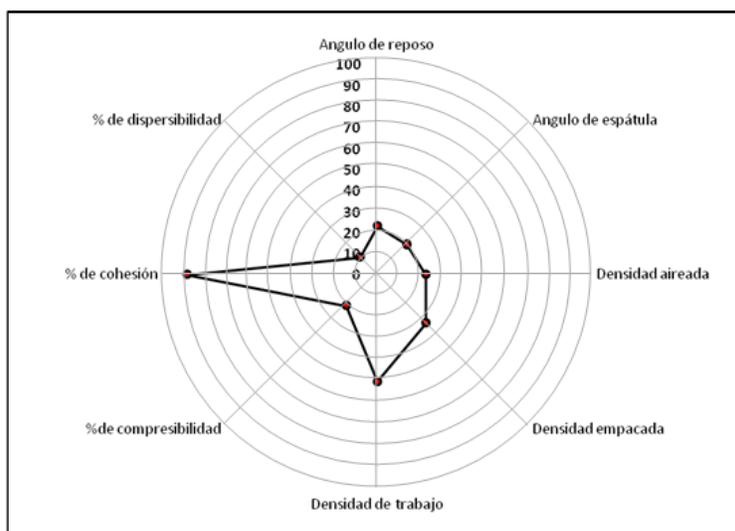


Figura 3.7 Diagrama de radar del análisis de flujo de masa de partículas de la harina compuesta de maíz y camote naranja.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Evaluación de la fluidibilidad en la harina compuesta.

Propiedad	Valor	Puntaje según Carr
Ángulo de reposo	23°	25
% de compresibilidad	20.92%	17.5
Ángulo de espátula	20.08°	25
% de cohesión	90.49%	0.0
	Sumatoria →	67.5

Fuente: Índices de Carr (1965)

Según Carr (1965) para valores comprendidos entre 60-69 en los puntajes de las pruebas granulométricas descritas en la tabla 3.24, la harina compuesta posee una fluidibilidad regular, es posible que al momento de transportar la harina necesite de maquinaria, ya sea para procesos o para su almacenaje.

La maquinaria antes mencionada puede consistir en un tornillo giratorio que evite que la harina compuesta se adhiera a la superficie sobre la que se transporta.

La figura 3.8 muestra uno de los tipos de tornillo que pueden ser utilizado para el flujo de masa de partículas perteneciente a la harina de maíz dorado y camote naranja. En la tabla 3.25 se muestran los puntajes según Carr para la evaluación de la inundabilidad.



Figura 3.8 Tornillo sin fin para transporte de masa de partículas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Evaluación de la inundabilidad en la harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.

Propiedad	Valor	Puntaje según Carr
Fluidibilidad	67.5	25
% de dispersibilidad	11.80%	12
	Sumatoria →	37

Fuente: Índices de Carr (1965)

Para valores de sumatoria comprendidos entre 25-39 evaluando inundabilidad se hace necesario que el transporte necesite un tornillo rotatorio o maquinaria que facilite el paso de la harina compuesta dependiendo de la velocidad que se desee en el transporte de la misma. Debe considerarse que en esta medición se toman en cuenta el ángulo de caída y el ángulo de fricción interna, ambos valores experimentales no se realizaron.

Las metodologías usadas en las pruebas de flujo de masa de partículas han sido respaldadas por la norma ASTM D6399-99 (Ver ANEXO B).

3.4 Procedimientos para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten

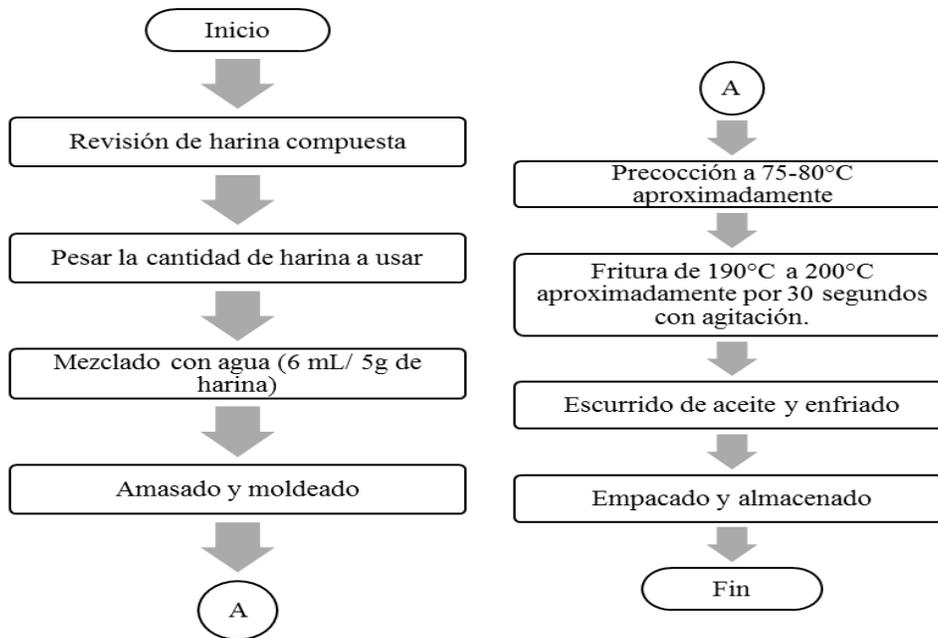
Para la elaboración de un snack nutritivo libre de gluten se respetó la aplicación de las buenas prácticas de manufactura como eje de trabajo, en la figura 3.9 se ejemplifica.



Figura 3.9 Indumentaria usada para la elaboración del snack.

Fuente: Elaboración propia

En el esquema 3.4 se define el proceso para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten:



Esquema 3.4 Proceso de elaboración del snack.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.26 se describe el equipo utilizado para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten.

Tabla 3.26 Equipo utilizado en la elaboración del snack nutritivo libre de gluten.

Fase	Descripción	Imagen
Amasado	<p>A 500 gramos de harina compuesta se agregó 600 mL de agua (relación de 6mL agua por cada 5 gramos de harina compuesta).</p> <p>Con la masa se hizo bolitas de entre 8-10 gramos y luego con el equipo se elaboraron tortillas con diámetro aproximado de 10-12 cm cada una.</p>	<p>Equipo que se utilizó en la elaboración de tortillas:</p>  <p>Tortillas amasadas:</p> 
Precocción	<p>Se precocieron las tortillas por 2 minutos por cada lado a una temperatura de 75-80°C. Se utilizó una estufa comercial (Mabe TX1-4CON estufa de piso a gas 20” con horno), se determinó experimentalmente que con la precocción se retira un 50% del agua inicial en la masa.</p>	

Continúa...

Tabla 3.26.a Equipo utilizado en la elaboración del snack nutritivo libre de gluten.

Fase	Descripción	Imagen
Moldeado	El moldeado se realizó con una figura rectangular de aproximadamente 1 pulg ² , resultando snacks con un menor tamaño, ya que en el proceso de fritura se pierde volumen, por la evaporación del agua. Las pérdidas obtenidas fueron alrededor del 15% de masa (Masa que industrialmente puede reprocesarse). La masa de la figura moldeada es aproximadamente 0.80-0.90 gramos.	<p>Moldeado del snack</p> 
Fritura	Se calentó el aceite hasta alcanzar una temperatura de 190-200°C. Se sumergieron los snacks para freírlos en aceite por un lapso de tiempo de 30 segundos. Se pesó el producto final, dando como resultado una masa 0.70-0.85 gramos.	<p>Snack nutritivo libre de gluten sometido a fritura</p> 

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento del proceso se detalla en la tabla 3.27.

Tabla 3.27 Rendimiento del proceso de elaboración de snacks

RENDIMIENTO	89 gramos de snacks por cada 100 gramos de harina compuesta
Calidad A	89.33 % (494 unidades de snacks Calidad A de un total de 553 unidades producidas)
Calidad B	8.32 % (46 unidades de snacks Calidad B de un total de 553 unidades producidas)
Porcentaje de “pillowing”	2.35% (13 unidades de snacks con “pillowing” de un total de 553 unidades producidas)

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de calidad A y B, así como el fenómeno de pillowing se describen en la siguiente sección: parámetros de calidad del snack.

3.4.1 Parámetros de Calidad del Snack

Todo alimento debe de cumplir con una serie de parámetros estándar que satisfagan a los consumidores, este conjunto de características es lo que conocemos como calidad. En el caso de los snacks los parámetros de calidad están ligados a caracteres sensoriales, sobre todo aspectos de textura, sabor, color, olor, aroma, entre otros. Con el objetivo de obtener un producto uniforme y que además cumpla con parámetros estándar, en la tabla 3.28 y figura 3.10 se describen las características de calidad que el snack debe satisfacer.

Tabla 3.28 Características sensoriales del snack.

Olor	Característico de fritura, con tonos dulces
Color	Color dorado Calidad A: Color dorado Calidad B: Color dorado con leve oscurecimiento
Sabor	Dulce
Textura	Crujiente, 5% de fenómeno de pillow (forma de almohada), defecto de calidad 2 % de producto con quebraduras o fracturamiento
Tamaño	1 pulgada cuadrada de área superficial
Espesor	1.50 mm

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.10 Snack nutritivo libre de gluten.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Ensayos experimentales aplicados al Snack Nutritivo Libre de Gluten

Para el desarrollo de un snack de maíz dorado y camote naranja es necesario contar con análisis que nos permita conocer el grado de elaboración adecuado, la cocción o calor necesario para poder ser ingerido y/o alcance las propiedades sensoriales deseadas, la vida útil que este tendrá para ser consumido y/o almacenado.

3.5.1 Experimentación proximal del Snack Nutritivo Libre de Gluten

El análisis de composición química bruta o bromatológica del snack nutritivo libre de gluten se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) durante el período del 24 de agosto al 09 de septiembre de 2015. El detalle del documento original entregado por las autoridades del CENTA se encuentra en el anexo G.

Todos los fundamentos teóricos utilizados fueron extraídos del Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y los resultados se presentan en la tabla 3.29.

Tabla 3.29 Resultados obtenidos del análisis proximal del snack nutritivo libre de gluten formulación 80% Maíz dorado y 20% Camote naranja.

Análisis	Resultado base húmeda P/P	Unidades	Metodología
Humedad	3.68	g/100 g de muestra	Estufa a 105°C
Proteína cruda	8.25		Método Kjeldhal
Grasa o extracto etéreo	15.14		Método Soxlet
Fibra cruda	1.29		Digestión ácido base
Cenizas	1.62		Mufla a 550°C
Carbohidratos	71.31		Diferencia de pesos
Calcio (Ca)	0.17		Absorción atómica
Fósforo (P)	0.24		Espectrofotometría visible

Fuente: (CENTA, 2015)

3.5.2 Parámetros de transferencia de calor para el diseño de equipo industrial de fritura del snack nutritivo libre de gluten

Para el modelado y cálculo de sistemas de fritura (equipo y valores de trabajo) de alimentos por inmersión en aceites muy importante la determinación de los coeficientes de transferencia de calor y masa. Para el desarrollo del snack nutritivo libre de gluten se llevó a cabo el cálculo experimental del coeficiente de transferencia de calor convectivo, aplicando los materiales y métodos descritos en la sección “a)” y basados en Henderson y Perry (1955).

a) Materiales y Métodos

Para la determinación del coeficiente de transferencia de calor se utilizaron snacks en forma de paralelepípedo, cortados manualmente. Las condiciones de proceso fueron temperatura de fritura 200 °C y tiempo de fritura de 40 segundos, con mediciones cada 5 segundos.

Se utilizó para ello aceite de girasol y soya, y una freidora marca Presto modelo Dual Pro Fry Deep Fryer de 1 litro de capacidad, además para medir las variaciones de temperatura del snack se hizo uso de un termómetro externo con un dispositivo de lectura con luz infrarroja y un sensor de medición directa, marca Fluke modelo 62 mini, este último se dispuso para la medición constante de la temperatura del aceite.

Las temperaturas se registraron en una hoja de cálculo, tomadas directamente de la pantalla digital del termómetro.

El coeficiente de transferencia de calor se determinó a partir del Diagrama para la transmisión de calor, según Henderson y Perry (1955), el cual elaboró correlaciones para alimentos que tienen forma sencilla (esfera, paralelepípedo y cilindro), para este caso el snack se elaboró en forma de paralelepípedo y se hará uso de la figura 3.11.

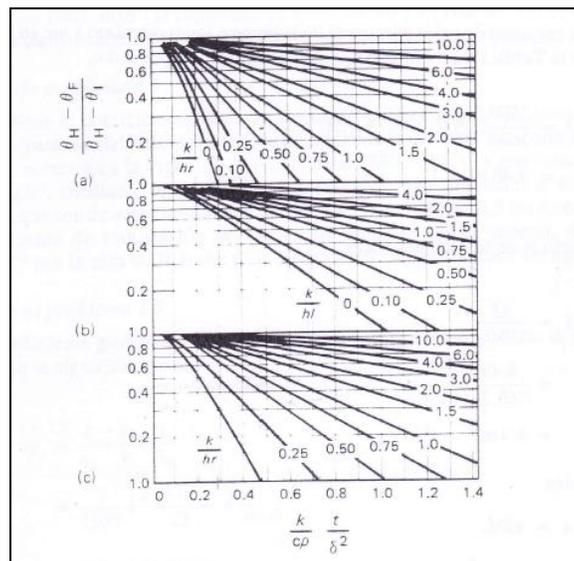


Figura 3.11 Diagrama para la transmisión de calor (a) esfera; (b) paralelepípedo; (c) cilindro. Según Henderson y Perry (1955)

Fellows (1994) menciona que cuando un alimento sólido (como el snack) se calienta o enfría las resistencias a la transmisión del calor están constituidas por el coeficiente de transmisión de calor superficial y la conductividad térmica del alimento. Estos dos factores se encuentran relacionados por el número de Biot:

$$Bi = \frac{h \delta}{k} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

En esta expresión h (W/m²K) representa el coeficiente de transmisión de calor, δ la dimensión media característica del alimento (radio del cilindro o la esfera; grosor medio del paralelepípedo) y k (W/mK) su conductividad térmica.

La conductividad, el calor específico y densidad de la muestra serán determinados con base a la composición del alimento y la temperatura con las formulas sugeridas por Choi y Okos (1986), por lo que será necesario obtener la información proximal del alimento, estas correlaciones son las que se presentan en la tabla 3.30.

Tabla 3.30 Correlaciones de Choi y Okos (1986) para determinar conductividad térmica (k), densidad (ρ), calor específico (c_p) y Difusividad térmica (α).

Propiedad	Forma del modelo	Componente	Modelo
k	$\Sigma(X^W_i k_i)$	Proteína	$1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3} T - 2,7178 \times 10^{-6} T^2$
		M. Grasa	$1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3} T - 1,7749 \times 10^{-7} T^2$
		Carbohidratos	$2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3} T - 4,3312 \times 10^{-6} T^2$
		Fibra	$1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3} T - 3,1683 \times 10^{-6} T^2$
		Minerales	$3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3} T - 2,9069 \times 10^{-6} T^2$
		Agua	$5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3} T - 6,703 \times 10^{-6} T^2$
ρ	$1/\Sigma(X^W_i/\rho_i)$	Proteína	$1,3299 \times 10^3 - 5,1840 \times 10^{-1} T$
		M. Grasa	$9,2559 \times 10^2 - 4,1757 \times 10^{-1} T$
		Carbohidratos	$1,5991 \times 10^3 - 3,1046 \times 10^{-1} T$
		Fibra	$1,3115 \times 10^3 - 3,6589 \times 10^{-1} T$
		Minerales	$2,4238 \times 10^3 - 2,8063 \times 10^{-1} T$
		Agua	$9,9718 \times 10^2 + 3,1439 \times 10^{-3} T - 3,7574 \times 10^{-3} T^2$
C_p	$\Sigma(X^W_i C_{p_i})$	Proteína	$2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3} T - 1,3129 \times 10^{-6} T^2$
		M. Grasa	$1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3} T - 4,8008 \times 10^{-6} T^2$
		Carbohidratos	$1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3} T - 5,9399 \times 10^{-6} T^2$
		Fibra	$1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3} T - 4,6509 \times 10^{-6} T^2$
		Minerales	$1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3} T - 3,6817 \times 10^{-6} T^2$
		Agua	$4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5} T + 5,4731 \times 10^{-6} T^2$
α	$\Sigma(X^W_i \alpha_i)$	Proteína	$6,8714 \times 10^{-2} + 4,7578 \times 10^{-4} T - 1,4646 \times 10^{-6} T^2$
		M. Grasa	$9,8777 \times 10^{-2} - 1,2569 \times 10^{-4} T - 3,8286 \times 10^{-6} T^2$
		Carbohidratos	$8,0084 \times 10^{-2} + 5,3052 \times 10^{-4} T - 2,3218 \times 10^{-6} T^2$
		Fibra	$7,3976 \times 10^{-2} + 5,1902 \times 10^{-4} T - 2,2202 \times 10^{-6} T^2$
		Minerales	$2,2461 \times 10^{-2} + 3,7321 \times 10^{-4} T - 1,2244 \times 10^{-6} T^2$
		Agua	$1,3168 \times 10^{-1} + 6,2477 \times 10^{-4} T - 2,4022 \times 10^{-6} T^2$

Fuente: Choi y Okos (1986)

b) Resultados y análisis de la determinación del coeficiente convectivo de transferencia de calor

Para la determinación del coeficiente de transferencia de calor se utilizaron snacks en forma de paralelepípedos de 1x1 pulgadas cuadradas aproximadamente y espesor de 1.5 mm, cortados manualmente. Las condiciones de proceso serán temperatura de fritura 200°C y tiempo de fritura de 40 segundos para el estudio de calor, con mediciones cada 5 segundos; es importante mencionar que cada medición se realizó por duplicado, para obtener resultados más confiables, presentándose los valores promedios en la tabla 3.31.

Tabla 3.31 Registro de temperatura durante la fritura del snack.

Tiempo (segundos)	Temperatura del snack (°C)
0	26.01
5	39.2
10	42.1
15	52.4
20	63.9
25	76.4
30	82.4
35	90.5
40	95.2
45	100
50	100
55	100
60	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 3.31 **a partir de los 45 segundos los datos son teóricos** debido a que no se pudo seguir con el proceso de fritura (por inicios de quemadura en el snack). Teóricamente se tiene que la temperatura interna aumentará lentamente hasta alcanzar y mantenerse a 100°C, de esta manera se logrará la evaporación del agua (Fellows, 1994) y la formación de la textura característica del snack.

Tomando en cuenta el diagrama para la transmisión de calor se calculó el término:

$$\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}$$

Es importante recordar la simbología: $T(x,y,t)$, temperatura del snack(°C), T_i , temperatura inicial del producto (°C), y T_∞ , temperatura del aceite (°C). Cabe destacar que en el diagrama los deltas están invertidos (no se ve afectado por el cambio de posición) y en lugar de utilizar la “T” como símbolo para la temperatura se utiliza la letra griega teta θ , siendo los equivalentes:

$$\frac{T(x,y,t)-T_\infty}{T_i-T_\infty} = \frac{\theta_H-\theta_F}{\theta_H-T_i} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Para la corrida experimental la temperatura inicial es la que se registra a los 0 segundos, es decir 26.1 °C, mientras que la temperatura del aceite es de 200 °C (para mantener la temperatura constante, se realizaban ajustes al termostato de la freidora cada vez que esta variaba considerablemente, hasta regular a 200 ± 1 °C), esto se muestra en la tabla 3.32.

Tabla 3.32 Cálculos para la determinación del coeficiente convectivo del proceso de fritura de snack a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.

Tiempo (segundos)	Temperatura del snack (°C)	$\frac{T(x,y,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty}$	$\ln\left(\frac{T(x,y,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty}\right)$
0	26.01		
5	39.2	0.9242	-0.0788
10	42.1	0.9075	-0.0970
15	52.4	0.8483	-0.1645
20	63.9	0.7822	-0.2456
25	76.4	0.7104	-0.3419
30	82.4	0.6759	-0.3917
35	90.5	0.6293	-0.4631
40	95.2	0.6023	-0.5069

Continúa...

Tabla 3.32.a Cálculos para la determinación del coeficiente convectivo del proceso de fritura de snack a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.

Tiempo (segundos)	Temperatura del snack (°C)	$\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}$	$\ln\left(\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}\right)$
45	100	0.5747	-0.5538
50	100	0.5747	-0.5538
55	100	0.5747	-0.5538
60	100	0.5747	-0.5538

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, Si se grafica $\ln\left(\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}\right)$ vs. t se obtiene el comportamiento mostrado en la figura 3.12.

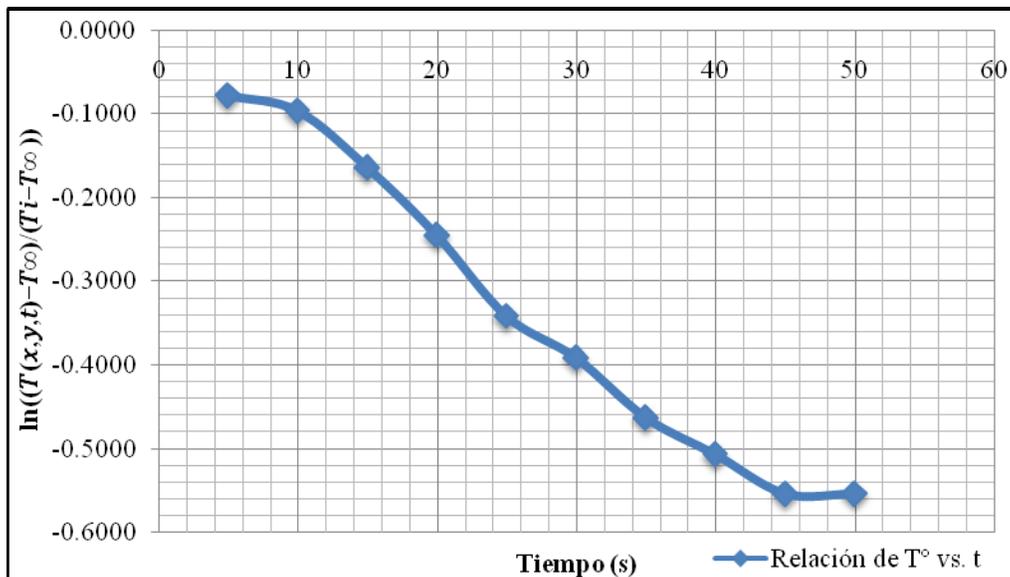


Figura 3.12 Grafico $\ln\left(\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}\right)$ vs. t aplicado al proceso de fritura de snack a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja.

Fuente: Elaboración propia

La sección lineal se define desde el tiempo de 10 segundos hasta la parte de 45 segundos, obteniéndose el comportamiento de la figura 3.13.

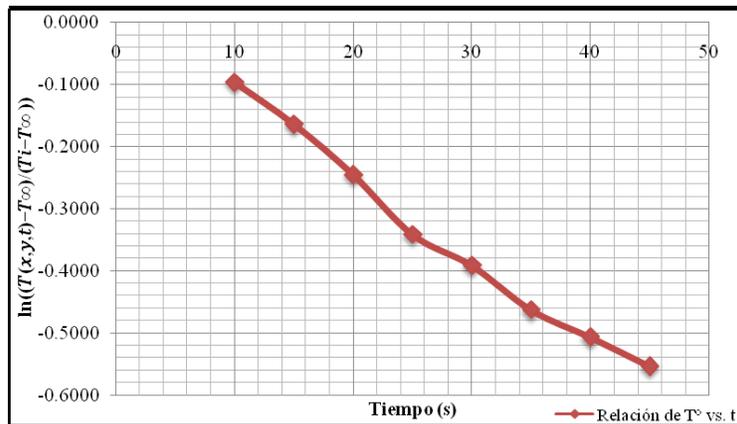


Figura 3.13 Sección lineal de la representación gráfica de $\ln\left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}}\right)$ vs. t (Datos presentados en la figura 3.12)

Fuente: Elaboración propia

Para obtener una representación analítica (una ecuación) confiable de esta relación de coordenadas cartesianas, se procedió a obtener la regresión lineal de dicho gráfico, para el cual se obtuvo:

$$y = -0.0134x + 0.0219 \qquad \text{Ecuación 3.3}$$

Con un valor de **R² de 0.9871**, se muestra que la ecuación explica el 98.7% de la variabilidad de los datos de la variable de respuesta. En la figura 3.14 se muestra la regresión matemática de la sección lineal de $\ln\left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}}\right)$ vs. t .

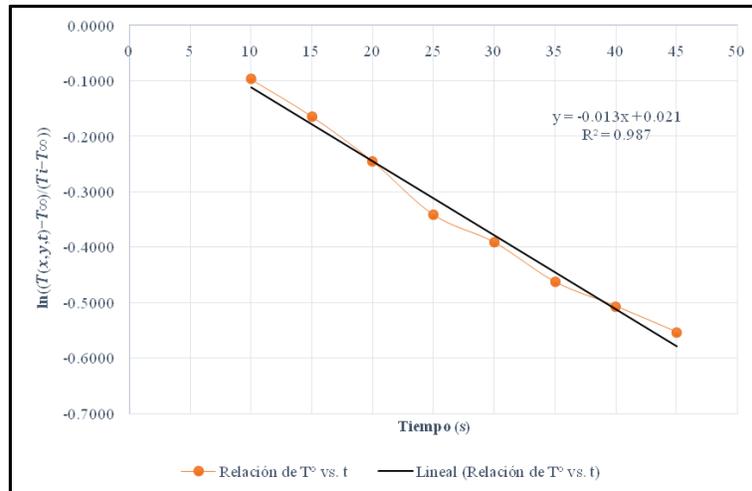


Figura 3.14 Regresión matemática de la sección lineal de la representación gráfica de $\ln\left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}}\right)$ vs. t (Datos resultantes presentados en la figura 3.12)

Fuente: Elaboración propia

La ecuación resultante permite calcular el factor $\left(\frac{T(x,y,t)-T_{\infty}}{T_i-T_{\infty}}\right)$, para el tiempo real de fritura del snack. Se conoce que la ecuación lineal obedece la forma:

$$y = mx + b \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Dónde:

m: es la pendiente

x: la variable independiente

b: el intercepto con el eje "Y"

Por lo tanto para el tiempo real de fritura del snack, el cual es de **30 segundos**, se tiene:

$$y = -0.0134x + 0.0219 \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Para una $x=30$ segundos

$$y = -0.0134(30) + 0.0219 = -0.3801 \quad \text{Ecuación 3.6}$$

$$\ln \left(\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right) = -0.3801$$

Ecuación 3.7

Llevando de base exponencial a base decimal se tiene: $\left(\frac{T(x,y,t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right) = \mathbf{0.6840}$. Con este

dato y el valor resultante del número de Fourier: $Fo = \frac{k}{c_p \rho} \frac{t}{\delta^2}$, se procede a buscar el factor

$\frac{k}{h l}$ en el diagrama para la transmisión de calor según Henderson y Perry (1955), figura 3.11.

Para conocer el número de Fo, se debe calcular previamente la conductividad térmica (k), el calor específico (c_p) y la densidad del snack para ello se utilizan las Correlaciones de Choi y Okos (1986), las cuales se basan en la composición nutricional del alimento, estas pueden ser observadas en los apartados correspondientes de análisis proximal del snack libre de gluten. La aportación que cada uno de los factores nutricionales tiene (proteína, grasa, carbohidratos, fibra, minerales y agua), depende del análisis proximal, el cual se realizó en el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, haciendo uso de esta información, se calculó la conductividad térmica (**k**), densidad y el calor específico (c_p) del snack para una temperatura de fritura de 200 °C.

En la tabla 3.33 se detalla el cálculo de la conductividad térmica, de manera continua en la tabla 3.34 se presenta la información de los cálculos necesarios para la determinación de la densidad del snack y finalmente en la tabla 3.35 se encuentra el detalle del cálculo para el calor específico.

Tabla 3.33 Determinación de la conductividad térmica del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal.

Composición	Conductividad térmica, k_i (W/m °C)	Análisis Proximal (X_i)	Contribuciones para la Conductividad térmica global $k_i * X_i$, (W/m °C)
Proteína	0.0087	8.25%	0.0255
Grasa	-0.0120	15.14%	-0.0573
Carbohidratos	0.0665	71.31%	0.2180
Fibra	0.0011	1.29%	0.0040
Minerales	0.0008	1.62%	0.0080
Agua	0.0015	3.68%	0.0241
		Conductividad térmica del snack	0.2222

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34 Determinación de la densidad del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal

Composición	Densidad ρ_i (kg/m ³)	Análisis Proximal (X_i)	X_i/ρ_i	Densidad del snack (kg/m ³) ($1 / \sum X_i/\rho_i$)
Proteína	1226.2720	8.25%	6.72771E-05	1285.44
Grasa	842.0760	15.14%	0.000179794	
Carbohidratos	1537.0080	71.31%	0.000463953	
Fibra	1238.3220	1.29%	1.04173E-05	
Minerales	1238.3220	1.62%	1.30822E-05	
Agua	847.5128	3.68%	4.34212E-05	
		Σ	0.000777945	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.35 Determinación del calor específico del snack nutritivo libre de gluten a partir de datos del análisis proximal.

Composición	Calor específico $c_{p i}$ (J/ kg °C)	Análisis Proximal (X_i)	Contribuciones para la Calor específico global $c_{p i} * X_i$, (J/ kg °C)
Proteína	2.197464x10 ³	8.25%	0.1813 x10 ³
Grasa	2.086828 x10 ³	15.14%	0.3159 x10 ³
Carbohidratos	1.703704 x10 ³	71.31%	1.2149 x10 ³
Fibra	2.025984 x10 ³	1.29%	0.0261 x10 ³
Minerales	1.323252 x10 ³	1.62%	0.0214 x10 ³
Agua	4.3769532 x10 ³	3.68%	0.1611 x10 ³
		Calor específico del snack	1920.79

Fuente: Elaboración propia

Obtenidos los valores de conductividad térmica, densidad y calor específico del snack libre de gluten se procede a calcular el número de Fo:

$$Fo = \frac{k}{c_p \rho} \frac{t}{\delta^2} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

$$\frac{0.2222 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} * 30 s}{1920.79 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} * (1285.44 kg/m^3) * (0.00075 m)^2} = 4.7997 \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Conocido ambos factores, el número de $Fo = \frac{k}{c_p \rho} \frac{t}{\delta^2} = 4.7997$ y $\left(\frac{T(x,y,t) - T_\infty}{T_i - T_\infty}\right) = 0.6840$,

se procede a leer en la figura 3.14, específicamente en la sección (b) paralelepípedos, el valor del factor de $\frac{k}{h l}$.

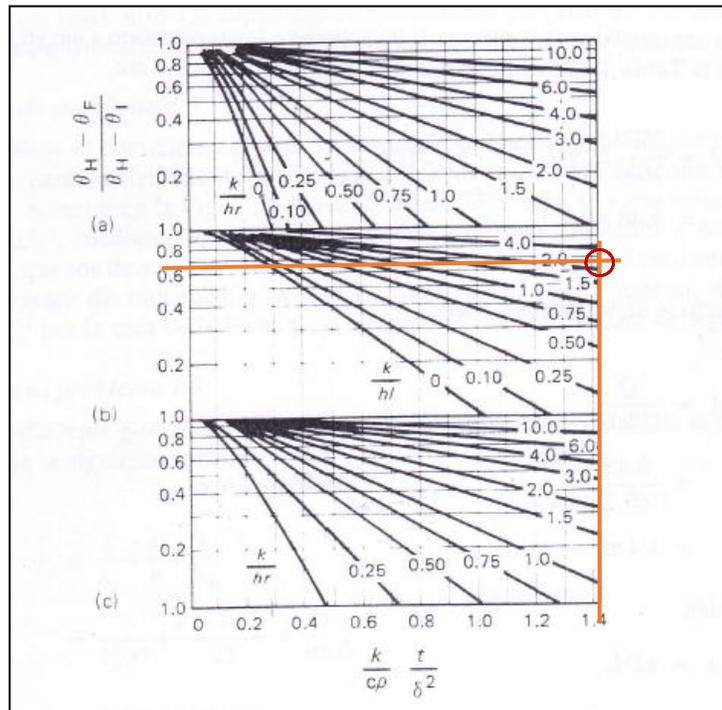


Figura 3.15 Lectura del diagrama para la transmisión de calor.

Fuente: Elaboración propia

Del diagrama (Figura 3.15) se puede observar que en el eje x, el valor del número de Fourier sobrepasa la escala establecida, por lo tanto y para fines prácticos se trabajó con el valor máximo de la gráfica, el cual se da para un número de Fourier igual a:

$$Fo = 1.4 \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Realizando la aproximación anterior, se obtiene un valor de $\frac{k}{hl}$, que es el inverso del número de Biot, de:

$$\frac{k}{hl} = 3.0 \quad \text{Ecuación 3.11}$$

Finalmente se obtiene el valor de coeficiente convectivo para el proceso de fritura del snack libre de gluten:

$$h = \frac{k}{3.0 l} = \frac{0.222 \text{ W/m } ^\circ\text{C}}{3.0 (0.00075 \text{ m})} = 98.7556 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Ecuación 3.12}$$

El coeficiente de transferencia de calor calculado para el snack nutritivo libre de gluten a condiciones de temperatura de 200 °C es de 98.7556 W/ m² °C.

El valor del coeficiente de transferencia de calor convectivo calculados para el snack nutritivo libre de gluten, se encuentra relativamente distante de los que reportan diferentes autores para productos fritos, Califano y Calvelo (1991) reportan valores de h entre 150 y 165 W/ m² °C, para el proceso de fritura de papas para temperaturas de 50 y 100°C.

Hubbard y Farkas (2000) usaron cilindros de papa, para determinar el coeficiente de transferencia de calor durante el freído por inmersión a 180 °C y un tiempo de 200 a 900 segundos en la fase de ebullición y encontraron que h era de 300 y 1100 W/ m² °C; Las diferencias entre los valores del coeficiente de transferencia de calor encontrados en el presente trabajo y los reportados en la literatura, pueden ser explicadas por la diferencia entre las características de los productos trabajados, además de los métodos utilizados para su determinación.

3.6 Resultados y análisis estadístico de aceptación del snack en el mercado

Para el análisis y estimación de la demanda potencial del snack nutritivo, se procedió a la realización de un estudio mediante el desarrollo de un cuestionario a una muestra de la población (mercado potencial) cuyo objetivo era conocer la aceptabilidad de las materias primas no convencionales (camote naranja y maíz dorado).

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2} \qquad \text{Ecuación 3.13}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

$Z^2 = 1.96^2$ (ya que el nivel de confianza es del 95%)

p = Proporción esperada

d = precisión = 5% (para este caso)

$$q = 1 - p$$

Para obtener el valor p se realizó una prueba piloto correspondiente a un tamaño de 30 personas. Se hizo la pregunta ¿Comería camote naranja? De las 30 personas cuestionadas, 20 respondieron que SI estarían dispuestas a comer camote naranja. Por lo tanto, se obtiene la proporción esperada siguiente:

$$p = \frac{20}{30} = 0.67 \quad \text{Ecuación 3.14}$$

Cálculo del tamaño de la muestra (n) y resultados del estadístico realizado

Para la ecuación 3.33 se obtienen los datos correspondientes

$$Z^2 = 1.96^2$$

$$q = 1 - p = 1 - 0.67 = 0.33$$

$$p = 0.67$$

$$d = 0.05$$

Sustituyendo valores en ecuación 3.35:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{d^2} \quad \text{Ecuación 3.15}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.67 \times 0.33}{0.05^2} = 340 \quad \text{Ecuación 3.16}$$

El valor obtenido fue 340, por lo tanto, la muestra de toda la población seleccionada como mercado potencial del snack nutritivo hecho a base de camote naranja y maíz dorado es de 340 personas.

Esta muestra de 340 personas fue sometida a un cuestionario con el objetivo de conocer lo que las personas esperan de este tipo de producto. Los resultados gráficos del estadístico de aceptación respecto a las preguntas formuladas en el mismo se presentan en los anexos “D” respectivamente.

Existe una diferencia mínima de 10 puntos porcentuales en las que el género masculino fue el predominante en la realización de la encuesta formulada (Ver anexo D-1).

Las edades representadas en mayor porcentaje son de los 23 a los 26 años, un mercado joven que puede ser la tendencia de la población que busca un producto o alimento innovador y nutritivo (Ver anexo D-2).

El mayor porcentaje de las personas encuestadas son estudiantes (Colegiales y universitarios), parte de la población que son personas potenciales a consumir snacks sean o no de carácter nutritivo (Ver anexo D-3).

Las personas sometidas al estadístico de aceptación conciben un snack para calmar el hambre que provoca la ansiedad; no existe ninguna opción que pueda compararse con esta respuesta obtenida por medio de los encuestados, la respuesta más cercana es la sustitución de un tiempo formal por snacks, sin embargo un 66% domina este punto de encuesta sobre lo que representa un snack (Ver anexo D-4). La población encuestada prefiere consumir un snack en momento de ocio, en el caso particular mostrado, ver la televisión; además de consumirlos cuando muestra ansiedad por comer. Otros en menor porcentaje cuando realizan actividades productivas, tal es el caso del estudio/trabajo con un 20% (Ver anexo D-5).

La percepción de la población es que un snack no es saludable, No se aprecia en esta pregunta si la población es conocedora o no de los snack nutritivos en el mercado actual, ni si existe conciencia de los diversos procesos por los que pasan los snacks en el mercado actual (Ver anexo D-6).

La población según la encuesta realizada es consciente de los efectos que a la salud de una gran parte de los snacks que no aportan un valor nutricional significativo además de ocasionar efectos no deseados a la salud, este resultado es respaldado por la pregunta reportada anteriormente (Ver anexo D-7).

“¿Ha leído alguna vez la etiqueta de los ingredientes en un snacks?” Un 74% de los encuestados lee la etiqueta de los productos que consumen, en la actualidad la mayor parte

de la población es consciente que necesita alimentar su cuerpo con alimentos con un valor nutritivo (Ver anexo D-8). La población encuestada se muestra ignorante de los ingredientes que presentan los snacks en el mercado actual, prueba de ello es un 64% que responde que desconoce los ingredientes usados en la elaboración de los snacks. Solo un 36% conoce lo que consume al ingerir snacks (Ver anexo D-9).

Otro aspecto mostrado en el estadístico de aceptación es los ingredientes que la población conoce en los snacks usualmente, algunas de estas respuestas se muestran en la tabla 3.36.

Tabla 3.36 Respuestas comunes sobre “¿Qué ingredientes contienen los snacks?”

Respuestas comunes a “¿Qué ingredientes contienen los snacks?”
<i>Grasa vegetal, benzoato de sodio, harina, cloruro de sodio, azúcar, preservantes, condimentos, colorantes artificiales, saborizantes artificiales,</i>
<i>Maíz, Frutas, verduras, avena, cereal, semillas varias,</i>
<i>Sémola, trigo y aceite.</i>

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de la población encuestada afirma no conocer de ingredientes dañinos que estén presentes en los snacks (Ver anexo D-10).

A la población encuestada se le solicitó que mencionaran ingredientes dañinos en los snacks (de conocerlos) y las respuestas más comunes se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.37 Respuestas comunes sobre los ingredientes potencialmente presentes en los snacks.

Respuestas comunes a “ingrediente(es) dañinos que pueden contener los snacks”
<i>Colorante amarillo 5, aspartame, jarabe de maíz de alta fructosa, colorantes artificiales</i>
<i>tartrazina, antioxidante BHT, sodio, aceite de palma, aceite hidrogenado.</i>

Fuente: Elaboración propia

Un 75% de la población encuestada opina que los snacks pueden ser una alternativa saludable para el consumo en tiempos de ocio y/o realizando actividades cotidianas (Ver anexo D-11). La mayor parte de la población encuestada prefiere un snack que provea un buen color, sabor y un buen aporte de nutrientes con un 54% de aceptación según el ANEXO D-12 Y el ANEXO D-13. Un 1% prefiere otros atributos en un snack como una alta crocancia o alternativas en los sabores.

El ANEXO D-14-15-16, nos muestran la aceptación de la población encuestada hacia un producto elaborado con materias primas alternativas como el camote naranja y el maíz dorado, además muestran aceptación hacia un producto libre de gluten con las materias primas antes mencionadas con un sabor salado y en segundo plano con un sabor dulce.

A la mayor parte de las personas encuestadas les es indiferente el color que pueda poseer el snack nutritivo, sin embargo en un plano secundario las personas prefieren el color naranja como opción (Ver anexo D-17).

Las personas encuestadas para la adquisición de un snack nutritivo están dispuestas a cancelar una cantidad menor o igual a un dólar para el consumo de un snack nutritivo libre de gluten y en segundo lugar prefieren un precio fijo comprendido entre \$0.15 y \$0.50 (Ver anexo D-19).

3.7 Ensayo sensorial aplicado al Snack Nutritivo libre de gluten

Para la investigación se hará uso de **la prueba afectiva de preferencia** que proporciona qué muestra prefieren los panelistas.

Resultados y análisis

Recolección de datos en las pruebas de tipo afectivas

Para determinar la muestra en las pruebas de tipo afectivas es importante tomar en cuenta algunos aspectos, de entre estos se mencionarlos de aplicación específica para la investigación:

- Si el resultado de la investigación es significativo para detectar evidencia de diferencia entre las muestras ofrecidas a los panelistas.
- ¿En qué proporción se daría un resultado significativo y asertivo de los panelistas?
- ¿Es el resultado estadísticamente significativo?

Hipótesis en las pruebas afectivas

En las pruebas afectivas existen personas con capacidades alteradas las cuales son de dos tipos, afectivos y no afectivos lo cual hace surgir tres tipos de hipótesis.

a) Hipótesis I

- ❖ Persona no afectiva: Reconoce de forma adecuada las diferencias y seleccionan la muestra correcta.
- ❖ Persona afectiva: Persona que no identifica la muestra pero acierta en la prueba realizada

b) Hipótesis II

- ❖ Afectiva: Incluye a las personas que adivinan cual es la muestra correcta y personas que adivinan de forma incorrecta.
- ❖ El mejor estimado del número de personas afectivas quienes adivinan correctamente es un efecto con bases aleatorias.

c) Hipótesis III

- ❖ Inferencia: El número total de respuestas correctas de los panelistas refleja la suma de las fracciones de la hipótesis I.

En la tabla 3.38 se menciona la clasificación de los errores en las mediciones sensoriales afectivas de preferencia.

Tabla 3.38 Errores en las mediciones.

		Resultados	
		Diferencias reportadas	Sin diferencias reportadas
Valor correcto	Diferencia existente	Aceptación correcta	Error tipo B
	Diferencia inexistente	Error tipo A	Rechazo correcto

Fuente: (Hough y Fiszman, 2005)

Determinación de la muestra

Para definir una muestra es necesario definir:

-El error tipo A comprendido entre (5%-10%)

-Error tipo B comprendido entre (5%-10%)

¿Qué tan grande es la diferencia que deseamos determinar? (% de aciertos esperados)

$$N = \left[\frac{Z_A \sqrt{pq} + Z_B \sqrt{P_A q_A}}{p - P_A} \right]^2$$

Ecuación 3.17

Dónde:

$Z_A = 1.21$ (10% para un extremo)

q =Probabilidad de rechazo en la prueba

p = Proporción de acierto en la prueba

$Z_B = 1.21$ (10%, para un extremo)

$p_A = C * P(1-C)$, donde C son el porcentaje de aciertos esperados definidos por el investigador, generalmente son proporciones, ejemplo: 1:2, 3:5, 4:7. Y P es la probabilidad de aciertos.

$$q_A = 1 - p_A$$

Ecuación 3.18

El valor obtenido de Z_A y Z_B es determinado bajo el uso de las curvas de probabilidad normal estándar a la izquierda de Z . Para la determinación de la muestra se sustituyen los valores en la ecuación 3.37:

$$N = \left[\frac{1.21 \cdot \sqrt{0.33 \cdot 0.67} + 1.21 \cdot \sqrt{0.55 \cdot 0.45}}{0.33 - 0.55} \right]^2 = 28.38 \text{ personas} \approx 29 \text{ personas} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

El rango de personas que la metodología presentada sugiere varía desde los 25 panelistas hasta los 50, para la determinación de la muestra se requiere de 29 personas, según se muestra en la tabla 3.39, sin embargo se consideraron eventualidades a la hora de realizar el análisis sensorial como: ausencias, número de cabinas para el análisis, tiempos de análisis por grupos, aumento en la precisión de los datos, entre otros, por lo que el número de panelistas se definió para 30 personas, con una asistencia total de 41 panelistas que realizaron el análisis sensorial.

Esta cantidad está comprendida dentro del rango proporcionado por la metodología y beneficia en la reducción del error ya sea de tipo A o tipo B.

Tabla 3.39 Determinación en pruebas discriminatorias.

Prueba discriminativa	Determinación de la muestra								
	Z_A	P	Q	Z_B	$p_A = C + P(1 - C)$			$q_A = 1 - p_A$	Muestra
					C	P	p_A		
Prueba realizada	1.2175	0.33	0.67	1.2175	0.33	0.33	0.5511	0.4489	28.38

Fuente: Elaboración propia

Para analizar los resultados obtenidos se hará uso de la metodología estadística “Chi cuadrada ajustada” por medio de la cual se puede comparar un grupo de frecuencias

observadas en contraste con un grupo de frecuencias esperadas o hipotetizadas. Mediante la siguiente ecuación:

$$X^2 = \left[\frac{(|O_1 - E_1|^2) - 0.5}{E_1} \right] + \left[\frac{(|O_2 - E_2|^2) - 0.5}{E_2} \right] \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Dónde:

O₁ = Número observado de elecciones correctas E₁ = Número esperado de elecciones correctas

O₂ = Número observado de elecciones incorrectas E₂ = Número esperado de elecciones incorrectas

N= Número de panelistas

Para ejemplo de cálculo se realizará el análisis para la pregunta #1 del cuestionario realizado a los panelistas que refiere “¿Cuál presenta mejor apariencia?”. Se muestran los datos en la tabla 3.40.

Tabla 3.40 Variables propias de la pregunta #1 del cuestionario para el análisis sensorial (Ejemplo de cálculo).

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	9
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	32
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	10
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	20

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores en la ecuación 3.20:

$$X^2 = \left[\frac{(|9-10|^2) - 0.5}{10} \right] + \left[\frac{(|32-20|^2) - 0.5}{20} \right] = 7.225 \quad \text{Ecuación 3.21}$$

Para contrastar resultados se hace uso de las tablas de probabilidad de chi cuadrado con los diferentes grados de libertad y significancia del 10% por definición del error A y B. Los grados de libertad son definidos como $GL = (\# \text{ de filas} - 1)(\# \text{ de columnas} - 1)$, el número de filas y columnas se refiere a las matrices formadas por los resultados obtenidos en cada una de las preguntas, la tabla 3.41 muestra un ejemplo de las respuestas hacia la pregunta #1 del cuestionario realizado:

Tabla 3.41 Respuestas obtenidas de la pregunta #1 del cuestionario presentado del análisis sensorial.

Pregunta	Cantidad
Respuesta 1	15
Respuesta 2	9
Respuesta 3	17

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3.41 presenta una respuesta asociada a cada pregunta mostrada en dos columnas, y un total de 3 cantidades para tres respuestas en tres filas. Por lo tanto el número de grados de libertad es dos.

$$GL = (\# \text{filas} - 1)(\# \text{columnas} - 1) \quad \text{Ecuación 3.22}$$

$$GL = (3 - 1)(2 - 1) \quad \text{Ecuación 3.23}$$

$$GL = 2 \quad \text{Ecuación 3.24}$$

Con los grados de libertad (dos) y el nivel de significancia se hará uso de las tablas para comparar el valor chi obtenido por medio del cálculo y el valor teórico. Si chi cuadrado teórico es menor al chi obtenido por medio del cálculo efectuado los panelistas logran discriminar entre las muestras y el análisis ha sido eficaz.

a) **Resultados y Análisis del Ensayo Sensorial aplicado al Snack Nutritivo libre de gluten**

El snack que presentó un color más apetecible es el snack simple y esto puede justificarse pues el snack simple presentó las características de frituras que atraen a los sentidos por medio del brillo del aceite y los colores característicos de las materias primas, en comparación a los dos snacks restantes la diferencia es de cuatro puntos porcentuales.

Los resultados del análisis sensorial muestran que las personas prefirieron el olor dulce de la canela y el azúcar en un snack y en un plano secundario prefirieron un snack con olor salado. Con un 51% el snack que presentó el mejor olor es aquel que estaba saborizado con canela en polvo y azúcar pulverizada.

Es evidente que los snacks en sus diversas variaciones en el sabor poseían similar textura y crocancia.

Los panelistas prefirieron las muestras saladas y dulces al momento de evaluar aromas optaron por un 46% para el snack salado y 44% para el snack dulce. Los panelistas fueron capaces de diferenciar aroma.

Según el cuestionario sensorial realizado el snack preferido es aquel que contiene sal en forma de polvo (pulverizada) con un 66%, en segundo lugar se posicionó el snack con canela y azúcar con 19%.

De las muestras presentadas los panelistas escogieron la muestra simple como la menos agradable, la muestra simple no contenía potenciador de sabor como la sal/azúcar o potenciadores de olor como la canela.

Los panelistas sometidos al análisis sensorial prefirieron un sabor salado en el snack nutritivo. El pensamiento popular indica que el público al escuchar de snack tiende a conceptualizar un alimento salado, y esto se confirmó por el estadístico de aceptación..

En el análisis sensorial se mantuvo en mayoría la presencia del género femenino con un 54%.Las edades más comunes que presentan los panelistas que fueron sometidos al análisis sensorial oscilan los 21 a 30 años y en segundo plano los 16 a 20 años.

En la tabla 3.42 se muestra un resumen del consolidado de las respuestas obtenidas por los panelistas del ensayo sensorial aplicado al snack nutritivo libre de gluten. Para una observación más detallada de cada una de las preguntas evaluadas en el ensayo sensorial y sus resultados ver el anexo F.

Tabla 3.42 Resumen de respuestas del análisis sensorial de snack nutritivo libre de gluten.

1-¿cuál presenta mejor apariencia?	Respuestas	2-¿Cuál muestra presenta el color más apetecible?	Respuestas
Canela y azúcar	15	Canela y azúcar	10
Salada	9	Salada	12
Simple	17	Simple	19
3-¿Qué muestra presenta mejor olor?	Respuestas	4-¿Cuál muestra presenta mejor textura?	Respuestas
Canela y azúcar	21	Canela y azúcar	14
Salada	11	Salada	14
Simple	9	Simple	13
5-Indique cual muestra presenta mejor aroma	Respuestas	6-¿Cuál de las muestras satisface mejor sus expectativas de un snack?	Respuestas
Canela y azúcar	18	Canela y azúcar	8
Salada	19	Salada	27
Simple	4	Simple	6
7-¿Cuál de las muestras es menos agradable?	Respuestas	8-¿Qué muestra presenta el mejor sabor?	Respuestas
Canela y azúcar	10	Canela y azúcar	7
Salada	8	Salada	27
Simple	23	Simple	7
Sexo	Cantidad	Edad	Cantidad
Masculino	19	De 16 a 20 años	6
Femenino	22	De 21 a 30 años	32
		Mayor a 30 años	3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.16 se detalla que la muestra salada sometida al análisis sensorial refleja la aceptación de los panelistas en sabor y es la muestra que más satisface los sentidos, además de presentar un aroma agradable.

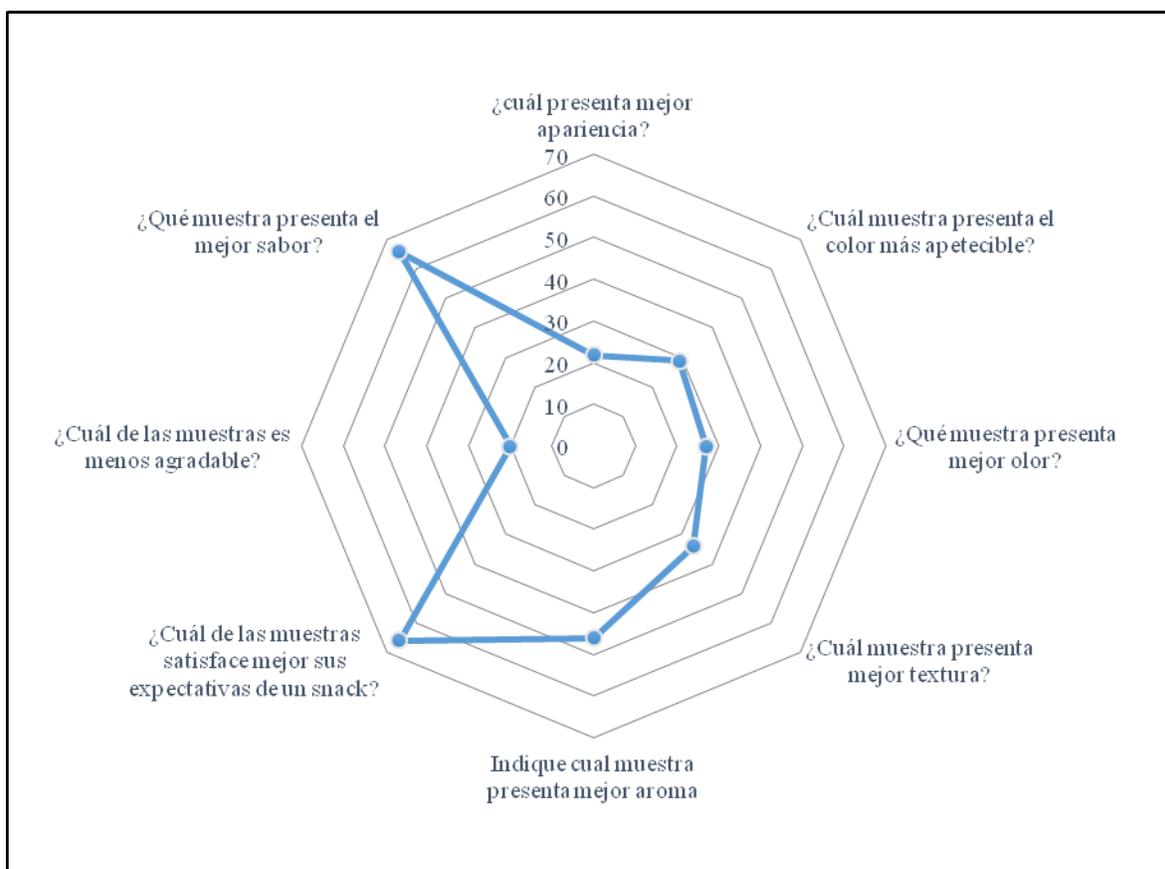


Figura 3.16 Diagrama de radar para la evaluación sensorial de la muestra salada del snack nutritivo libre de gluten.

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.17 representa los resultados obtenidos para la muestra con azúcar y canela, la cual obtuvo el mayor puntaje en mejor olor y aroma según los panelistas del ensayo sensorial.

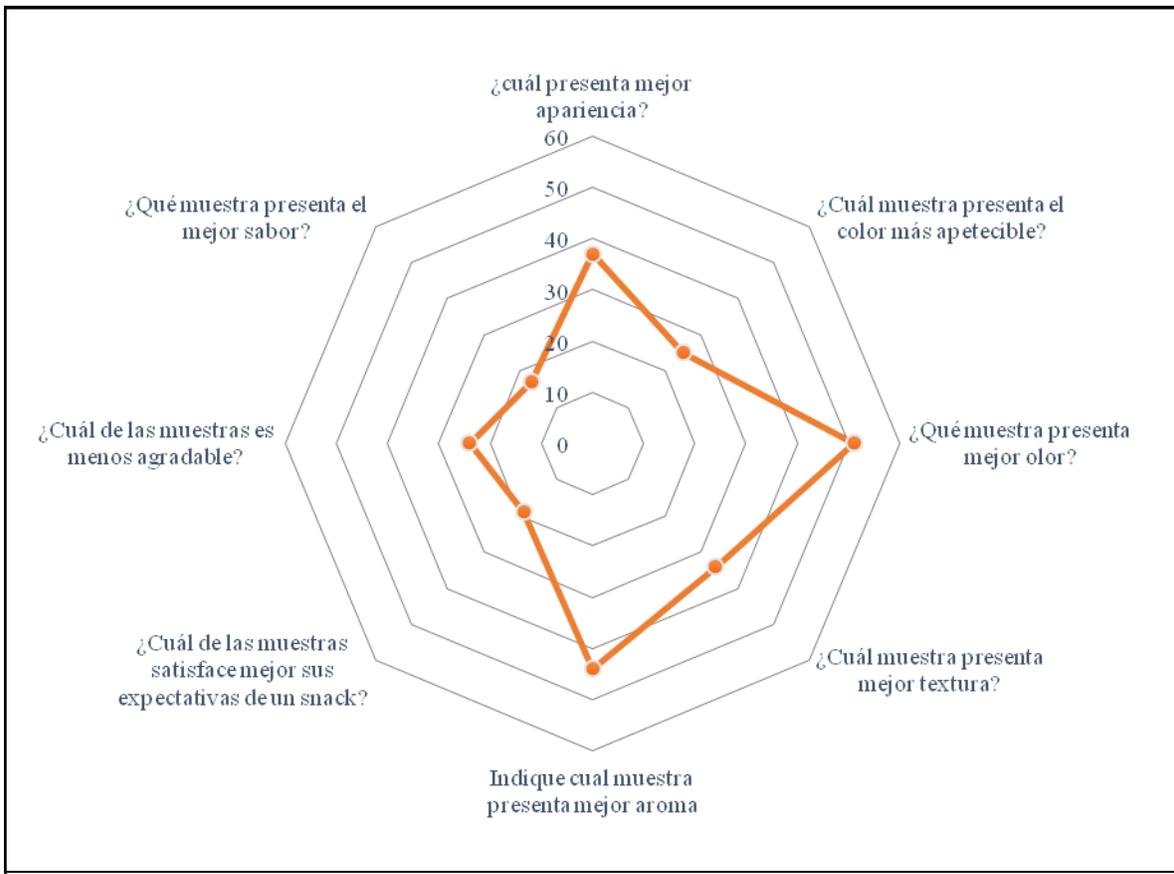


Figura 3.17 Diagrama de radar para la Evaluación Sensorial de la muestra con Azúcar y canela de snack nutritivo libre de gluten.

Fuente: Elaboración propia

El snack nutritivo libre de gluten sin ingredientes adicionales (simple) fue la menos agradable según los resultados reflejados en la figura 3.18.

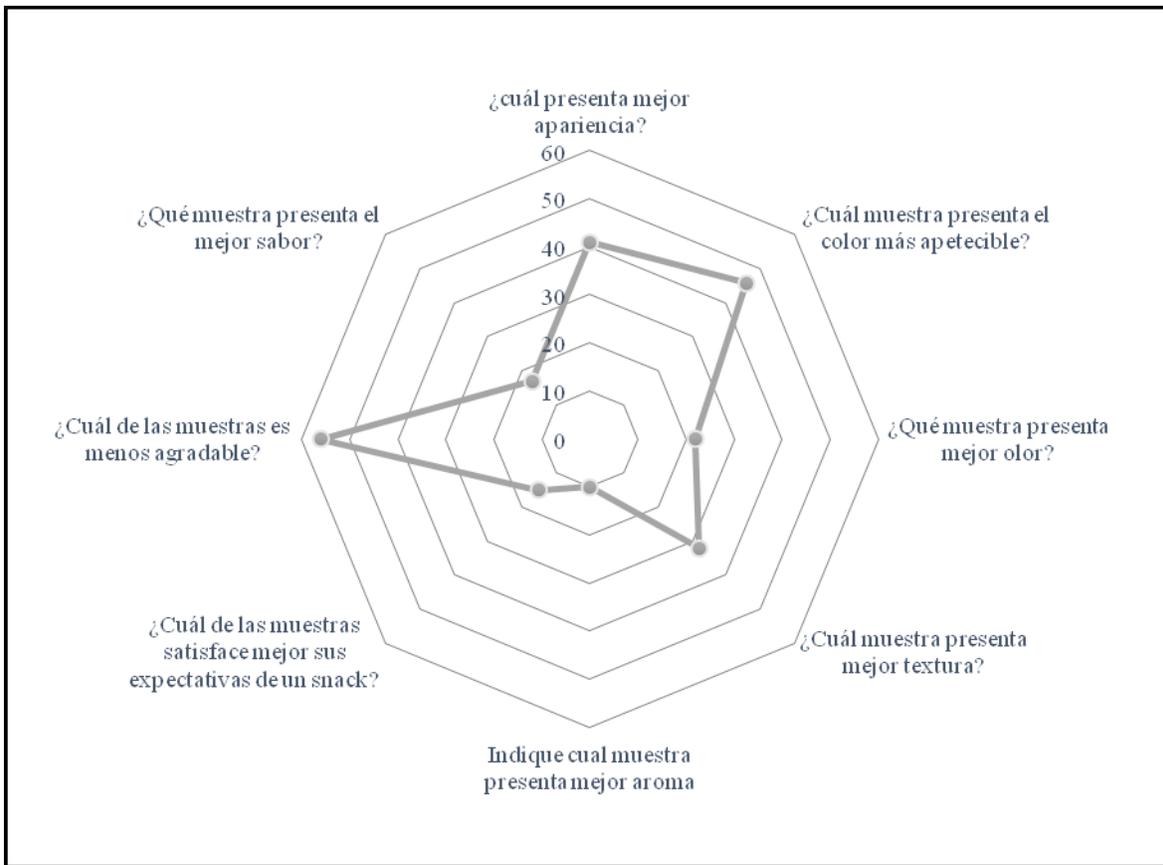


Figura 3.18 Diagrama de radar para la muestra simple del snack nutritivo libre de gluten.

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en el análisis sensorial se observa que la población acepta con mayor preferencia un snack con las materias primas de maíz dorado y camote naranja de sabor salado o dicho de otra forma con la adición de sal.

En segundo plano el snack que es mejor aceptado por su sabor y textura es el snack que contiene canela y azúcar, puesto que además de proporcionar un buen olor proporciona una buena textura, aroma y sabor.

La figura 3.19 muestra la realización del análisis sensorial y la dinámica y ambiente en que se realizaron con las tres formulaciones de snacks.



Figura 3.19 Panelistas en realización del análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar la sección de ensayo sensorial se muestra un diagrama de radar comparativo con las tres muestras evaluadas ante el panel en la figura 3.20.

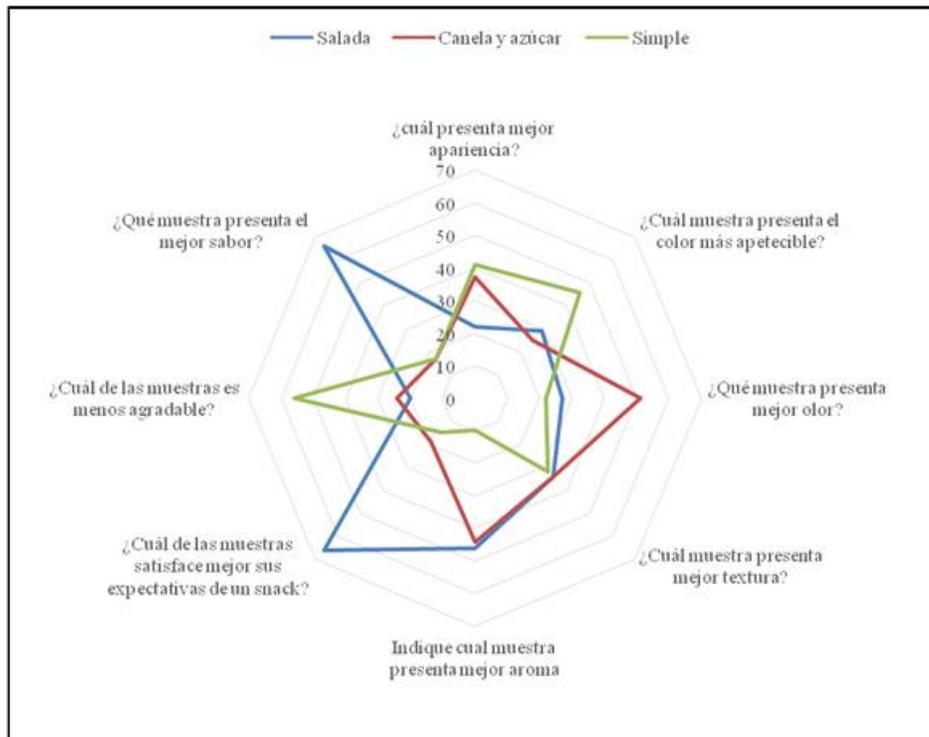


Figura 3.20 Muestras evaluadas en el análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia

3.8 Selección del material de empaque y determinación de vida de anaquel

Para la presente investigación el empaque utilizado es una **película laminada de dos polipropilenos**, el primero es una capa transparente y el segundo provee de un revestimiento metalizado. Estos laminados proveen de una alta barrera contra el vapor de agua y oxígeno, además de proporcionar protección a la luz; ambos factores determinantes para la conservación del snack nutritivo libre de gluten. Las características del material de empaque utilizado se muestran en la tabla 3.43

Tabla 3.43 Características del empaque para el snack nutritivo libre de gluten

Usos generales	Como empaque primario en productos que requieren alta barrera contra el vapor de agua y protección contra la luz. (Refrescos en polvo, chocolates, snacks , pastas, sopas, etc.)
Gramaje	33.6 g/m ² ±5%
Espesor	50 μm
Permeabilidad	1.91x10 ⁻¹² cm ³ de O ₂ * cm / (cm ² • s • Pa) a 23°C y HR=70%
Especificaciones de impresión	Adecuado para impresión por flexografía, textos, colores, distribución espacial y embobinado según sea el arte.
Almacenaje	Temperaturas recomendadas entre 5°C y 30°C no mayor a 6 meses en resguardo.
Legislación	Conforme con FDA por la regulación 21CFR 171520 2.1+2.2

Fuente: POLYTEC, 2015.

3.8.1 Ensayo de permeabilidad del material de empaque utilizado para el snack nutritivo libre de gluten

El ensayo de permeabilidad se llevó a cabo bajo la norma ASTM D1434, y permitió la determinación de la permeabilidad al oxígeno a condiciones específicas.

El ensayo se realizó en el equipo de permeabilidad (MODELO: BTY-B1P Gas Permeability Tester. Marca Labthink) ubicado en el Centro de Desarrollo de Empaque y Embalaje de Centro América y Panamá, utilizando el software (captura de pantalla en la figura 3.21) y el modelo de equipo que se muestra en la figura 3.22.

Se obtuvo para el material de empaque seleccionado una permeabilidad de $1.91 \times 10^{-12} \text{cm}^3$ de $\text{O}_2 \cdot \text{cm} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ a una temperatura de 23.5°C y una humedad relativa de 70%.

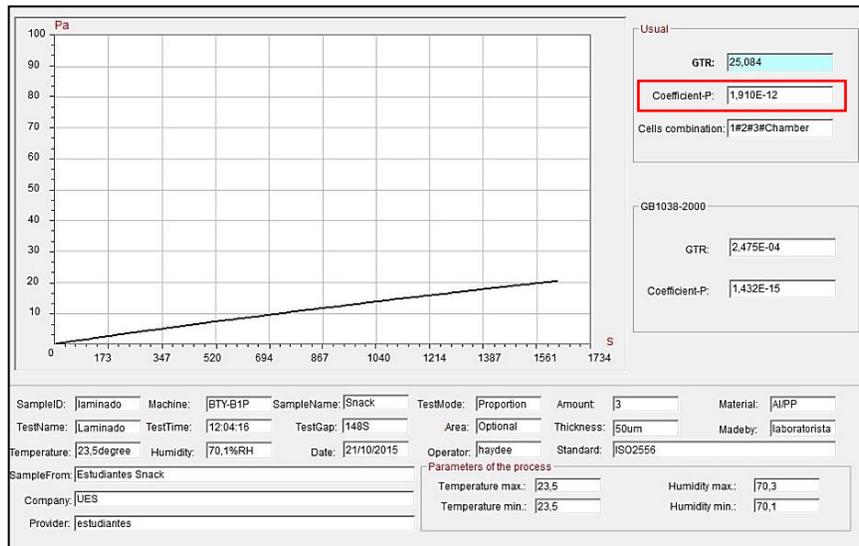


Figura 3.21 Resultado proporcionado por el equipo de medición de permeabilidad.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.22 Equipo utilizado para determinación de la permeabilidad.

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Vida de anaquel del snack nutritivo libre de gluten

Para determinar la vida de anaquel del snack nutritivo se llevó a cabo un estudio realizado en una cámara de ambiente Controlado MODELO: DY600 C, Marca ATT ANGELANTONI con una temperatura de 40°C y una humedad relativa del 75%, Posada (2004) indica que un día dentro de la cámara climática en estas condiciones es el equivalente a 4 días en tiempo real y condiciones normales, normalmente las condiciones para el almacenamiento de esta clase de productos oscila entre los 25°C-30°C de temperatura, con humedades relativas de 55% al 65%.

Los parámetros evaluados al snack sometido a estas condiciones en diferentes tiempos fueron aroma, textura, olor, apariencia y sabor, para esto se llenó un formulario que describe si las condiciones del snack son estables o si presenta variación alguna.

Es importante destacar que de forma paralela a la muestra extraída para el análisis sensorial correspondiente, se retiró una segunda bolsa de snacks para realizar las medición de actividad de agua, así como también tomar el peso promedio de los snacks; de esta manera se evaluó la estabilidad del snack nutritivo libre de gluten; el equipo que se utilizó para la medición de actividad de agua fue el equipo modelo Pawkit de Decagon Devices, mientras que para la medición de masa se utilizó la balanza AUY220 de la marca Shimadzu.

El seguimiento sensorial y la medición de los parámetros físicos inicialmente se realizaron de forma pausada y conforme transcurra el tiempo se aceleró para motivos de precisión del experimento como lo muestra la tabla 3.44.

El estudio tuvo una duración total de 29 días en los que la teoría muestra que su equivalencia en las condiciones descritas será de 116 días (aproximadamente cuatro meses).

Tabla 3.44 Cronograma de actividades para la evaluación física y sensorial del snack nutritivo libre de gluten

Días de análisis en tiempo real	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Realización de análisis	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X
Días de análisis en tiempo real	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Realización de análisis	X	X	X	X				X	X	X	X			X		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos durante los 29 días de análisis en condiciones desfavorables, temperatura de 40 °C y humedad relativa del 75% se detallan en la tabla 3.45.

Tabla 3.45 Datos experimentales del estudio de vida útil del snack nutritivo libre de gluten

Tiempo (días)	Actividad de agua (Aw)	Peso promedio* (g)	Tiempo (días)	Actividad de agua (Aw)	Peso promedio* (g)
0	0.44	0.5682	15	0.43	0.5868
1	0.46	0.5529	16	0.52	0.5863
2	0.48	0.5375	17	0.45	0.5699
3	0.51	0.5632	18	0.53	0.5632
4	0.68	0.5951	19		
5	0.48	0.5856	20		
6			21		
7	0.58	0.5856	22	0.51	0.6012
8	0.44	0.5484	23	0.40	0.6294
9	0.41	0.5900	24	0.45	0.5659
10	0.40	0.5927	25	0.53	0.6123
11	0.61	0.6128	26		
12			27		
13			28	0.54	0.5383
14	0.45	0.5686	29	0.43	0.6018

Fuente: Elaboración propia

*Peso promedio tomando un total de 5 mediciones experimentales

Los espacios asignados con color gris son los días en los que no se realizó análisis, por ser fines de semana o días festivos, mientras que los valores marcados con celeste, son aquellos en los que el valor de actividad de agua resulta variable en cuanto a la mayoría de datos (esto se debe a que el equipo utilizado lanza mediciones erróneas cuando se ha utilizado con muestras húmedas ajenas a la experimentación).

Si se analiza el comportamiento descrito por el snack en cuanto a la actividad de agua y el peso promedio ambos parámetros establecen un comportamiento relativamente constante, lo que se puede observar en la tabla 3.45, existen pequeñas variaciones, pero si se analiza estadísticamente el conjunto de datos, se tiene que el promedio de Actividad de agua (Aw) para todo el experimento es de 0.48, además presenta como valor más frecuente (Moda) 0.45 y una mediana de 0.46, observando estos valores, su cercanía denota la homogeneidad y constancia de los datos experimentales, estos valores se describen en la tabla 3.46.

Tabla 3.46 Parámetros de Actividad de agua para análisis de vida de anaquel del snack nutritivo libre de gluten

Parámetros estadísticos de los valores experimentales de Actividad de agua	
Promedio	0.48
Mediana	0.46
Moda	0.45

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que el dato atípico de actividad del agua de 0.68 correspondiente al día 4 no se tomó en cuenta para el cálculo de estos parámetros.

En la figura 3.23 se observa el comportamiento de los datos experimentales y los parámetros estadísticos mencionados para la actividad del agua durante el periodo de estudio (29 días) a las condiciones de 75% de humedad relativa y 40 °C de temperatura.

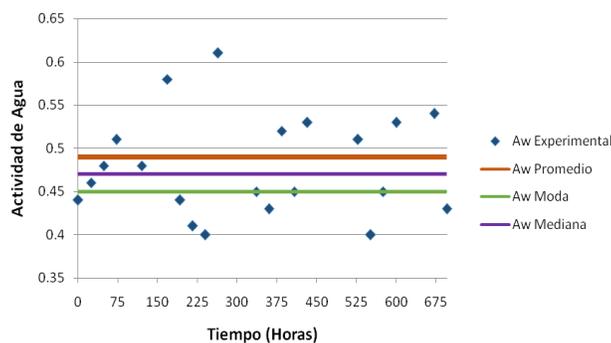


Figura 3.23 Comportamiento de los datos experimentales de Aw.

Fuente: Elaboración propia

Estudios como el de Villamizar, Quiceno y Giraldo (2012) sobre frituras de mango, obtuvieron valores de actividad de agua para el snack de entre 0.40 – 0.50, mientras que Potter & Hotchkiss expresa que la actividad de agua para productos secos como galletas, frituras, dulces, chocolates y **snacks** poseen una actividad de agua menor a 0.60, lo que les confiere mayor estabilidad favoreciendo la conservación del producto y evitando la oxidación y la proliferación de microorganismos perjudiciales; controlar la actividad de agua en los alimentos es sinónimo de alargar su vida útil, al conseguir una disminución de la cantidad total de agua libre, se disminuye notablemente las probabilidades de contaminación microbiana. Por lo tanto el snack nutritivo libre de gluten el cual mantuvo una actividad de agua promedio de 0.48 a condiciones desfavorables de temperatura y humedad relativa, durante 29 días, se establece que es un alimento que mantiene sus características físicas relativamente constantes. En la figura 3.24 se muestra una toma de medición de actividad de agua y el interior de la cámara bioclimática con las muestras de snacks.



Figura 3.24 Toma de Actividad de agua a una muestra de snack nutritivo libre de gluten y acondicionamiento en cámara climática.

Fuente: Elaboración propia

Además es importante mencionar que en el análisis sensorial realizado paralelamente, se percibieron cambios hasta el día 20, es decir solamente en nueve días, lo cual equivale a un 31.03% de los días analizados, en donde se presentó una pequeña variación en la textura del snack, percibiéndose dureza en cuanto a la crocancia del mismo, sin embargo, no fue un cambio drástico para detener el estudio, en la tabla 3.47 se muestra el total de resultados del análisis sensorial, los porcentajes corresponden a la puntuación asignada durante el total de los 29 días de análisis, mientras que en la tabla 3.68 se observa el registro que se realizó para cada día, colocando como ejemplo el día 0.

Tabla 3.47 Resultados del análisis sensorial para la muestra de snack nutritivo libre de gluten en evaluación de vida de anaquel

Atributo/Puntuación	Excelente 5	Muy buena 4	Necesita mejorar 3	Deficiente 2	No comestible 1
Apariencia	100%	---	---	---	---
Aroma	100%	---	---	---	---
Textura	68.97%	31.03%	---	---	---
Sabor	100%	---	---	---	---
Color	100%	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

De los resultados experimentales de actividad de agua, medición de masa y ensayo sensorial se tiene la garantía que el snack mantiene una actividad de agua promedio de 0.48, durante 29 días a condiciones de humedad relativa de 75% y temperatura de 40 °C, y teniendo en consideración el estudio realizado por Posada (2004) en donde se indica que un día dentro de la cámara climática en estas condiciones es el equivalente a 4 días en tiempo real y condiciones normales, se tiene que el snack posee una vida de anaquel de 116 días, equivalente a 3.87 meses, el cual podemos aproximar para fines prácticos a **4 meses**.

3.8.3 Estabilidad Microbiológica del snack nutritivo libre de gluten

Para reafirmar los resultados obtenidos del análisis de vida de anaquel, se realizaron dos análisis microbiológicos: Recuento total de aerobios mesófilos y Recuento de Hongos y Levaduras, ambas metodologías se basan en el *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*, capítulo 3 y capítulo 18 respectivamente. En la tabla 3.48 se describe el análisis microbiológico realizado y los límites en base a la normativa utilizada.

Tabla 3.48 Análisis de resultados microbiológicos del snack nutritivo libre de gluten

Análisis	Muestra	Recuento	Norma	Límites
Recuento Total de hongos y levaduras	Snack nutritivo libre de gluten	< 10 UFC/g	Reglamento Sanitario de los Alimentos, Chile – 2011, en base al Codex Alimentarius. Subgrupo 8.3: Productos Farináceos para coctel (Snacks)	10 – 100 UFC/g
Recuento Total de Aerobios Mesófilos	Snack nutritivo libre de gluten	350 UFC/g	Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas. MINSA – DIGESA, Perú, en base al Codex Alimentarius. Subgrupo V.7: Productos instantáneos extruidos	10 ⁴ – 10 ⁵ UFC/g

Fuente: Elaboración propia

El análisis de hongos y levaduras se llevó a cabo debido a la naturaleza del producto, principalmente su baja actividad de agua; en cambio el análisis de recuento total se encamina a determinar las posibles malas prácticas higiénicas realizadas durante el proceso de elaboración del snack. Si se comparan los valores de los recuentos obtenidos experimentalmente para ambos análisis, con los datos que presentan las normas basadas en el Codex Alimentarius, claramente se observa que el snack nutritivo libre de gluten cumple con los valores límites establecidos, siendo éste un alimento estable microbiológicamente durante su vida de anaquel. Los resultados e imágenes del análisis pueden observarse en el ANEXO J.

3.9 Viñeta Nutricional del Snack nutritivo libre de gluten

Para el caso del snack nutritivo libre de gluten se deben declarar obligatoriamente los siguientes nutrientes para estar en total conformidad con el RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad:

- Valor energético
- Grasa saturada
- Sodio
- Grasa total
- Carbohidratos
- Proteína

El análisis bromatológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) el documento original entregado por las autoridades del CENTA se encuentra en el anexo G. En la tabla 3.49 se muestra en resumen los resultados del análisis.

Tabla 3.49 Resultados del análisis bromatológico del snack nutritivo libre de gluten.

Análisis	Base húmeda p/p	Unidades
Humedad	3.68	g/100 g de muestra
Proteína cruda	8.24	g/100 g de muestra
Grasa (extracto etéreo)	15.14	g/100 g de muestra
Fibra cruda	1.29	g/100 g de muestra
Cenizas	1.62	g/100 g de muestra
Carbohidratos	71.31	g/100 g de muestra
Calcio	0.17	g/100 g de muestra
Fósforo	0.24	g/100 g de muestra

Fuente: CENTA, 2015.

Conforme a estos resultados se diseñó la viñeta nutricional siguiendo los lineamientos del RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad.

En la tabla 3.50 se muestran los factores de conversión para el aporte de energía por cada uno de los macro-componentes que aportan.

Tabla 3.50 Factores de conversión de masa (gramos) a energía

Nutriente o Componentes que aportan energía	kJ/g	kcal/g
Carbohidratos	17	4
Proteínas	17	4
Grasa	37	9
Alcohol (etanol)	29	7
Ácidos orgánicos	13	3

Fuente: RTCA 67.01.60:10

Factor de conversión: 4,189 kJ = 1 kcal

Los valores que se utilizarán en la declaración de los Valor Diario (VD) serán los declarados por la FDA (Octubre, 2009) y se detallan en la tabla 3.51.

Tabla 3.51 Valor Diario de componentes alimenticios según FDA.

Componente del alimento	VD
Niacina	20 mg
Grasas saturadas	20 g
Colesterol	300 mg
Grasa total	60 g
Sodio	2400 mg
Potasio	3500 mg
Carbohidratos totales	300 g
Fibras alimenticias	25 g
Proteínas	50 g
Vitamina A	5000 unidades internacionales (IU)

Continúa...

Tabla 3.51.a Valor Diario de componentes alimenticios según FDA.

Componente del alimento	VD
Vitamina C	60 mg
Calcio	1000 mg
Hierro	18 mg
Vitamina D	400 IU
Vitamina E	30 IU
Vitamina K	80 µg
Tiamina	1.5 mg
Riboflavina	1.7 mg
Niacina	20 mg
Vitamina B6	2 mg
Folato	400 µg
Vitamina B1	6 µg
Biotina	300 µg
Ácido pantoténico	10 mg
Fósforo	1000 mg
Yodo	150 µg
Magnesio	400 mg
Cinc	15 mg
Selenio	18 mg
Cloruro	3400 µg

Fuente: FDA

a) Determinación de la cantidad de sodio por porción para el snack nutritivo libre de gluten.

Según formulación del producto, se le añade 0.16 g de sal por cada 25g de snack nutritivo libre de gluten. Por tanto se tiene la siguiente ecuación balanceada:



Peso molecular NaCl

Na: 22.98 g/mol

Cl: 35.45 g/mol

NaCl: 58.43 g/mol

El valor del sodio para una porción de 25 g de snack nutritivo libre de gluten es 0.08 g.

b) Determinación de la grasa saturada por porción para el snack nutritivo libre de gluten.

En la tabla 3.52 se muestran los porcentajes de la formula cuantitativa del snack en **base seca**:

Tabla 3.52 Formula cuantitativa del snack en base seca

Materia prima	Porcentaje en peso(%p/p, base seca)
Camote	17.80
Maíz	71.21
Aceite	10.98
Total	100

Fuente: Elaboración propia

No interesa la cantidad de agua presente, debido a que ésta no aportará al valor de grasa saturada, de manera similar el aporte del camote y del maíz será insignificante comparado con el del aceite; el cálculo se basa en los valores que presenta el United States Department of Agriculture (USDA) para los materias primas utilizadas, y en base al porcentaje de cada

componente se calcula el contenido del factor proximal de interés, que para el caso es la grasa saturada:

Para una porción de 100 gramos de snacks se tiene: 4.5174 gramos de grasa saturada. Calculado mediante los datos que proporciona la USDA:

Se obtiene que para una porción de 25 gramos (porción establecida para el snack libre de gluten) la cantidad es de: **1.1293 gramos de grasa saturada**, equivalente al 6% del valor diario recomendado. En la figura 3.25 se muestra la información nutricional calculada para la porción de 25 gramos de snack según los datos de la USDA.

Grasa total	Grasa Saturada	Grasa Trans	Colesterol
2.994979248	1.129356211	0	0.004117912

Figura 3.25 Información nutricional calculada con los datos de la USDA para la porción de 25 gramos de snacks.

Fuente: Elaboración propia

c) Determinación de la energía por porción para el snack nutritivo libre de gluten.

La energía total corresponde a la sumatoria del aporte energético de cada nutriente o componente que aporta energía.

En la tabla 3.53 se muestra el cálculo de la energía que aportan 25g de snack nutritivo libre de gluten.

Tabla 3.53 Cálculo de la energía que aporta una porción de 25 g para el snack nutritivo libre de gluten.

Tamaño de la porción: 25 gramos						
Nutriente	Cantidad de nutriente en 100 g de producto	Cantidad de nutriente en 25 g de producto	Cantidad de energía suministrada por 1 gramo		Cantidad de energía suministrada por 25 gramos	
			kJ	kcal	kJ	Kcal
Grasa Total	15.14	3.76	37	9	150	35
Carbohidratos	71.31	17.83	17	4	300	70
Proteína	8.24	2.06	17	4	25	10
SUMATORIA					475	115

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de la viñeta nutricional del snack nutritivo libre de gluten, en conformidad con el RTCA 67.01.60:10, es necesario calcular el % Valor Diario para el producto. En la tabla 3.54 se muestra el % Valor Diario para el snack nutritivo libre de gluten.

Tabla 3.54 Cálculo del % Valor Diario para el snack nutritivo libre de gluten.

Tamaño de la porción: 25 gramos					
Nutriente	Cantidad de nutriente en 100 g de producto	Cantidad de nutriente en 25 g de producto	Valor Diario		%VD
			Unidades dadas por FDA	Conversión a unidades equivalentes por cada porción	
Proteína	8.24 g	2.06 g	50 g	2.06 g	4 %
Grasa	15.14 g	3.76 g	60 g	3.76 g	6 %
Grasa Saturada	4.51g	1.12 g	20 g	1.12 g	6%
Fibra cruda	1.29 g	0.32 g	25 g	0.32 g	1 %
Carbohidratos	71.31 g	17.83 g	300 g	17.83 g	6 %
Calcio	0.17 g	0.0425 g	1000 mg	42.50 g	4 %
Fósforo	0.24 g	0.06 g	1000 mg	60.00 mg	6%
Sodio	0.32 g	0.08 g	2400 mg	80.00 mg	3 %

Fuente: Elaboración propia

d) Diseño de la viñeta nutricional según RTCA 67.01.60:10 para el snack nutritivo libre de gluten.

Para la declaración en la viñeta nutricional se toman en cuenta las consideraciones expuestas en el RTCA 67.01.60:10 y en la tabla 3.55 se muestra la viña nutricional del snack nutritivo libre de gluten en conformidad con el RTCA mencionado.

Tabla 3.55 Viñeta nutricional según RTCA 67.01.60:10 para el snack nutritivo libre de gluten.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño de porción: 25 g		
Porciones por envase: 1		
	Cantidad por porción	%VD
Energía (kJ)	475	
Grasa Total (g)	3.80	6 %
Grasa saturada (g)	1.10	6 %
Carbohidratos (g)	18	6 %
Fibra cruda menos de 1 g		1 %
Sodio (mg)	80	3 %
Proteína total (g)	2	4 %
Calcio (mg)		4 %
Fósforo (mg)		6 %

Fuente: Elaboración propia

e) Diseño de etiqueta nutricional según la FDA para el snack nutritivo libre de gluten.

La FDA establece su propio formato para el diseño de la etiqueta nutricional, el cual se muestra a en la tabla 3.56.

Cabe mencionar que en este caso también se establecen reglas para el redondeo de las cantidades expresadas, las cuales han sido tomadas en cuenta, para la elaboración de la misma.

Tabla 3.56 Viñeta nutricional del snack nutritivo libre de gluten según FDA

Etiquetado de Nutrición			
Tamaño por Ración	25 g		
Raciones por envase	1		
Cantidad por Ración			
Calorías	115	Calorías de Grasa	35
		Valor Diario*	
Grasa Total	4 g		6%
Grasa Saturada	1 g		6%
Sodio	80 mg		3%
Carbohidrato Total	18 g		6%
Fibra Dietética	0 g		0%
Proteína	2 g		
Calcio	4%	Hierro	0%
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2,000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas:			
	Calorías	2,000	2,500
Grasa Total	Menos de	65g	80 g
Grasa Saturada	Menos de	20 g	25 g
Colesterol	Menos de	300 mg	300 mg
Sodio	Menos de	2400 mg	2400 mg
Carbohidrato Total		300 g	375 g
Fibra Dietética		25 g	30 g
Calorías por gramo			
Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteína 4	

Fuente: Elaboración propia

Como complemento y en conformidad al RTCA 67.01.07:10 Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados (Preenvasados), se añaden las leyendas mostradas en la figura 3.26.



Figura 3.26 Leyendas de la viñeta para el empaque del snack nutritivo libre de gluten.

Fuente: Elaboración propia

f) Comparación de un snack comercial a base de maíz vs Snack nutritivo libre de gluten

En comparación con un snack de características similares y de alto consumo en el mercado se puede observar que la diferencia en el aporte de calorías del snack nutritivo libre de gluten es menor hasta un 14 %, el aporte de grasa total por porción es menor que la de otros snacks llegando a tener una diferencia de hasta 3 g por porción (25 g).

El aporte de sodio es bajo en comparación a snacks de alto consumo en el mercado, llegando a tener el snack nutritivo libre de gluten hasta 36 miligramos por porción (25 g) menos que otros snacks.

En relación al aporte de carbohidratos (buena fuente de energía), el snack nutritivo puede llegar a aportar hasta 2 g más por cada porción en comparación a snacks comerciales de alto consumo. Las proteínas aportadas por cada porción de 25 g de snack nutritivo libre de gluten llegan a tener hasta un 12 % más que otros snacks. En la tabla 3.57 se muestran los datos que verifican la información expuesta:

Tabla 3.57 Valores comparativos del snack nutritivo en relación a un snack comercial

Información nutricional	Snack Comercial(hecho a base de maíz)	Snack nutritivo libre de gluten
Porción (g)	25	25
Energía (kJ)	553	475
Grasa total (g)	6.89	3.8
Grasa saturada (g)	3.23	1.1
Sodio (mg)	116.75	80
Carbohidratos (g)	15.69	18
Proteína (g)	1.78	2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.27 se muestra el diseño del panel principal del empaque para el snack nutritivo libre de gluten.



Figura 3.27 Etiqueta del snack libre de gluten.

Elaborado por: Cruz, Andrea, 2015

3.9.1 Declaración “Libre de Gluten” para el Snack (FDA, 2013)

Para declarar el snack formulado como libre de gluten se basó en la normativa que la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) en agosto de 2013 promulgó, de esta forma se dio la pauta para la definición al término “sin gluten” para el etiquetado de alimentos. Esta definición asegura a los consumidores, en particular a aquellos con enfermedad celíaca, que la indicación “sin gluten” en los productos alimenticios será uniforme y fiable en toda la industria de los alimentos.

Sin gluten y términos equivalentes: Los alimentos sin gluten pueden ser etiquetados de diferentes formas:

- **No contiene gluten**
- **Sin gluten**

- **Libre de gluten**

Declaración en etiqueta:

Para la declaración en la etiqueta se tomó en cuenta las disposiciones de la normativa; las que indican que se **permite a los fabricantes etiquetar un alimento como “sin gluten” si no contiene ninguno de los ingredientes siguientes:**

- Cualquier tipo de trigo, centeno, cebada o variedades híbridas de estos cereales;
- Cualquiera derivado de estos cereales que no haya sido procesado para eliminar el gluten
- Cualquiera derivado de estos cereales que haya sido procesado para eliminar el gluten, si resulta que su contenido en el alimento es de 20 ppm o más.

Por lo tanto debido a que el producto desarrollado en este proyecto no contiene ninguno de los ingredientes previamente mencionados, las materias primas utilizadas son: *Maíz dorado, camote anaranjado, aceite vegetal y sal*; la declaración: **“Libre de gluten”**, puede ser colocada con toda confianza y validez.

CONCLUSIONES

1. Las materias primas e insumos utilizados para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten fue maíz dorado en una proporción en peso del 80% en la harina compuesta, camote naranja en 20% en peso en la harina compuesta, aceite y sal. Para obtener un producto final de calidad e inocuo se establecieron parámetros mínimos de calidad como humedad, color, contenido de impurezas y materias extrañas, daños por hongos, insectos, calor, presencia de plagas, colores extraños y composición, para cada materia prima e insumo, que garantizan que Nutrichips es de conformidad a lo establecido y cumple con cada una de las características finales de calidad, sabor e inocuidad.
2. “Nutrichips” nombre comercial asignado al snack nutritivo se elaboró a partir de harina de maíz dorado y camote naranja, que es libre de gluten según define la Administración de drogas y alimentos (FDA), no se utilizan ningún tipo de materias primas que aporten este compuesto proteico a la composición del producto; dado que su composición se formuló a partir de harina de maíz dorado (alto en calidad proteica) en un 80% P/P y harina de camote naranja en una proporción de 20% P/P, el snack es libre de conservantes y colorantes artificiales ya que su color es aportado naturalmente por los betacarotenos presentes en el camote naranja.
3. El diseño y elaboración de un snack nutritivo libre de gluten contribuyó al desarrollo de la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional en El Salvador pues sus materias primas, maíz dorado y camote naranja, son de origen salvadoreño. El tema de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) es de prioridad para el Gobierno salvadoreño (según Decreto Ejecutivo No. 63) y el snack nutritivo libre de gluten elaborado en esta investigación es un aporte para la existencia de una amplia disponibilidad de alimentos nacionales que nutran y satisfagan las necesidades biológicas de los consumidores.

4. Para la elaboración de la harina compuesta (hecha de la combinación de harina de maíz dorado y harina de camote naranja) se utilizó el diseño factorial 2K y según esta metodología se realizó 4 iteraciones por duplicado para la búsqueda de la composición óptima de la harina compuesta dando como resultado la mejor formulación 20% harina de camote naranja y 80% harina de maíz dorado (%p/p) debido a que las características finales de la masa resultaron las mejores para la manipulación (contenido de almidón aportado por la harina de maíz dorado contribuyó a una buena hidratación de la masa final y una mejor manipulación), el producto final presentó buena crocancia y el color resultó aceptable.
5. Se analizó el comportamiento de la harina compuesta con el objetivo de establecer los indicadores de calidad de esta. La humedad promedio debe ser 9.94% para se garantice un producto final conforme; otros parámetros que modelan la harina compuesta fueron los obtenidos por medio del correspondiente análisis de flujo de masa de partículas cuyos resultados describieron la fluidibilidad e inundabilidad como regular de la harina compuesta.
6. Los parámetros físicos de transferencia de calor evaluados y que afectan directamente la obtención del snack nutritivo libre de gluten (Nutrichips) fueron el tiempo y la temperatura del snack durante el freído. Se calculó el coeficiente convectivo de transferencia de calor cuyo valor es de $h = 98.76 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, con el que se cuantificó la influencia de las propiedades del fluido (aceite), de la superficie y del flujo cuando se produce la transferencia de calor en el freído (convección). La determinación de este parámetro puede ser de utilidad en el diseño de equipos utilizados para la elaboración del snack nutritivo.

7. Se realizó un análisis sensorial del tipo afectivo de preferencia a 41 panelistas con las muestras de snack siguientes. Canela y azúcar, salado y simple. Los resultados demuestran que el tipo de snack más aceptado por los panelistas en apariencia con 41% en apariencia y color con 46% es la muestra simple pero su sabor es menos agradable, la muestra azúcar canela posee el mejor olor y textura al igual que la muestra salada, siendo esta última (muestra salada) la más aceptada por los panelistas en textura con 34%, aroma con 46%, satisfacción de expectativas con 65% y mejor sabor con 65% de aceptación. Por tanto, con los resultados obtenidos se demostró la aceptación del snack nutritivo libre de gluten en su variedad salada por los consumidores.

8. Se realizó un estudio de vida de anaquel acelerada con una duración de 29 días para conocer la fecha de vencimiento del snack nutritivo; las mediciones de la actividad de agua durante el tiempo establecido demostró un promedio de 0.48, lo que confiere al producto una mayor estabilidad en su conservación, evitando la proliferación de microorganismos perjudiciales, la reacción de oxidación y el mantenimiento de sus características físicas relativamente constantes. En relación al estudio sensorial de las muestras sometidas al estudio de vida de anaquel, se observaron cambios después de 20 días de análisis y se determinó que la duración del producto en anaquel será de 4 meses.

9. La composición del snack nutritivo libre de gluten (Nutrichips) en comparación con otro snack comercial (hecho a base de maíz) demuestra que el producto es bajo en calorías con 475 kJ, bajo en grasas con 6% del valor diario, bajo en sodio con 3% del valor diario, alto en carbohidratos con 6% del valor diario las cuales aportan energía, además el snack nutritivo posee 4% del valor diario de proteína con un índice de calidad proteica del 99%.

10. A partir de los valores de la composición proximal, se diseñó la viñeta nutricional que se remitió a conformidad con la Reglamentación, tal como lo indica el reglamento técnico Centroamericano (RTCA 67.01.60:10) a nivel de El Salvador y las reglas de etiquetado propuestas por la Food & Drugs Administration en EEUU.

11. El empaque seleccionado para el snack nutritivo libre de gluten (Nutrichips) fué una película laminada de dos polipropilenos, uno transparente y el otro provee un revestimiento metalizado debido a que presenta las características de alta barrera contra el vapor de agua y protección contra la luz, la permeabilidad al O₂ evaluada según norma ASTM D1437 con un valor de: 1.91×10^{-12} cm³ de O₂ * cm / (cm² * s * Pa) a 23°C y HR=70; estas características son esenciales para un producto tipo fritura ya que es requerido protección contra la humedad y el O₂ del aire para mantener textura y protección contra la luz ultra violeta para evitar reacciones de oxidación.

12. Para la elaboración del snack nutritivo libre de gluten, se ha hecho uso de las buenas prácticas de manufactura para su producción, empaçado y almacenado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la promoción del uso de materias primas poco comunes como lo son el maíz dorado y el camote naranja por ser fuente de nutrientes para trabajos de grado posteriores enfocados a desarrollo de nuevos productos, líneas de producción con aseguramiento de la calidad e inocuidad o trabajos e investigaciones que aporten al diseño y desarrollo de equipos.
2. Se recomienda la búsqueda de materias primas alternativas para la elaboración de productos (como snacks) que aporten beneficios nutricionales a sus potenciales consumidores. Además se recomienda el enriquecimiento en otros nutrientes en la harina compuesta para consolidar un producto con un perfil nutricional más completo adaptado al público objetivo que en la investigación es la población general.
3. Realizar un diseño de plantas que contribuya a consolidar los resultados de la investigación para la puesta en marcha de una empresa productora de snacks nutritivos.
4. Realizar y evaluar alternativas o propuestas para la normalización y/o legislación en el rubro de los snacks en El Salvador a fin de contribuir a mejorar la calidad e inocuidad de los productos en mención.
5. Mantener el uso de las buenas prácticas de manufactura en la elaboración del snack nutritivo desde la elaboración de las harinas del maíz y el camote naranja hasta su empaçado.
6. Buscar alternativas al tipo de empaque proporcionado en la investigación presente buscando una mejor conservación del producto y generando alternativas amigables con el medio ambiente.

7. Se recomienda un estudio de impacto ambiental que propicie procesos alternos o metodologías de optimización de los recursos utilizados en la elaboración del snack nutritivo, así como generar mecanismos de control de residuos y desechos que minimicen o reduzcan el daño al medio ambiente.
8. Realizar un plan HACCP que permita observar posibles peligros a la inocuidad en la elaboración de un snack nutritivo.
9. Al realizar un estudio de vida de anaquel acelerado, es necesario que en el período a realizar las pruebas correspondientes al mismo, se mantengan constantes las condiciones de estudio para evitar fluctuaciones en los resultados, además es necesario la adecuación en el equipo de medición de los parámetros para la determinación de la vida de anaquel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Demográfica Salvadoreña (2008). *Encuesta Nacional de Salud Familiar*. (FESAL). El Salvador.
- Ahmad, A., K. Niranjana, y M. Gordon. (2013). *Physico-chemical changes occurring in oil when atmospheric frying is combined with post-frying vacuum application*, Food Chemistry: 136(2), 902–908.
- Aladedunye, F. y R. Przybylski. (2013). *Frying stability of high oleic sunflower oils as affected by composition of tocopherol isomers and linoleic acid content*, Food Chemistry: 141(3), 2373–2378.
- Alfaro, R., Jiménez, M., Braña, D., Torres, M. & Rodríguez, O. (2013). *Evaluación sensorial de la carne de cabra y de cabrito*. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, México. ISBN: 978-607-37-0086-3.
- Allen, D., Kearney, R. (2009). *Cocina y salud: Celiacía*. España: Editorial CEAC.
- Alvarado, J., Flores, C. (2008). *Estudio de factibilidad para la industrialización de frutas deshidratadas en el salvador*. Trabajo de grado. Licenciatura en administración de empresas. Universidad Dr. José Matías Delgado. El Salvador.
- Alvis, A., Cortés, L., Páez, M. (2009). *Transferencia de Calor y Materia durante la Fritura de Trozos de Ñame (Dioscorea alata)*. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n1/art12.pdf>
- Amador, A. (2009). *Desarrollo y evaluación de una tortilla de maíz con dos concentraciones de harina de soya (Glycine max) y harina de amaranto (Amaranthus hypochondriacus)*. Trabajo de grado, Ingeniería en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura, Zamorano, Honduras.

- ASTM D1434–82. *Standard Test Method for Determining Gas Permeability Characteristics of Plastic Film and Sheeting*. American Society for Testing & Materials. ASTM anual Book of Standards PA-USA.
- ASTM D6393-99. *Standard Test Method for Bulk Solid Characterization by Carr Indices*. American Society for Testing & Materials. ASTM Annual Book of Standards. PA-USA.
- Ayala, C., Rivas, G., Zambrana, C. (2003). *Estudio proximal comparativo de la cascara y pulpa del platano (musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentacion humana y animal*. Trabajo de grado, Licenciatura en química y farmacia, Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Barreiro, J., Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Venezuela: Editorial Equinoccio.
- Bar Team. (2015). *Scott Farms adds sweet potato crisps in three colours* Recuperado de: <http://barmagazine.co.uk/scott-farms-adds-sweet-potato-crisps-in-three-colours/>
- Bello, J. (2000). *Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos*. https://books.google.com.sv/books?id=94BiLLKBJ6UC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [En Línea]
- Bello, L., Guevara, F., Paredes, O. (2009). *La nixtamalización*. Recuperado de http://www.alumno.unam.mx/algo_leer/nixtamalizacion.pdf
- Benavides, Y. (2012). *Diseño y ejecución del plan de entrenamiento del panel de análisis sensorial de la compañía de galletas noel S.A.S*. Trabajo de grado, Ingeniero de Alimentos, Corporación Universitaria Lasallista, Colombia.
- Bento, C., Gava, A., Gava, J. (2009). *Tecnología de los alimentos. Principios y aplicaciones*. https://books.google.com.sv/books?id=mbIqoh793j0C&dq=insuflado+alimentos&source=gbs_navlinks_s [En Línea]

- Bertrand, M. (2006). *Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils*. Eur. J. Lipid Sci. Technol.: 108 (3), 200 – 211.
- Boucher, F., Muchnik, J, (1995). *Agroindustria rural. Recursos técnicos y alimentación*. <https://books.google.com.sv/books?id=jyAOAQAIAAJ&pg=PA63&dq=nixtamalizacion&hl=es&sa=X&ei=YjUcVducC4iyoQS32IEY&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=nixtamalizacion&f=false> [En Línea]
- Bravo, J. (2008). *Estudio de la fritura al vacío: Deshidratación de rodajas de manzana*. Disertación doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Bressani R, Benavides V, Acevedo E, Ortiz MA.1990. *Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during tortilla preparation Cereal Chemistry*, 67:515-518.
- Burgess, A. & Glasauer, P. (2006). *Guía de nutrición de la familia*. Food & Agriculture Org. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-y5740s/y5740s16.pdf>
- Calderón, V. (2010). *Deshidratación de alimentos*. Recuperado de <http://www.centa.gob.sv/upload/laboratorios/alimentos/BROCHURE%20DESHIDRATADOS.pdf>
- Calvo, C. y Durán, L. (2005). Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Temas en tecnología de alimentos. Óptica y color. México, D.F. AlfaOmega. IPN, Pag 157-160.
- Carr, R.L. (1965). *Evaluating Flow Properties of Solids*. Chemical Engineering, January 18, Pg. 163-168.
- Castro, E., Verdugo, M., Miranda, M., Rodríguez, A. (1997). *Determinación de parámetros texturales de galletas tipo cracker*. Trabajo de grado, Ingeniero en Alimentos, Universidad de Chile, Chile.

Choi, Y., and M.R. Okos. 1986. *Effects of Temperature and Composition on the Thermal Properties of Foods*. In Food Engineering and Process Applications. London: Elsevier Applied Science Publishers.

Comisión Europea (EC). (2015). *Legislación*. Recuperado de:
http://ec.europa.eu/legislation/index_es.htm

Colindres, M., Recinos, H. (2013). *Determinacion del análisis fitoquímico preliminar y proximal de las flores y tallo joven de yucca guatemalensis (izote) y rytidostylis gracilis (cochinillo)*. Trabajo de grado, Licenciatura en química y farmacia, Universidad de El Salvador, El Salvador.

Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN). (2011). *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Recuperado de:
http://www.paho.org/els/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1046&Itemid=

Contreras, B. (2009). *Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico*. Trabajo de grado, Posgrado en Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, México.

Cooperación Suiza en América Central. (2012). *Guía para determinar la vida útil en anaquel*. PyMerural, Honduras. Recuperado de:
http://www.pymerural.org/docs/vida_util_anaquel.pdf

Cordón, J. (2007). *Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña*. Trabajo de grado, Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, Zamorano, Honduras.

Devia, J. (2007). *Desarrollo de nuevos productos*. Colombia: Dirección de Investigación y Docencia, Universidad EAFIT.

- Dickerson Jr. R.W. (1965). *An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods*. Food Technology. p. 198-204.
- Dickerson Jr., R.W. and Read Jr., R.B.(1968). *Calculation and measurement of heat transfer on foods*. Food Technology. 22, p. 1533
- Diconsa S.A. de C.V. (2015). *Instructivo para el muestreo y análisis de maíz, frijol y arroz*. http://www.diconsa.gob.mx/normateca/images/pdfs/documentos_apoyo/muestreo_y_analisis.pdf [En Línea]
- Dirección General de Estadística y Censos (2009). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples*. El Salvador.
- Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G. y Velasco, J. (2000). *Interactions between fat and food during deep-frying*. European Journal of Lipid Science and Technology, 102, 521-528.
- El crecimiento del subsector “Snacks”, amortiguó caída en las ventas. (8 de febrero del 2015). El Diario de Hoy. Recuperado de:
<http://www.elsalvador.com/articulo/negocios/crecimiento-del-subsector-snacks-amortiguado-caida-las-ventas-69729>
- Exequiel, F. (2011). *Consumo de golosinas, snacks y bebidas carbonatadas en adolescentes de 10 a 12 años de dos colegios de la ciudad de Rosario*. Trabajo de grado. Licenciatura en nutrición. Universidad Abierta Interamericana. Argentina.
- Fellows, P. y Hampton, A. (1992). *Small-Scale Food Processing - A Guide for Appropriate Equipment. Intermediate Technology Publications en asociación con CTA*. Londres.
<http://www.fao.org/WAIRdocs/x5434e/x5434e08.htm#4.%20snack%20foods> [En Línea]
- Fellows, P. J. (1998). *Food processing technology*. Principles and practice (pp. 355-362). New York: Woodhead.

- Food and Agriculture Organization (FAO). (2000). *Codex Alimentarius – Requisitos generales*. <https://books.google.com/sv/books?id=FcmmpqhgA80C&pg=PA103&dq=aditivo&hl=es&sa=X&ei=RQkiVYyIDILcsAWS3oNo&ved=0CCUQ6AEwAg#v=onepage&q&f=true> [En Línea]
- Food and Drugs Administration. (2009). *FDA Guía para la industria: Guía del etiquetado de alimentos*. Disponible en:
<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247936.htm>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). *Definiciones para los fines del Codex alimentarius*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/w5975s/w5975s08.htm>
- Food and Drugs Administration. (2015). *FDA Si dice ‘Sin gluten’ significa ahora que no tiene gluten*. <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm363531.htm> [En Línea]
- Food and Drugs Administration. (2015). *FDA El gluten y el etiquetado de los alimentos*. <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm397398.htm> [En Línea]
- García, E., Fernández, S. (2015). *Determinación de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación*. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- García, F. (2002). *Recomendaciones metodológicas para el diseño de cuestionario*. Sonora, México: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- García, G., Duarte, H., Hernández, L & Moncada, L. (2005). *Determinación del tiempo de cocción en los procesos de freído y horneado de tres alimentos de consumo masiuro en Colombia*. Épsilon. Recuperado de:
<http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/viewFile/2142/1997>

- Gómez, S. (2013). *Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (Actidinia chinensis)*. Trabajo de grado, Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
- González, A. (2012). *Desarrollo De Un Producto De Panificación A Partir De Una Harina Compuesta De Trigo, Garbanzo Y Brócoli*. Trabajo de grado, Ingeniería en Agroindustria, Universidad de San Buenaventura, Cali.
- Granados, G., Lafittle, H., Paliwal, R. (2001). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Recuperado de:
<https://books.google.com.sv/books?id=os79dx6BcmsC&pg=PA49&dq=nixtamalizaci+on&hl=es&sa=X&ei=Kl4hVZ3qLoj2oAS9t4KABg&ved=0CCEQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=true>
- Guzmán, R., Mejía, M., Romero, P. (2004). *Diseño de un sistema de pull marketing estratégico para mejorar la comercialización de productos alimenticios, distribuidos por las grandes empresas, ubicadas en el área metropolitana de san salvador. Caso específico: (boquitas, snack, botanas o picaderas)*. Trabajo de grado. Licenciatura en mercadotecnia y publicidad. Universidad Francisco Gavidia. El Salvador.
- Nobile, M., Conte, A. (2013). *Packaging for food preservation*. Recuperado de:
https://books.google.com.sv/books?id=ki68BAAQBAJ&dq=food+packaging&source=gbs_navlinks_s
- Henderson, S.M. and Perry, R.L. (1955). *Agricultural process engineering*. New York, USA, John Wiley and Sons, Inc.
- Henríquez, J. (2002). *Fomentan exportación de añil y frutas deshidratadas*. El Diario de Hoy. <http://archivo.elsalvador.com/noticias/2002/10/13/negocios/negoc5.html> [En Línea]
- Hough, G., Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil y sensorial de los alimentos*. Madrid, España: Martín Impresores, S.L.

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2013). *Manual Técnico para el Cultivo de Batata (Camote O Boniato) en la Provincia de Tucumán (Argentina)*. Recuperado de: http://inta.gov.ar/documentos/manual-tecnico-para-el-cultivo-de-batata-camote-o-boniato-en-la-provincia-de-tucuman-argentina/at_multi_download/file/Manual%20BATATA.pdf
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (INCAP). (1999). La iniciativa de seguridad Alimentaria Nutricional en Centro América. Recuperado de: <http://www.incap.org.gt/sisvan/index.php/es/acerca-de-san/conceptos/marco-referencial-de-la-san>
- Iñarritu, M., Ochoa, S. (2009). *Cuaderno de trabajo y selección de textos – Etiquetado de alimentos*, Seguridad Pública I, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de México.
- Jaramillo, M. & Reinoso, E. (2000). *Snack nutritivo a base de arroz y soya: Ramones*. Trabajo de grado, Ingeniería de alimentos, Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Jiménez, A. (2012). *El mercado internacional de snacks*. Costa Rica, Dirección de Inteligencia Comercial; Promotora de comercio exterior de Costa Rica.
- Kochhar, S. P. y Gertz, C. (2004). *New theoretical and practical aspects of the frying process*. European Journal of Lipid Science and Technology, 106, 722-727.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. y Marinos-Kouris, D. (2001). *Colour changes during deep fat frying*. Journal of Food Engineering, 48, 219-225.
- Kuntz, L. (1996). *Accelerated shelf-life testing* (en línea). Disponible en <http://www.foodproductdesign.com/archive/1991/1291QA.html>
- Kupferman, M. (2015). *Snacks gourmet: los nuevos apóstoles del picoteo*. Recuperado de: <http://www.planetajoy.com/?Snacks+gourmet%3A+los+nuevos+ap%F3stoles+del+picoteo&page=ampliada&id=7744>

- Lawson, J. & Madrigal, J. (1992). *Experimentos con mezclas*, Estrategias experimentales para el mejoramiento de la calidad en la industria (pp. 243-287). D.F, México: Grupo editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.
- Levine, L. (1990). *Understanding frying operations*. Cereal Food World. 35 (2): 272 – 273.
- Licata, M. (2013). *Las barritas energéticas, un tentempié práctico para el deportista*. Recuperado de: <http://www.zonadiet.com/comida/barritaenergetica.htm#ixzz2JgK1vQfz>.
- Lind, I.(1991). *The measurement and prediction of thermal properties of food during freezing and thawing- a review with particular reference to meat and dough*. Journal of Food Engineering. 13, p 285-319.
- Liria, M. (2007). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de Investigación Nutricional, Lima, Perú.
- Loachamín, G. (2008). *Desarrollo de un plan de manejo ambiental para una empresa procesadora de snacks*. Trabajo de grado, Ingeniería Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Mahecha, M. (1985). *Evaluación sensorial en el control de calidad de los alimentos procesados*. (7a ed.). Bogotá: Editorial Carrera.
- Lucas, J C., Quintero, V D., Vasco, J F., Nuñez, L C. (2011). *Evaluación de los parámetros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla*. Scientia et Technica Año XVI, No 48, Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. P 299 – 304.
- Lupano, C. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. Recuperado de: <http://www.biol.unlp.edu.ar/nutricionybromatologiaF/ModificacionesComponentes.pdf>
- Matz, S. (1989). *Bakery technology: packaging, nutrition, product development*. Texas, US.

- Maxwell, S. (2015). *Fruit and veg crisps slicing into UK savoury snack market*. *Produce Business UK*. Recuperado de <http://www.producebusinessuk.com/supply/stories/2015/06/19/fruit-and-veg-crisps-slicing-into-uk-savoury-snack-market>
- McCabe, WL; Smith, JC; Harriott, P. (1991). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4 ed. McGraw-Hill, Madrid.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriot, P., (2002), *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, Sexta edición, Editorial McGraw- Hill, México.
- Mejía, D., Pérez, M., Rosas, M. (2014). *¡Alerta! TBHQ en alimentos con grasa*. [En Línea]. 1ª Ed. Vol XXVII. N° 3. [Fecha de consulta: 16 de Mayo del 2015]. <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num3/articulos/TBHQ.html>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MINED). (2013). *Gobierno de El Salvador y FAO impulsan fortalecimiento del Programa de Alimentación y Salud Escolar (PASE)*. Recuperado de <https://www.mined.gob.sv/index.php/ints/item/6567-gobierno-de-el-salvador-y-fao-impulsan-fortalecimiento-del-programa-de-alimentaci%C3%B3n-y-salud-escolar-pase.html>
- Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Moreira, R. G. (2001). *Deep-Fat Frying of Foods*. In: J. Irudayaraj, *Food Processing Operations Modeling* (pp. 115-146). New York: Marcel Dekker, Inc
- Moyano, P. C. y Pedreschi, F. (2006). *Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments*. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 285-291.
- Muñoz, A. (2014). *Efecto de la temperatura, oxígeno y la luz en la oxidación de las grasas*. Deterioro de los productos agroindustriales, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Perú.

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2015). Codex Alimentario. Recuperado de: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&Itemid=&gid=30256&lang=es
- Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica (OSARTEC). (2015). Reglamentación técnica. Recuperado de: <http://osartec.gob.sv/index.php/temas/reglamentacion>
- Ortuño, M. (2005). *La cara oculta de alimentos y cosméticos*. Recuperado de: https://books.google.com.sv/books?id=D05E519eSDMC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Paliwal RL, G Granados, HR Lafitte, AD Violic (2001). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. FAO, Roma. 376 p.
- Pardo, J. (2008). *Oportunidades en la relación comercial entre Centro América y la Unión Europea*. <http://web.minec.gob.sv/cajadeherramientasue/images/stories/relaciones-comerciales-ca-ue/sv-oportunidades.pdf> [En Línea]
- Pearson, D. (1998). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. (3a ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Pedreschi, F., Hernández, P., Figueroa, C. y Moyano, P. (2005a). *Modeling wáter loss during frying of potato slices*. International Journal of Food Properties, 8, 289-299.
- Pedreschi, F. y Moyano, P. (2005a). *Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips*. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 38, 599-604.
- Pedreschi, F. y Moyano, P. (2005b). *Oil uptake and texture development in fried potato slices*. Journal of Food Engineering, 70(4), 557-563.
- Pedreschi, F. Moyano, P., Kaach, K., y Granby, K. (2005b). *Color changes and acrylamide formation in fried potato slices*. Food research International, 38, 1-9.
- Peña, A., Peña, L. (2013). *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.16>

- Pineda, D. (2015). *Tendencia en snacks nutritivos.* , El Salvador, Ministerio de economía; Dirección de innovación y calidad. Recuperado de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/4016/Tendencias%20en%20snacks%20nutritivos%20jul.pdf>
- Posada, C. (2011). *Recopilación de estudios de tiempo de vida útil de productos nuevos y ya existentes de la compañía de galletas Noel S.A.S.* Trabajo de grado, Ingeniería de Alimentos, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia.
- Poulsen,P.K.(1982). *Thermal diffusivity of foods measured by simple equipment.*Journal of Food Engineering, 1, p.115-122.
- Proaño, S. (2002). *Empaques alimenticios tipo film: estudio de mercado y determinación del costo relativo en el producto final.* Trabajo de grado, Maestría en Dirección de Empresas, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador.
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2012). *El mercado internacional de snacks.* Recuperado de: <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Presentacion%20snacks.pdf>
- Quintero, R. (2013). Función de los ingredientes. *Club de repostería.* Recuperado de: <http://clubdereposteria.com/funcion-de-los-ingredientes/>
- Riaz, M. (2010). Los snacks y pelets “3G” (tercera generación), proporcionan una alternativa a alimentos elaborados y expandidos. *Industria Alimenticia.* Recuperado de <http://www.industriaalimenticia.com/articles/83076-fundamentos-de-la-extrusion>
- PSM-PSA (2013) *Guías de laboratorio experimental de propiedades de flujo de masa de partículas*, PSM-PSA-115, Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Universidad de El Salvador, El Salvador.

- PSM-PSA (2013) *Guion de clases N°1-Características Y Propiedades De Sólidos Y De Masas De Partículas*, PSM-PSA-115, Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Rojas, M. (2012). *Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (manihot esculenta crantz) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa pronal s.a.* Trabajo de grado, Tecnóloga Química, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Sahin, S., Sastry, S. K. y Bayindirli, L. (1999a). *The determination of convective heat transfer coefficient during frying.* Journal of Food Engineering, 39, 307-311.
- Sahin, S., Sastry, S. K. y Bayindirli, L. (1999b). *Heat transfer during frying of potatoeslices.* Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 32, 19-24.
- Singh, R. P. (1982). *Thermal diffusivity in food processing.* Food Technology. p. 87-91
- Sosa-Morales, M., R. Orzuna-Espiritu y J. F. Velez-Ruiz. (2006). *Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat,* Journal of Food Engineering: 77 (3), 731-738.
- Steele, B; Scully A; Zerdin K. (2006). *Accelerated shelf life testing* (en línea). Disponible en <http://www.foodscience.csiro.au/fsn/2/fsn2d.htm>
- Stier, R. F. (2004). *Frying as a science- An introduction.* European Journal of Lipid Science and Technology, 106, 715-721.
- Stone, H., Sidel, J.L. (2004). *Sensory Evaluation Practices.* (3a ed.). California: Academic Press.
- Szczesniak, A. (1987). *Correlating sensory with instrumental textura measurements – an overview of recent developments.* Journal Texture Studies. P 181-186.
- Texas A&M University. (2004). *Analytical techniques for the corn alkaline cooking industry-Quality control laboratory guidelines.* Cereal quality laboratory, soil & crop sciences department, college station, Texas, EEUU.

- Tirado, D., Acevedo, D., Guzmán, L. (2013). *Coefficientes Convectivos de Transferencia de Calor durante el Freído de Láminas de Tilapia (Oreochromis niloticus)*. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v24n6/art07.pdf>
- Urbano, L. (2014). *Elaboración de snack nutracéuticos de quinua (chenopodium quinoa willd) con remolacha (beta vulgaris) como colorante*. Trabajo de grado. Bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Valenzuela, A., Nieto S. (1996). *Antioxidantes sintéticos y naturales: protectores de la calidad de los alimentos*. Disponible <http://www.ig.csic.es/Revis/Fas47/Res47/Re47f38.html>
- Varela, G., Bender, A. E. y Morton, I. D. (1998). *Frying of Food: Principles, Changes, New Approaches*. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology. VCH Publishers. Chichester, U.K.
- Vilches, F. (2005). *Formulación y elaboración de un “snack” de arándano con incorporación de fibra dietética*. Trabajo de grado. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Chile.
- Villamizar, C & Gómez, D. (1992). *Hablemos-Empaques y envases para productos perecederos*. Servicio Nacional De Aprendizaje (SENA), Regional Bogotá Y Cundinamarca, Subdirección De Comercio Y Servicios, Centro De Gestión Comercial Y Mercadeo, Bogotá, Colombia.
- Vitrac, O., Dufour, D., Trystram, G. y Raoult-Wack, A.-L. (2002). *Characterization of heat and mass transfer during deep-fat frying and its effect on cassava chip quality*. Journal of Food Engineering, 53, 161-176.
- Walji, H. (2007). *Vitaminas y minerales*. Recuperado de <https://books.google.com.sv/books?id=HEK1Re7BphwC&pg=PA48&dq=betacaroteno&hl=es&sa=X&ei=yan0VJXYIvDIASigIG4CQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=true>

- Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. & Elías L.G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Recuperado de <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/12666/1/IDL-12666.pdf>
- Wu, H., T.G. Karayiannis y S.A. Tassou. (2013). *A two-dimensional frying model for the investigation and optimisation of continuous industrial frying systems*, *Applied Thermal Engineering*: 51(1 -2), 926-936.
- Yague, M. (2003). *Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos de comidas preparadas*. Observatorio de la seguridad alimentaria, Escuela de prevención y seguridad integral. Barcelona, España.
- Zaluaga, A. (2012). *Diseño de metodologías para un equipo universal de ensayos con aplicación en la industria alimenticia*. Trabajo de grado, profesional en Química Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

ANEXOS

ANEXO A: Glosario

Aditivo: cualquier sustancia que por sí misma no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición al alimento en sus fases de producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte (o pueda esperarse que razonablemente resulte) directa o indirectamente por sí o sus subproductos, un componente del alimento o bien afecte a sus características (CODEX, 1999).

Alimento: toda sustancia, elaborada, semielaborada o bruta, que se destina al consumo humano, incluyendo las bebidas, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la fabricación, preparación o tratamiento de los alimentos, pero no incluye los cosméticos ni el tabaco ni las sustancias utilizadas solamente como medicamentos (FAO, 2015).

Betacaroteno: Nutriente esencial precursor de la vitamina A. Pigmento perteneciente a la familia de los carotenoides que da el color rojo, naranja y amarillo a muchas frutas y vegetales; es considerado un excelente antioxidante que ayuda a combatir los radicales libres teniendo la capacidad de proteger los contenidos celulares delicados frente a posibles daño (Sante, 2013)

Botana: Todos aquellos productos los cuales han sido elaborados a partir de harina de tubérculos, cereales, granos, frutos y semillas. Estos pueden estar explotados, horneados, fritos o tostados a los cuales se les puede adicionar aditivos alimenticios o consumirlos sin mayor cantidad de productos (NOM-187-SSA1/SCFI-2002).

Celiaquía: Patología genética auto inmunitaria causada por una intolerancia permanente al gluten, la cual es una enfermedad crónica y puede afectar a personas de cualquier edad (Allen, 2009).

Colorante alimenticio: aditivo sin utilidad y valor nutricional; en la mayoría de las ocasiones su única función es brindarle al alimento un aspecto más agradable y así abonar a la calidad de este (UNED, 2012).

Fritura: Proceso de cocción en donde los alimentos se sumergen, en un tiempo relativamente corto, en una cantidad determinada de grasa o aceite a temperaturas altas, estas temperaturas suelen variar entre los 150 y 180 °C. El vocablo se aplica también al alimento que se ha sometido a este proceso y cuyas características finales son un alimento seco, crujiente y en muchas ocasiones dorado (Kochhar y Gertz, 2004)

Gluten: Es un conjunto de proteínas contenidas exclusivamente en la harina de los cereales de secano, fundamentalmente el trigo, pero también la cebada, el centeno y la avena, o cualquiera de sus variedades e híbridos. Representa un 80 % de las proteínas del trigo. Está compuesto de gliadina y glutenina (Kupper, 2005)

Harina: Producto obtenido del molido o macerado de granos o cereales. Es un polvo fino que además de poseer baja humedad generalmente posee una determinada cantidad de almidón (FAO, 1989)

Ingrediente: cualquier sustancia, incluidos los aditivos alimentarios, que se emplee en la fabricación o preparación de un alimento y esté presente en el producto final aunque posiblemente en forma modificada (RTCA 67.01.07:10, 2010).

Nixtamalización: Es una operación en la cual se utiliza el calor combinado con agua e hidróxido de calcio para la cocción del maíz y cuyo resultado es la obtención de masa conocida como nixtamal para la elaboración de tortillas en la mayoría de los casos.

Nutriente: sustancia consumida normalmente como componente de un alimento, y que proporciona energía o es necesario para el crecimiento, el desarrollo y el mantenimiento de la vida o cuya carencia podría producir cambios bioquímicos o fisiológicos característicos perjudiciales para la salud (RTCA 67.01.60:10, 2010).

Snack: Alimento ligero que se consume entre comidas en proporciones consideradas mínimas y de fácil ingesta, no requieren una gran manipulación y no necesitan una preparación previa para el consumo; su función es satisfacer las necesidades del hambre que están fuera de los tiempos formales de alimentación.

ANEXO B: Metodologías usadas.

ANEXO B-1: Ensayo de determinación de peróxidos

Preparación de la muestra:

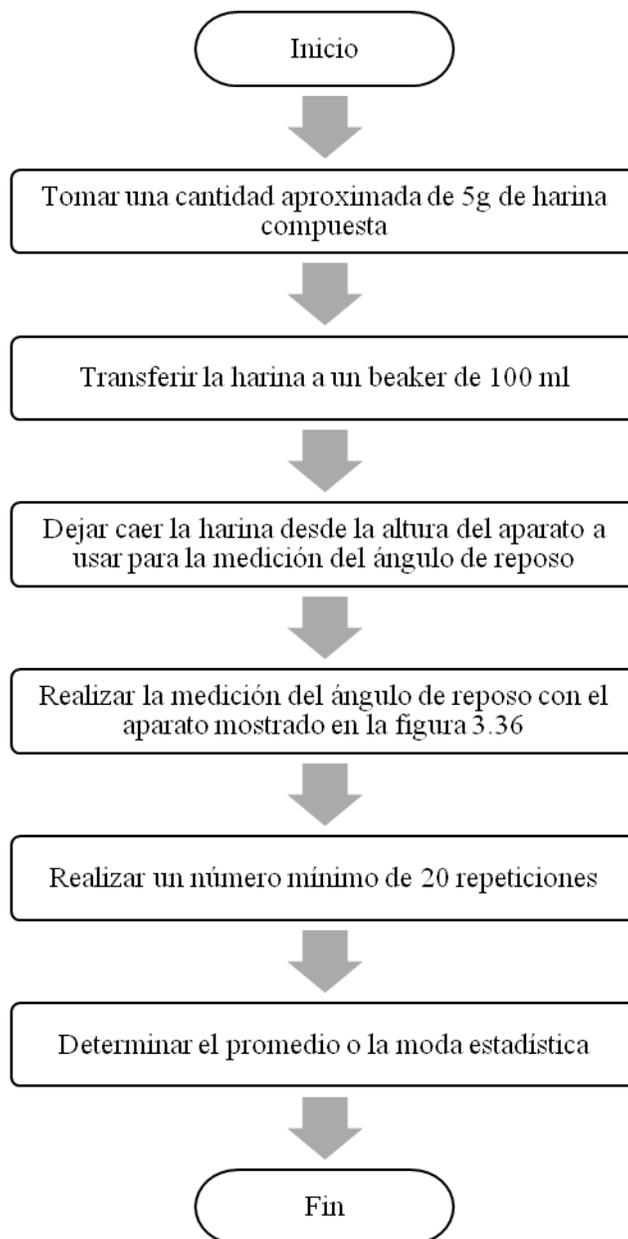
- La muestra de aceite deberá estar a temperatura ambiente para poder pesar la alícuota necesaria para el análisis.
- Libre de sólidos suspendidos.
- Evitar que la muestra se contamine con agua u otro tipo de líquido que genere un falso positivo en el resultado final.
- Utilizar cristalería completamente seca

Procedimiento:

- Pesar 5 g de muestra en erlenmeyer de 125 mL
- Agregar 30 ml de mezcla cloroformo – ácido acético glacial (3:2) y agitar para mezclar
- Agregar 20 gotas de solución de KI, agitar y mezclar por 1 minuto
- Agregar 30 ml de agua destilada y mezclar
- Agregar 20 gotas de solución de almidón al 1% se formara un complejo color morado
- Titular con tiosulfato de sodio 0.01N hasta desaparecer la coloración morada

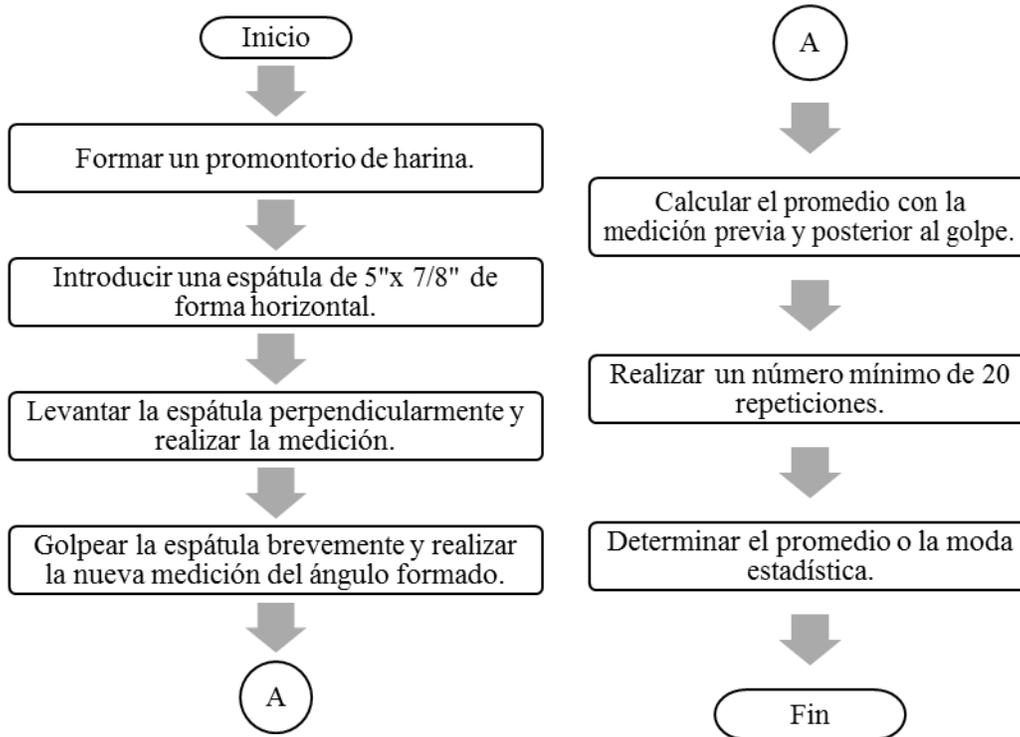
Esta metodología se basa en el Método 28025 AOAC.

ANEXO B-2: Medición del ángulo de reposo.



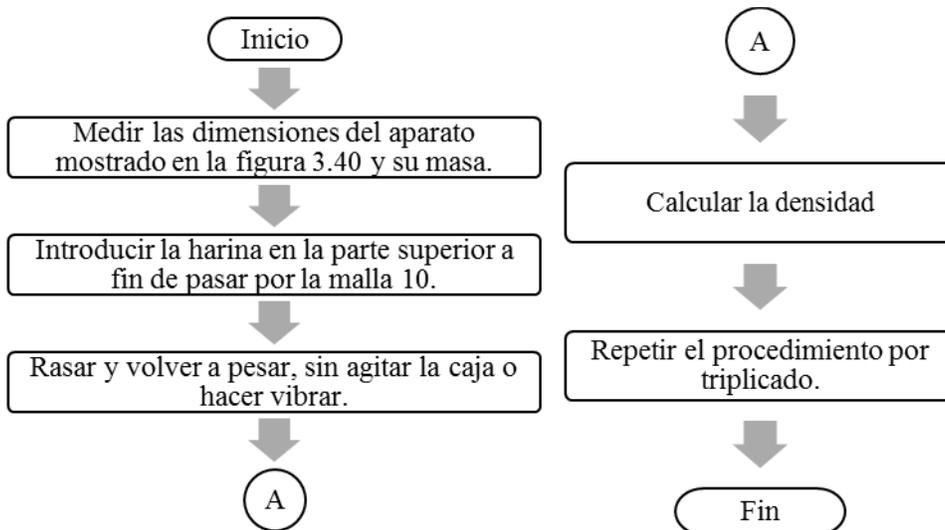
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-3: Medición del ángulo de espátula.



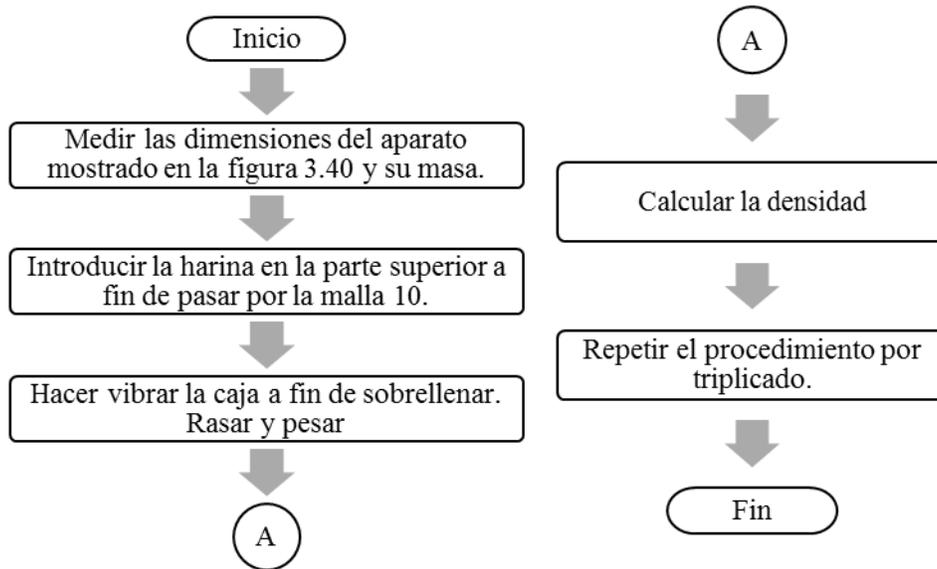
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-4: Medición de densidad aireada.



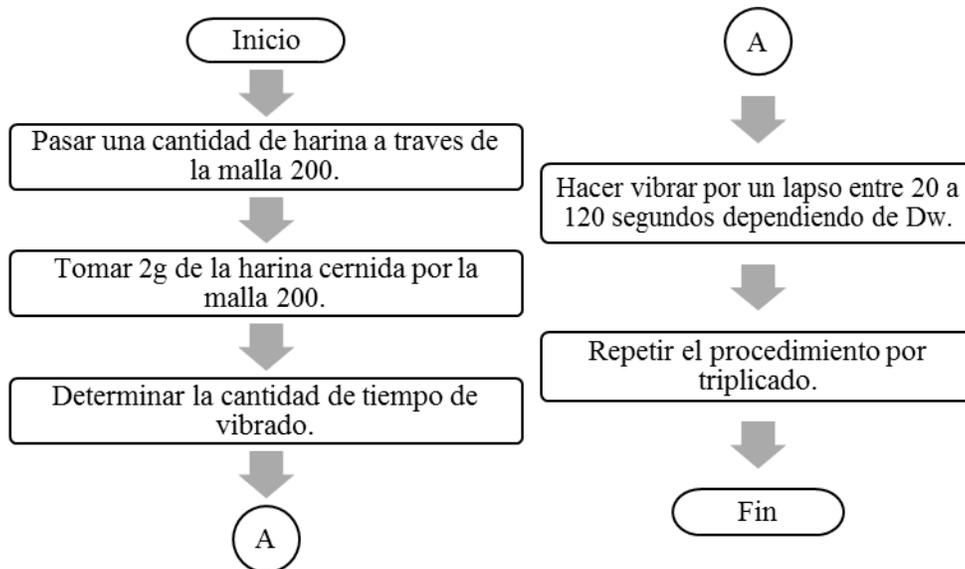
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-5: Medición de densidad empacada.



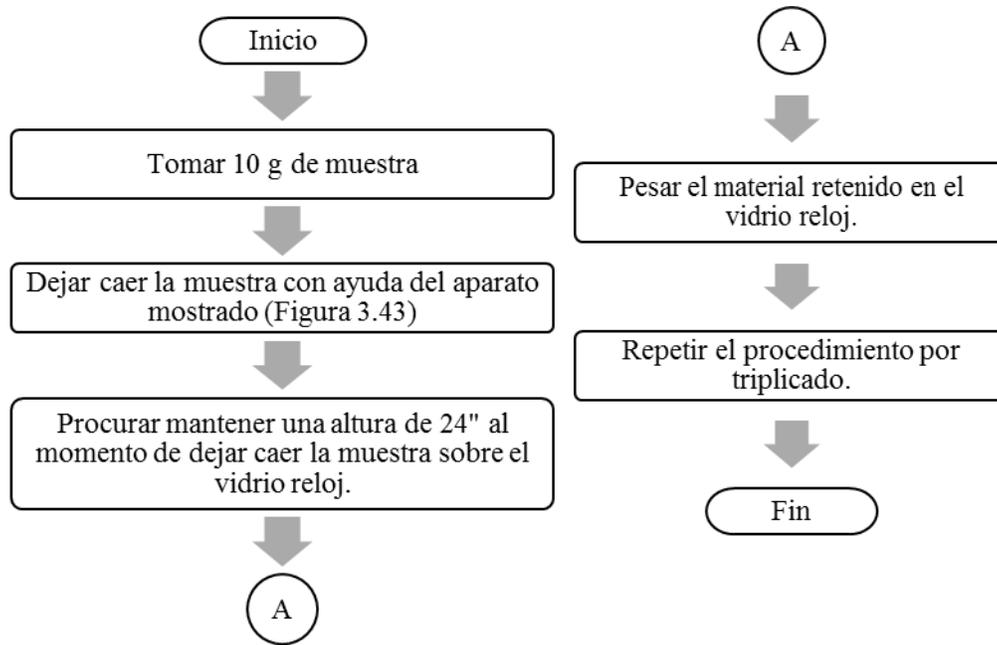
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-6: Determinación del grado de cohesión.



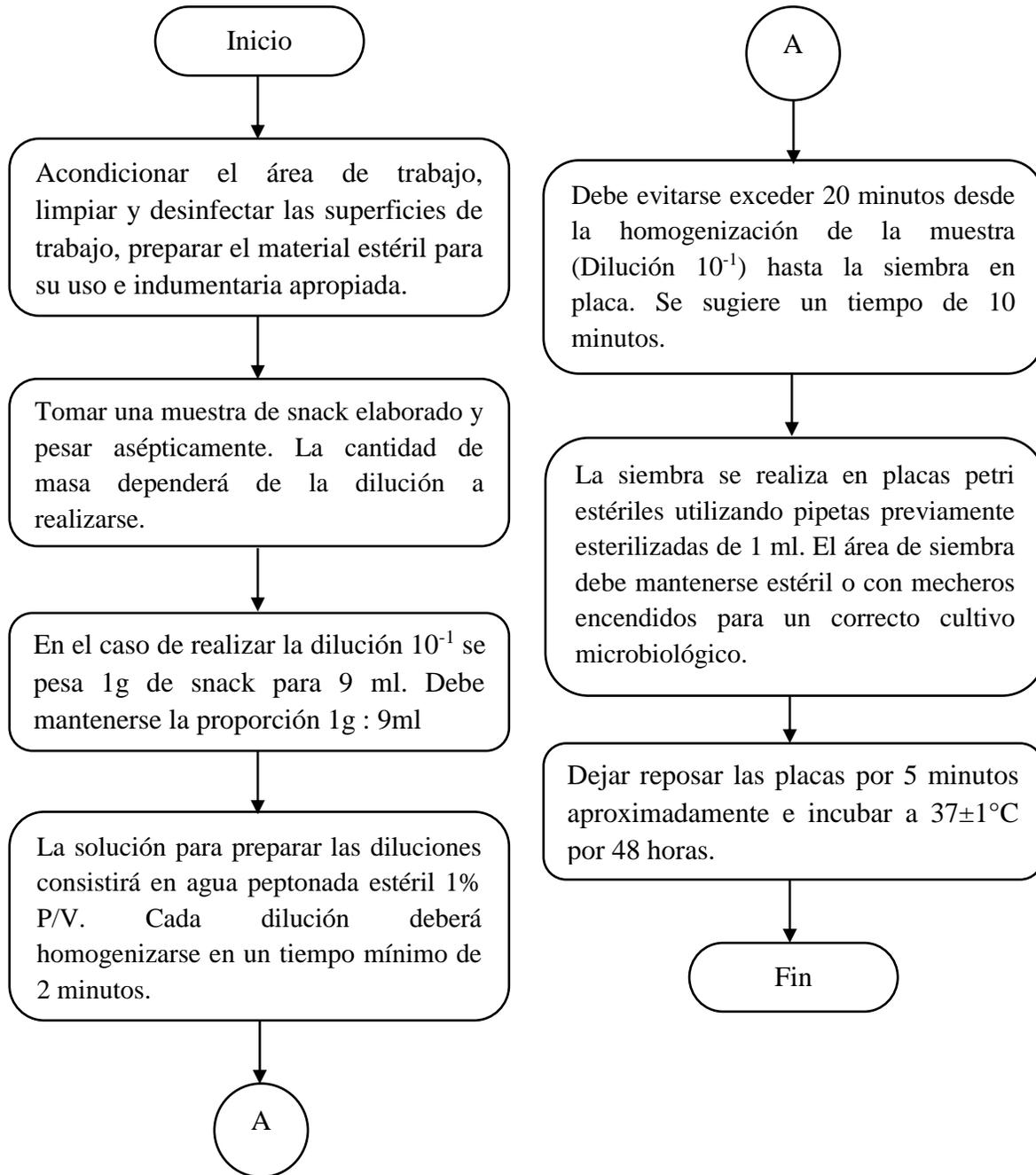
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-7: Determinación de la dispersibilidad.



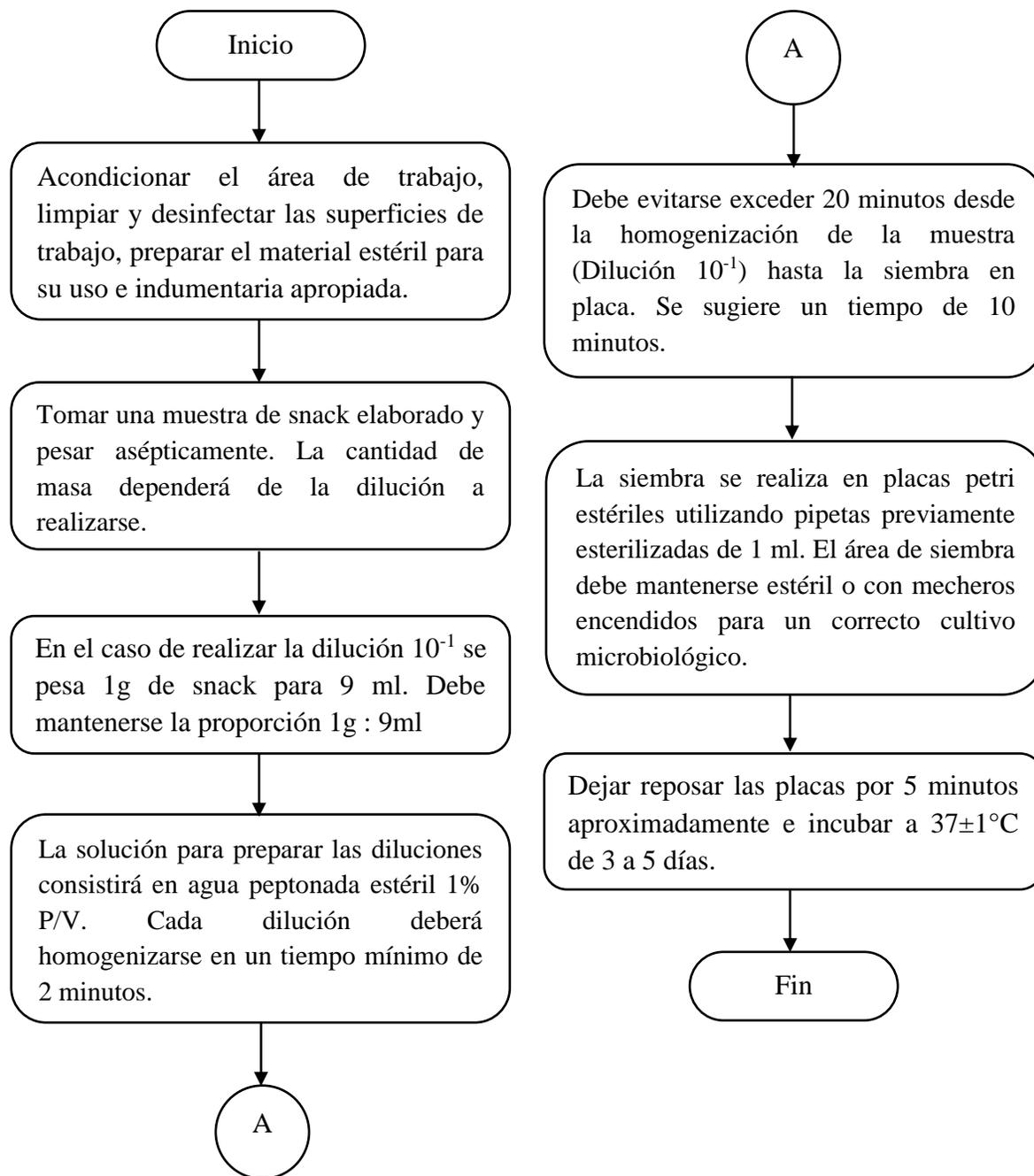
Metodología basada en la norma ASTM D6393-99.

ANEXO B-8: Método para recuento microbiológico de aerobios totales en alimentos.



Metodología basada en el *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*.

ANEXO B-9: Método para recuento microbiológico de mohos y levaduras en alimentos.



Metodología basada en el *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*.

ANEXO B-10: Análisis sensorial

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN SNACK NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN A PARTIR DE HARINA COMPUESTA DE MAÍZ DORADO Y CAMOTE NARANJA

GENERALIDADES:

- **Muestra:** Snack Nutritivo libre de gluten en tres presentaciones:
 - Dulce
 - Salado
 - Simple

El tamaño de la muestra será de 2 gramos: Equivalente a tres snacks. Tres snacks por cada una de las presentaciones, en total cada panelista tendrá nueve snacks.

- **Panelistas:** Los panelistas recibirán una breve exposición acerca de lo que conlleva un análisis sensorial y conceptos relevantes para el desempeño correcto en la prueba.

PROCEDIMIENTO.

La metodología exige al menos 25 panelistas, por lo tanto se ha convocado un total de 30 personas, y se trabajarán tres grupos de 10 personas. Se recibirá al primer grupo a las 3:00 pm, y se iniciará con la presencia de 9 panelistas como mínimo y 12 como máximo, se llevará a cabo la inducción al Análisis Sensorial, y posteriormente la entrega de las muestras y el cuestionario correspondiente. Cada panelista tendrá aproximadamente entre 30 – 40 minutos para realizar sus valoraciones respecto al análisis. Cada panelista contará con las tres muestras del snack y un vaso con agua, que hará la función de agente neutralizante, el cual deben utilizar para realizar enjuagues bucales, previo a degustar cada muestra. Cabe mencionar que cada panelista contará con un cubículo personal, de tal manera que se eviten las inducciones de respuesta por estímulos expresados por otros panelistas. El segundo grupo iniciará a las 4:00 pm el proceso descrito anteriormente y finalmente el tercer grupo, estaría programado para las 5:00 pm.

ANEXO B-11: Método de análisis de fractura para snacks

1-Tomar una muestra representativa de diez piezas del snack intactas (no quebradas) de una bolsa cerrada y pesarlos. Poner a prueba inmediatamente después de abrir el empaque para evitar el efecto de absorción de agua en la textura de los chips.

2-Colocar las diez piezas de snack dentro del recipiente rígido, coloque una pelota dentro del recipiente antes de colocar las piezas del snack para evitar roturas accidentales.

3-Colocar el recipiente sobre una superficie limpia y en un metro de longitud haga rodar durante un minuto.

4-Colocar el material rodado sobre una bandeja.

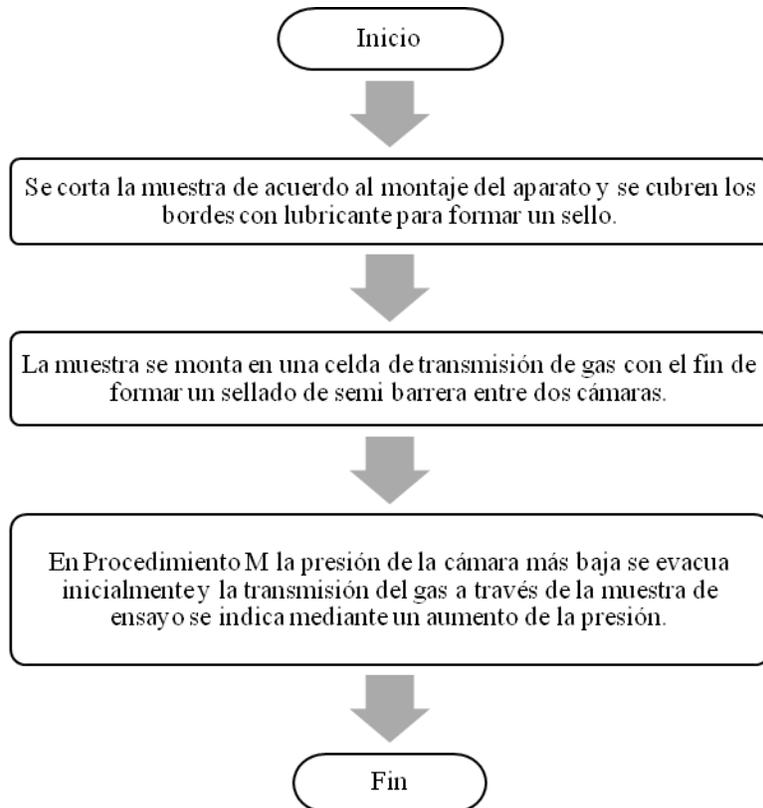
5-Clasificar las virutas rotas por tamaño. Las piezas grandes son 100% -95% del tamaño de un snack integro, piezas intermedias son 95% -50% del tamaño de un snack, piezas pequeñas son 50% -5% del tamaño de un snack y piezas finas están a menos de 5 % del tamaño de un snack.

6-Se cuentan piezas grandes, intermedias y pequeñas piezas (No cuente las finas).

7-Pesar las piezas grandes, intermedias y pequeñas piezas. Calcular el peso de las piezas finas por diferencia de peso.

8-Calcular el peso de cada fracción y reportar como porcentaje en peso basado en las 10 piezas enteras originales. Ejecutar las determinaciones por triplicado.

ANEXO B-12: Determinación de permeabilidad



Metodología basada en la norma ASTM D1434 – 82

ANEXO C: Formato de encuesta para estadístico de aceptación del snack nutritivo.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



ENCUESTA DIRIGIDA A CONSUMIDORES DE SNACKS

Objetivo: Conocer los gustos y lo que los consumidores esperan de un snack nutritivo libre de gluten (aquel snack que no contiene el nutriente proteico que causa la inflamación del intestino delgado en algunas personas).

Presentación: Este instrumento responde a la investigación sobre “Desarrollo y formulación de un snack nutritivo libre de gluten”. El propósito es profundizar en las expectativas de los consumidores actuales de snacks para poder desarrollar un producto que cumpla con los gustos de los mismos.

Indicación: Marque con un X la respuesta que considere pertinente; en algunos casos complemente o explique.

Primera parte: Datos generales

1. ¿Cuál es su género?

Masculino

Femenino

2. ¿A qué rango de edad pertenece?

15 a 17 años

23 a 26 años

31 años en adelante

18 a 22 años

27 a 30 años

3. ¿Cuál es su ocupación?

Estudiante

Empleado

Otro

Segunda parte: Aspectos relacionados con los snacks

4. ¿Cuál de las siguientes opciones define para usted mejor un snack?

Alimento que puedo comer para

calmar el hambre.

Ninguna de las anteriores.

Otro: _____

Alimento que puedo comer en lugar

del desayuno, almuerzo o cena.

Alimento que como por ansiedad.

5. ¿Cuándo consume los snack?

Cuando veo televisión

Cuando estoy trabajando

Cuando estudio

Cuando tengo hambre

6. ¿Cree que los snacks son saludables?

Si

No

7. ¿Cree que el consumo de snacks puede causarle enfermedades a su cuerpo?

Si

No

8. ¿Ha leído alguna vez la etiqueta de los snacks que consume?

Si

No

9. ¿Conoce los ingredientes con los que se elaboran los snacks? Si la respuesta es “No” pasar a la pregunta 12.

Si

No

10. Mencione los ingredientes con los que se elaboran los snacks

11. ¿Conoce o ha oído de algún ingrediente dañino que está incluido en los snacks?

(Aceites, colorantes y saborizantes artificiales, antioxidantes, preservantes, etc.) Si la respuesta es “No” pasar a la pregunta 13.

Si

No

12. Mencione ingrediente(es) dañinos que pueden contener los snacks

13. ¿Cree que los snacks podrían llegar a ser nutritivos?

Si

No

14. ¿Qué esperaría de un snack nutritivo?

Buen sabor

Todas las anteriores

Buen color

Otros

Buen aporte de nutrientes

15. ¿Comería un snack nutritivo hecho a base de camote anaranjado y maíz alto en proteína? (El camote naranja es alto en Provitamina A)

Si

No

16. ¿Comería un snack que esté libre de gluten?

Si

No

17. ¿Qué sabor prefiere los snack?

Dulce

Salado

Ácido

Simple

18. ¿Qué color prefiere los snacks?

Amarillos

Rojos

Anaranjados

Indiferente

19. ¿Compraría un snack que ayude a su nutrición?

Si

No

20. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un snack nutritivo libre de gluten?

No más de quince centavos

Entre uno y tres dólares

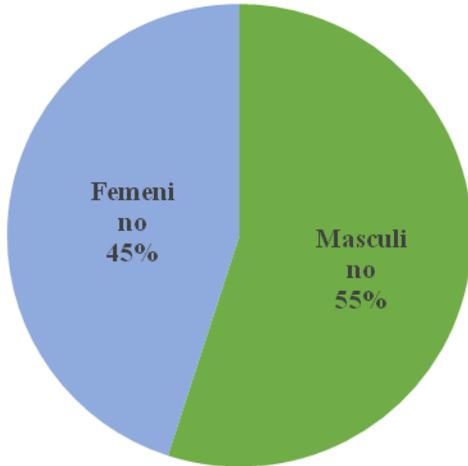
Entre quince y cincuenta centavos

No más de cinco dólares

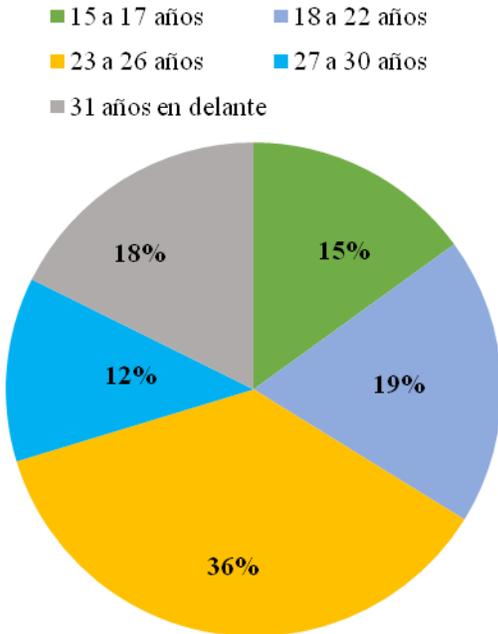
No más de un dólar

ANEXO D: Resultados del análisis estadístico de aceptación del snack nutritivo.

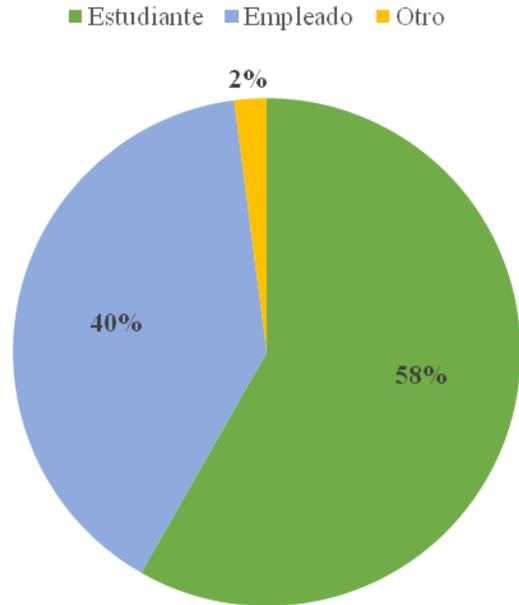
ANEXO D-1: Porcentaje de los géneros que completaron el estadístico realizado.



ANEXO D-2: Edades representadas en el análisis estadístico.



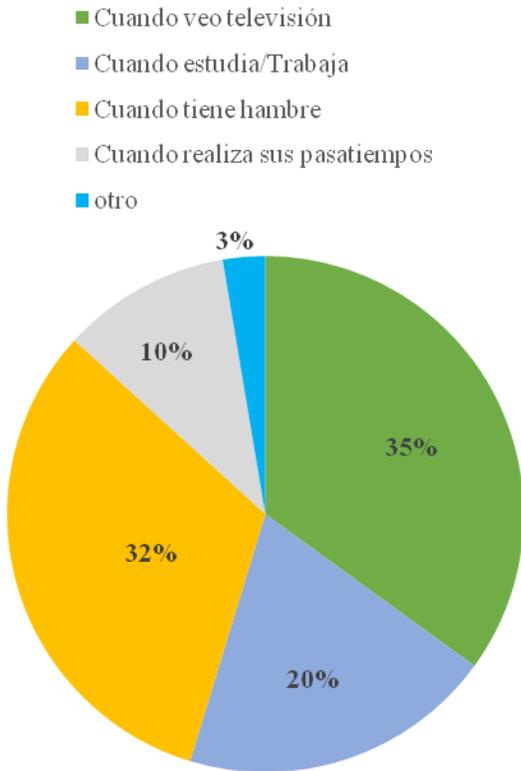
ANEXO D-3: Porcentaje de ocupaciones de las personas en el análisis estadístico.



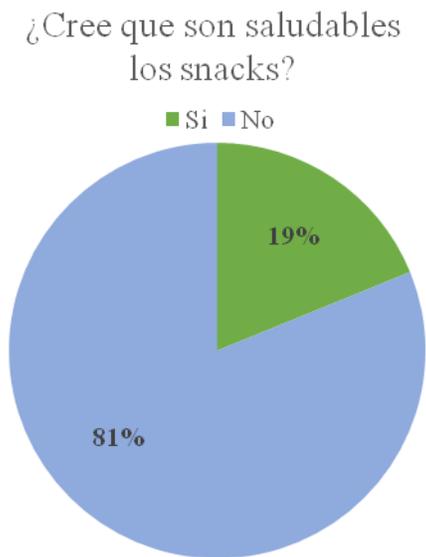
ANEXO D-4: Conceptualización de los snacks para el estadístico de aceptación.



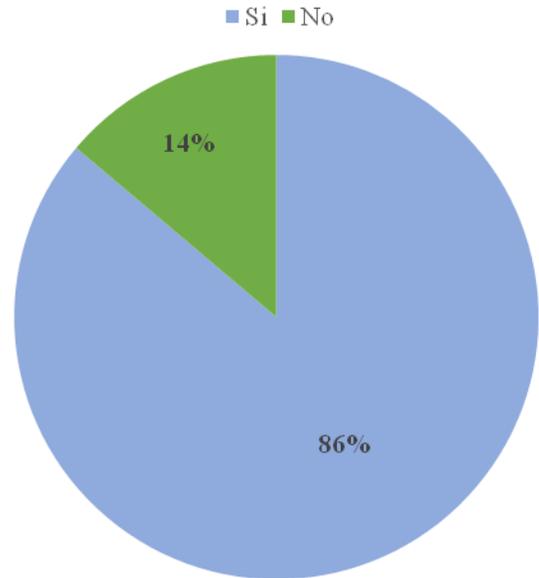
ANEXO D-5: Tiempo de ingesta de snacks en el estadístico de aceptación.



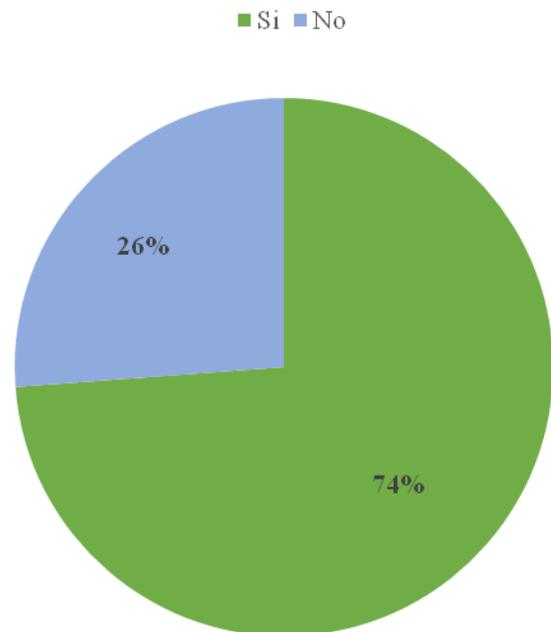
ANEXO D-6: Percepción de la salubridad de la población hacia los snacks.



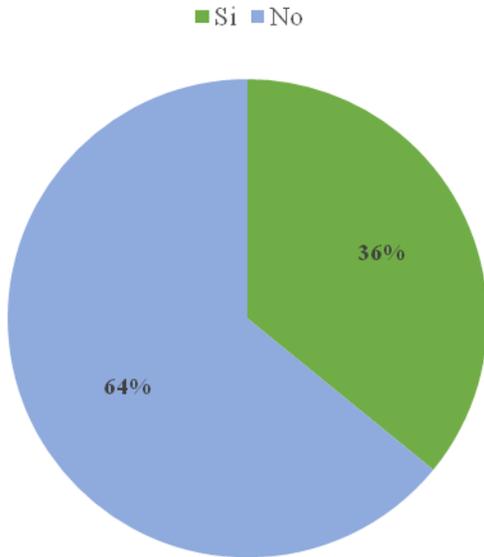
ANEXO D-7: Porcentaje de la población encuestada que opina que el consumo de snacks puede ocasionar riesgos a la salud.



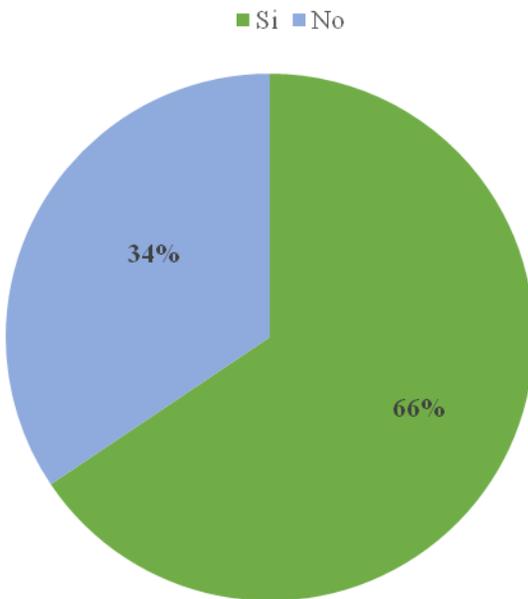
ANEXO D-8: Porcentaje de la población encuestada que lee la etiqueta de los snack que consume.



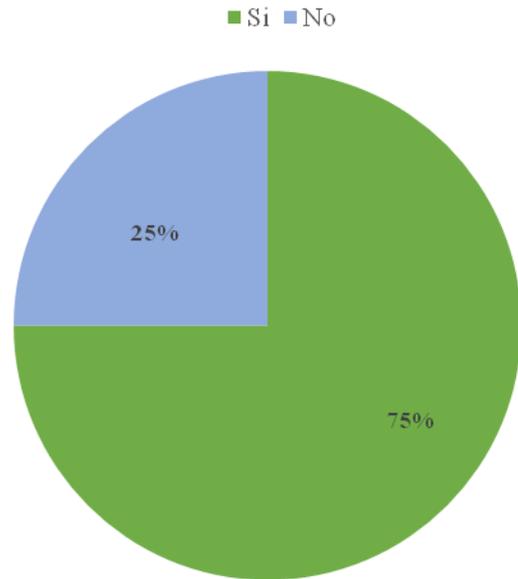
ANEXO D-9: Porcentaje de la población encuestada que conoce algún ingrediente(es) común(es) en los snacks.



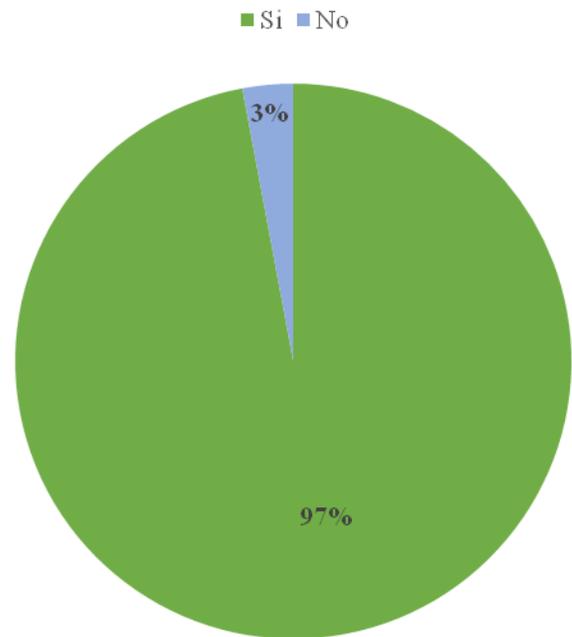
ANEXO D-10: Porcentaje de la población encuestada que conoce de algún ingrediente(es) dañino(os) a la salud presentes en los snacks.



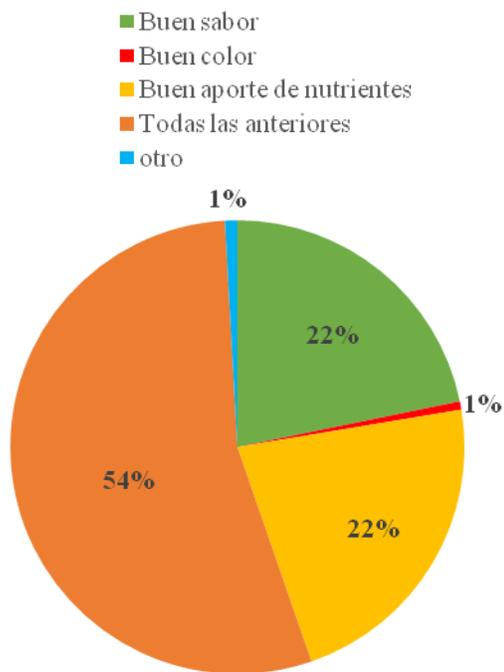
ANEXO D-11: Porcentaje de personas que cree que los snacks pueden llegar a ser nutritivos en el estadístico de aceptación.



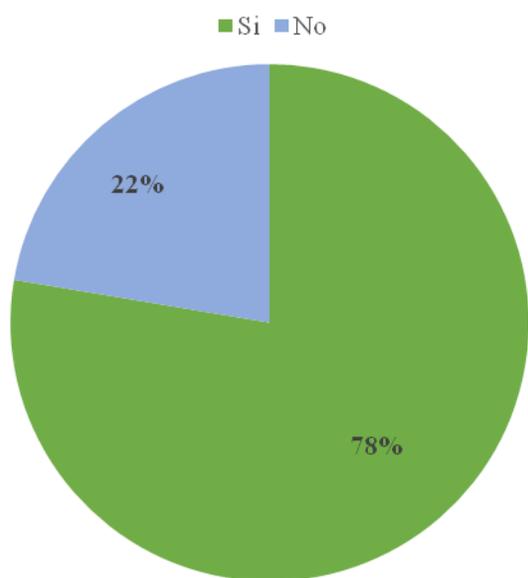
ANEXO D-12: Porcentaje de personas que preferirían el consumo de snacks nutritivos.



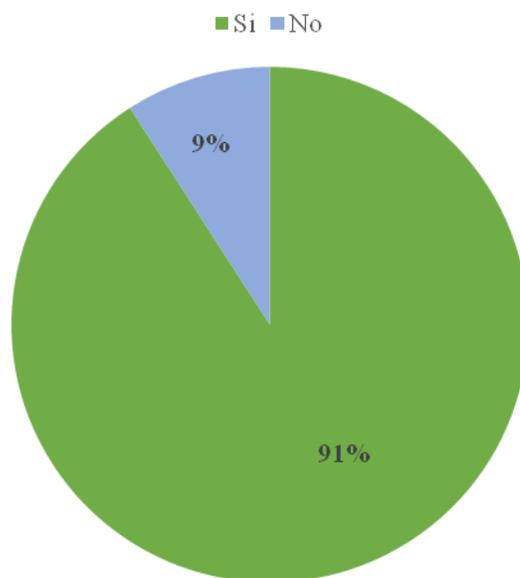
ANEXO D-13: Expectativas de los potenciales consumidores de snacks nutritivos en el estadístico de aceptación.



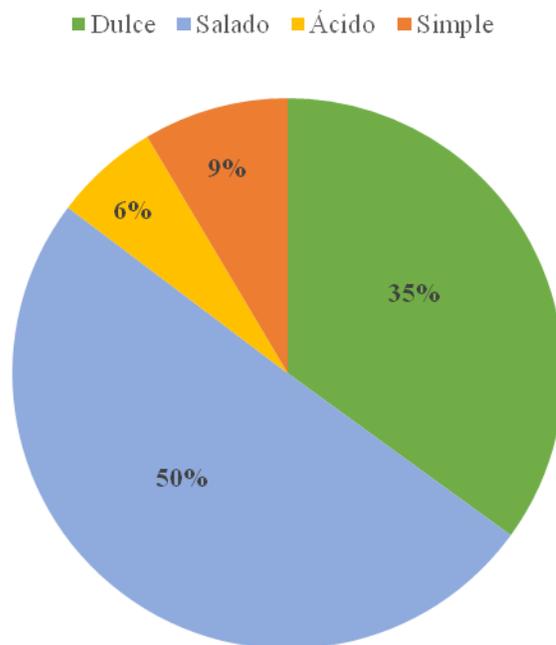
ANEXO D-14: Porcentaje de la población encuestada que aceptaría el consumo de un snack nutritivo elaborado con maíz y camote naranja.



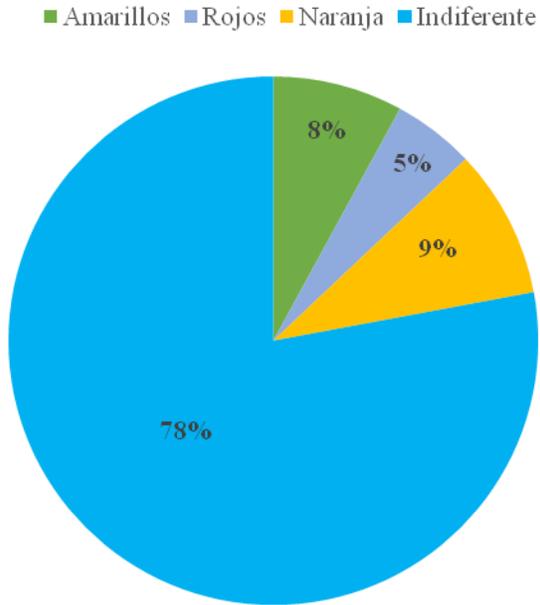
ANEXO D-15: Porcentaje de la población encuestada que consumiría un snack libre de gluten.



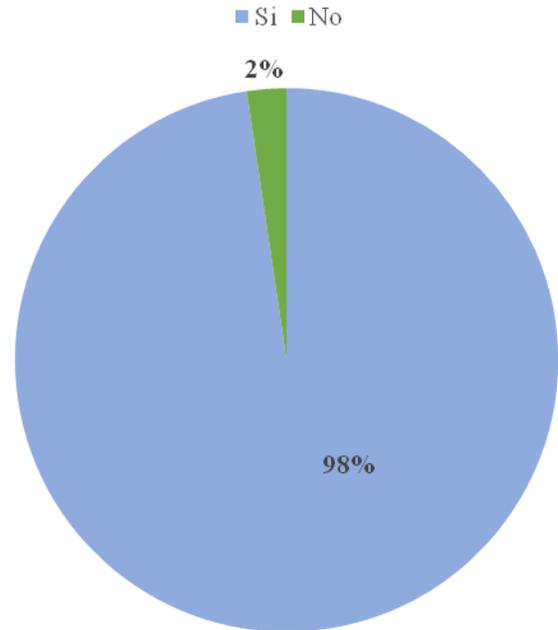
ANEXO D-16: Preferencias de la población encuestada hacia el sabor de un snack nutritivo.



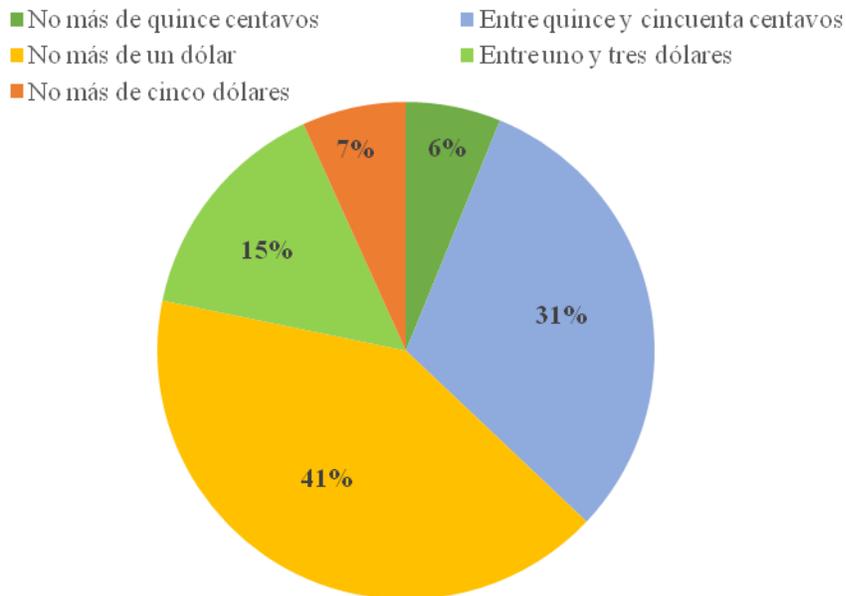
ANEXO D-17: Preferencias de la población encuestada hacia el color de un snack.



ANEXO D-18: Porcentaje de personas encuestadas que comprarían un snack que ayude a su nutrición.



ANEXO D-19: Porcentaje de precios que pagarían los potenciales consumidores por un snack nutritivo libre de gluten.



ANEXO E: Rúbrica de evaluación sensorial.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN SNACK NUTRITIVO LIBRE DE GLUTEN A PARTIR DE HARINA COMPUESTA DE MAÍZ DORADO Y CAMOTE NARANJA

Fecha:

Sexo:

Hora:

Rango de edad

De 16 a 20 años

De 21 a 30 años

Mayor a 30 años

Instrucciones: Frente a usted se encuentran las muestras del snack libre de gluten. Por favor evaluar cada una de las características mostradas en el formulario y marcar con una “X” sobre la opción que usted convenga.

Nota: Favor ingerir agua antes y después de degustar cada muestra.

1-De las muestras presentadas ¿cuál presenta mejor apariencia?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

2- ¿Cuál muestra presenta el color más apetecible?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

3- ¿Qué muestra presenta mejor olor?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

4- ¿Cuál muestra presenta mejor textura?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

5- Indique cual muestra presenta mejor aroma.

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

6-¿Cuál de las muestras satisface mejor sus expectativas de un snack?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

7-¿Cuál de las muestras es menos agradable?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

8-¿Qué muestra presenta el mejor sabor?

Muestra 321

Muestra 987

Muestra 465

Comentarios:

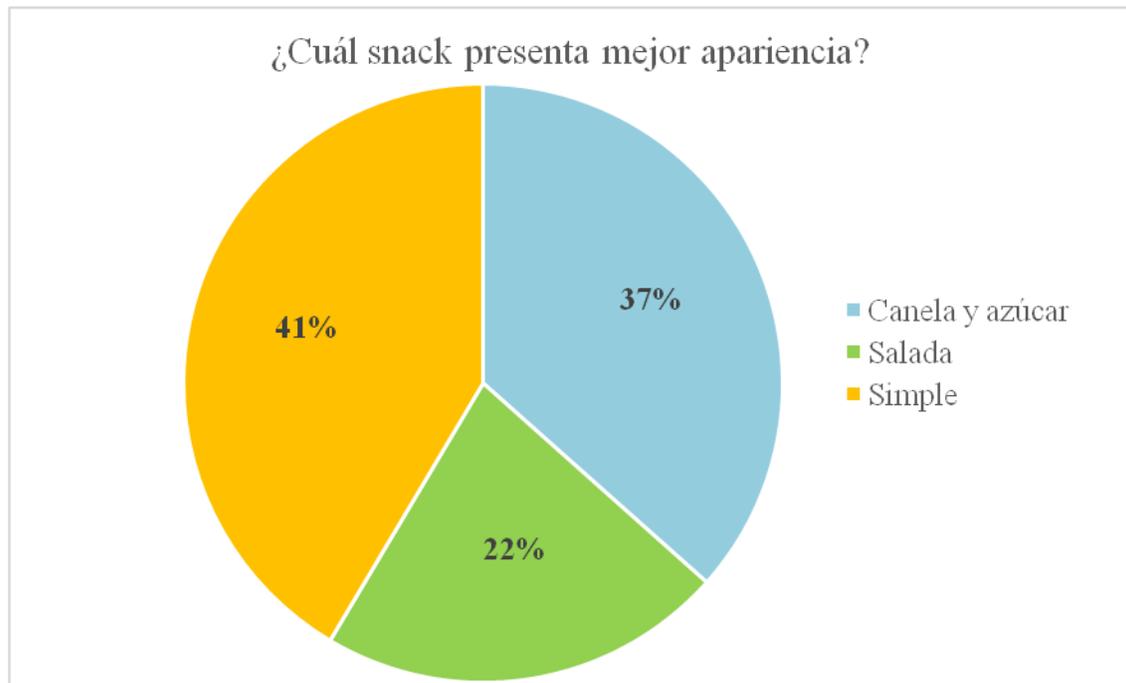
Gracias por su colaboración!

Pase un buen día!

ANEXO F: Resultados y análisis de la evaluación sensorial.

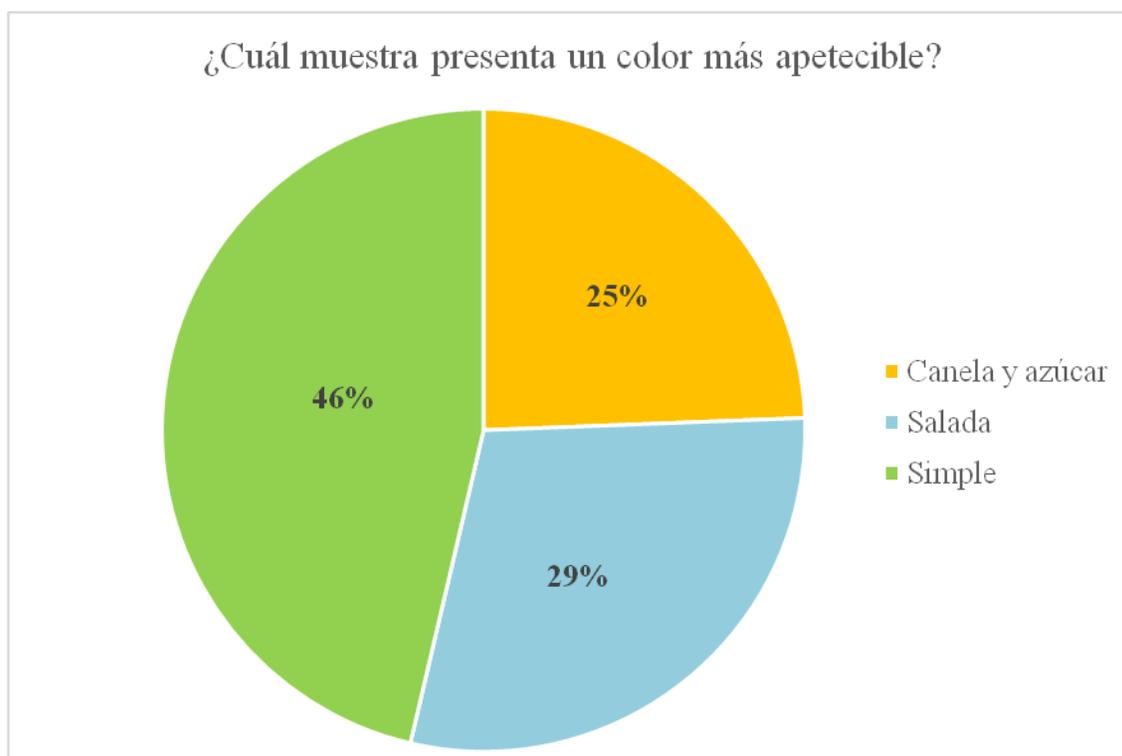
ANEXO F-1: ¿Cuál snack presenta mejor apariencia?-Pregunta #1

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	9
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	32
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	10
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	20
X^2	7.2250
Grados de libertad	2
X^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas son capaces de interpretar y diferenciar entre las diversas muestras y poseen un criterio y gusto diferente sobre cómo debe presentarse un snack.



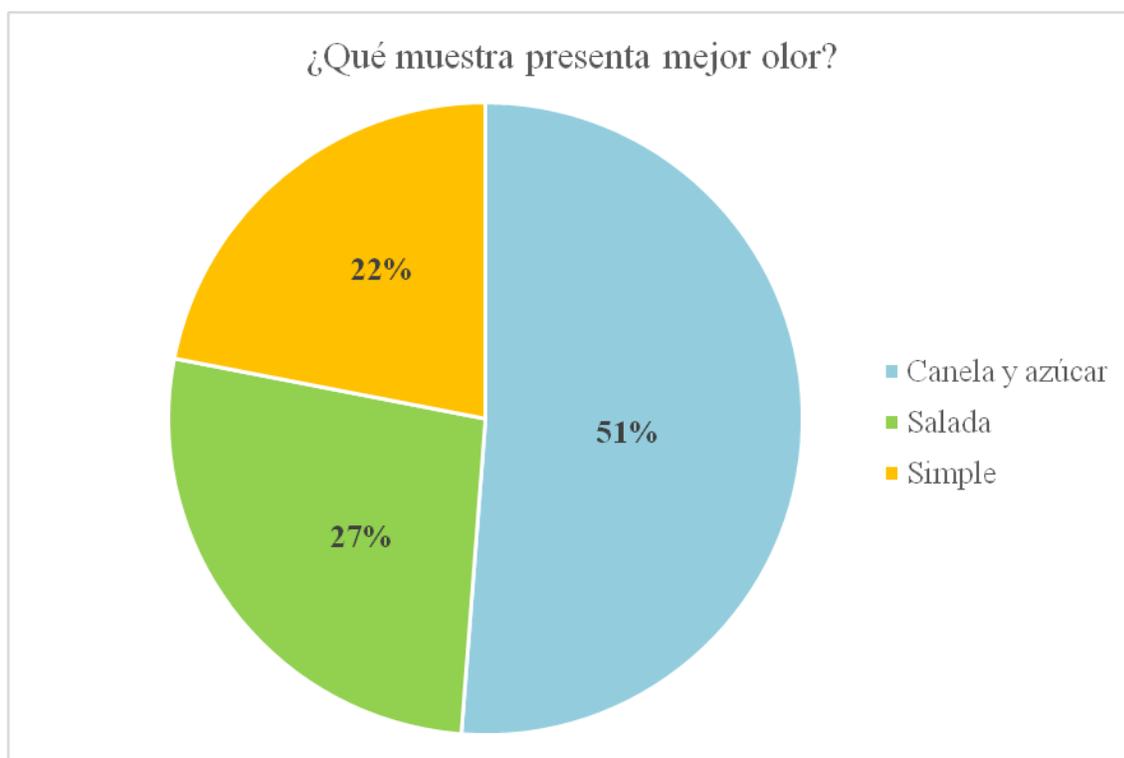
ANEXO F-2: ¿Cuál muestra presenta un color más apetecible?-Pregunta #2

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	9
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	32
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	10
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	20
χ^2	7.2250
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas son capaces de diferenciar entre muestras y realizan sus preferencias respecto a sus gustos.



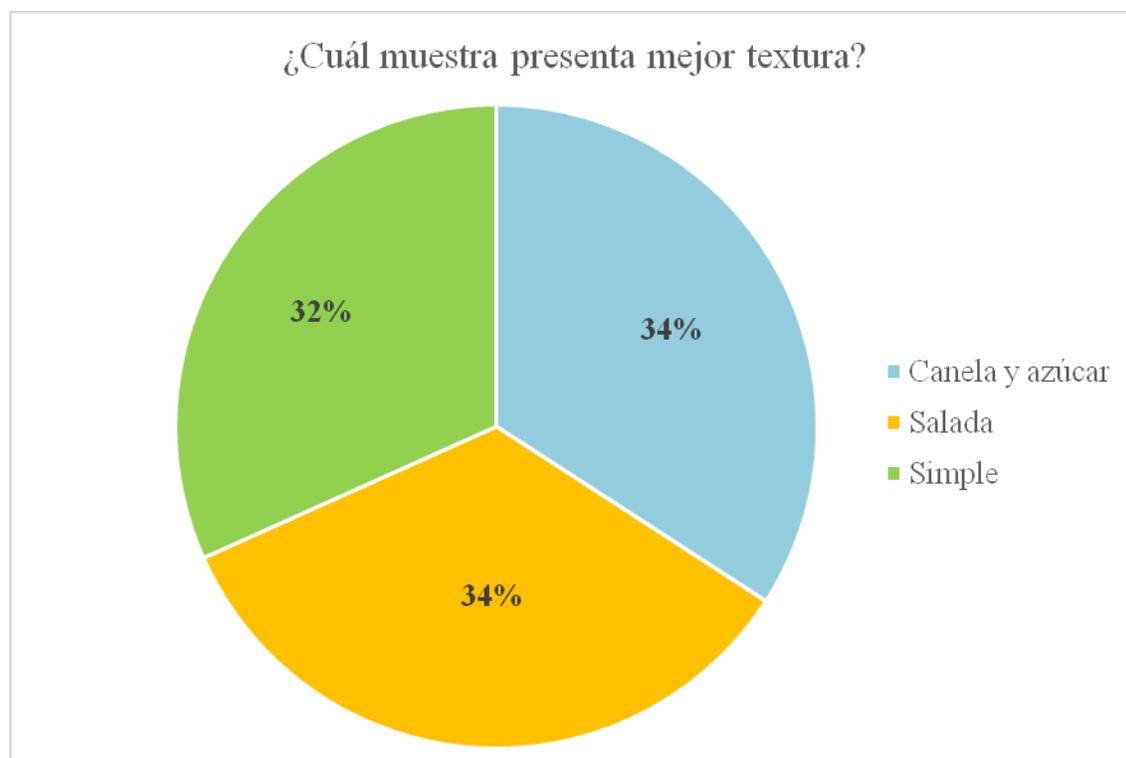
ANEXO F-3: ¿Cuál muestra presenta un mejor olor?-Pregunta #3

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	21
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	20
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	30
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	11
χ^2	10.0015
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas son capaces de interpretar los dos olores predominantes que son el olor de la canela y azúcar y el olor de la sal.



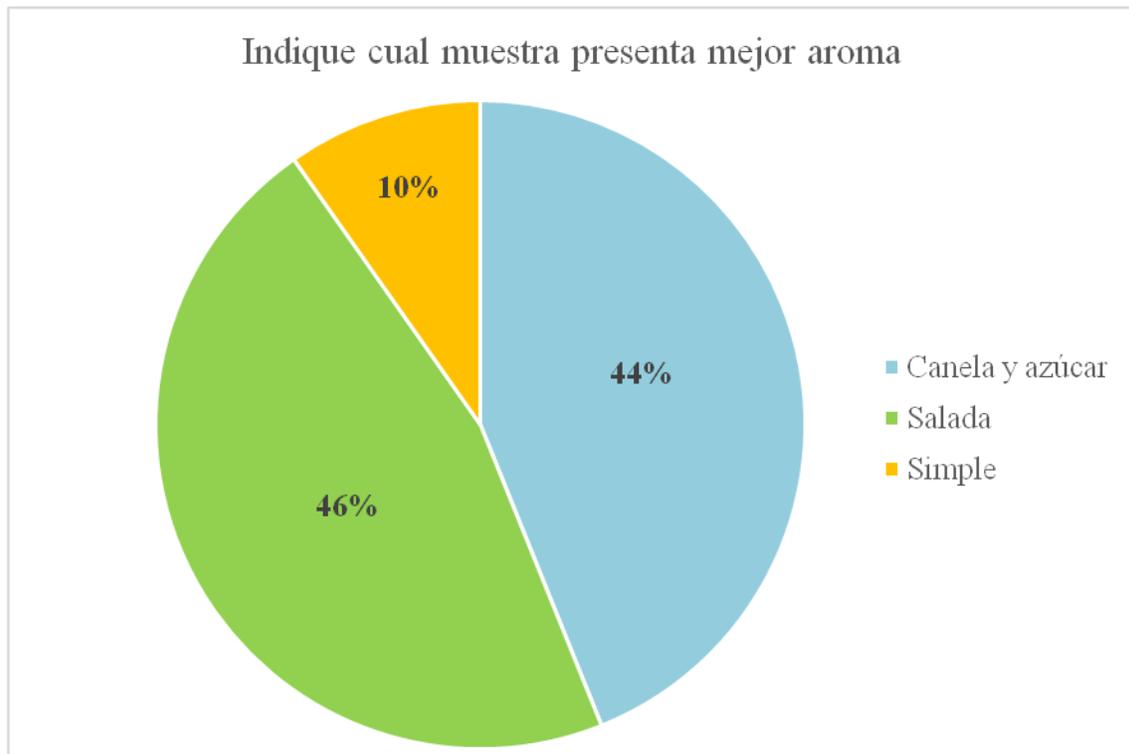
ANEXO F-4: ¿Cuál muestra presenta una mejor textura?-Pregunta #4

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	14
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	29
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	18
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	23
χ^2	2.4045
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los resultados en este aspecto son poco satisfactorios por parte de los panelistas pues la textura dependía de los agregados al snack, eso manifiesta deficiencia en la muestra simple.



ANEXO F-5: ¿Cuál muestra presenta un mejor aroma?-Pregunta #5

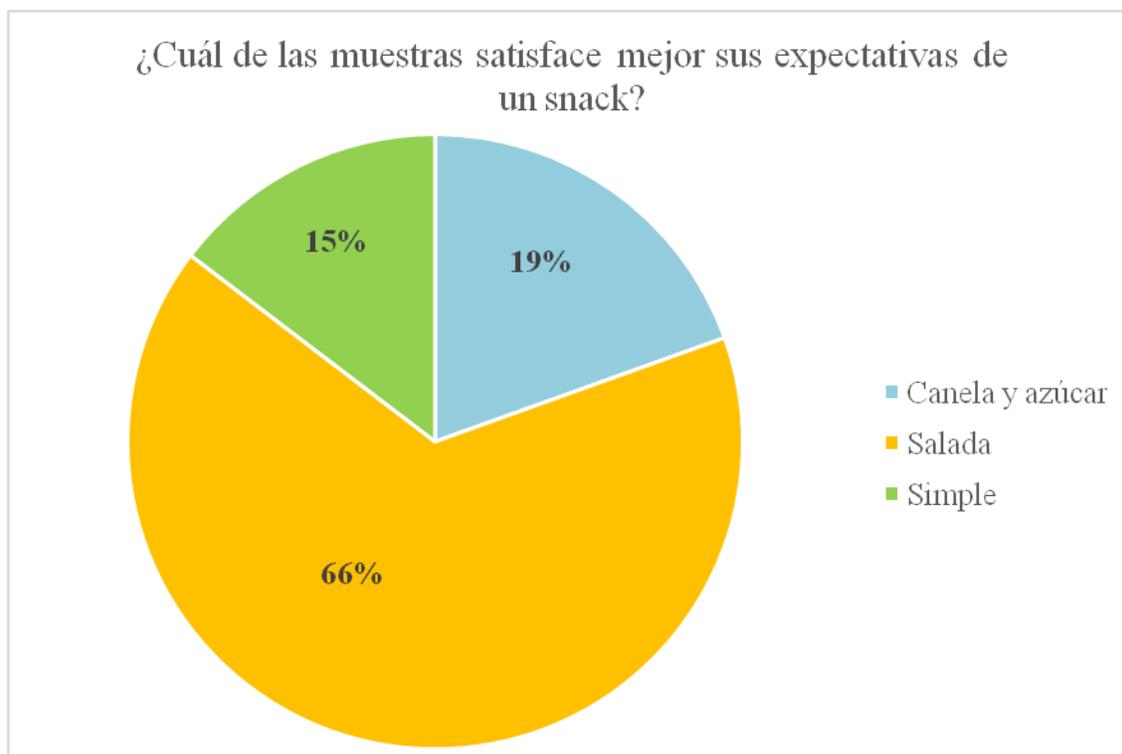
Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	18
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	23
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	25
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	16
χ^2	4.9712
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas son capaces de diferenciar los aromas de las muestras proporcionadas.



ANEXO F-6: ¿Cuál de las muestras satisface mejor sus expectativas de un snack?-

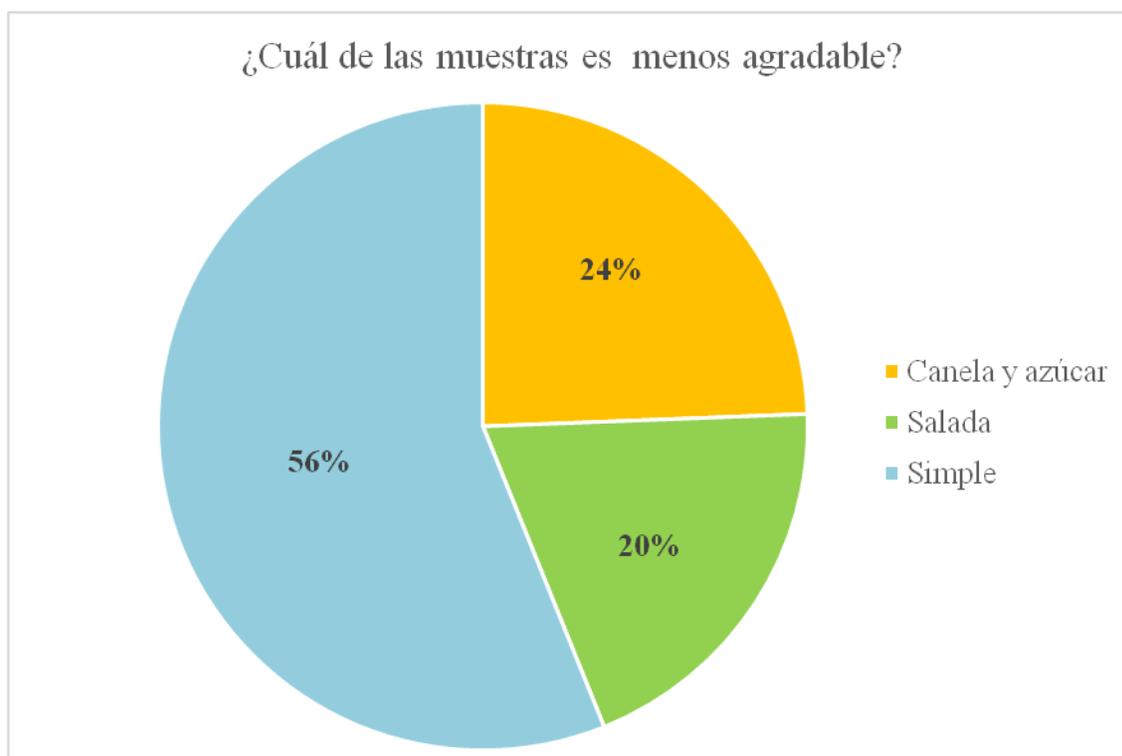
Pregunta #6

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	27
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	14
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	35
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	6
X^2	12.3676
Grados de libertad	2
X^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas prefieren un snack salado por la conceptualización popular de los mismos.



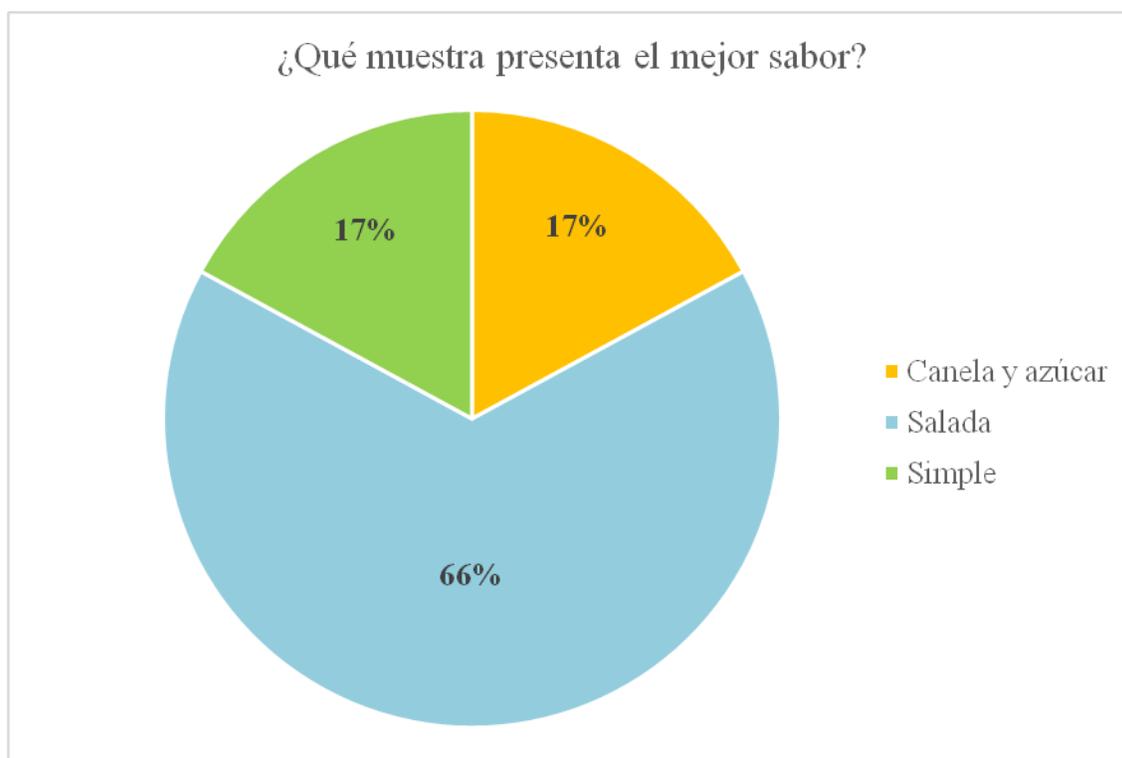
ANEXO F-7: ¿Cuál de las muestras es menos agradable?-Pregunta #7

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	23
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	18
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	30
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	11
χ^2	6.0257
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	La interpretación ante la pregunta es que los panelistas fueron capaces de brindar diferencias entre las diversas muestras.

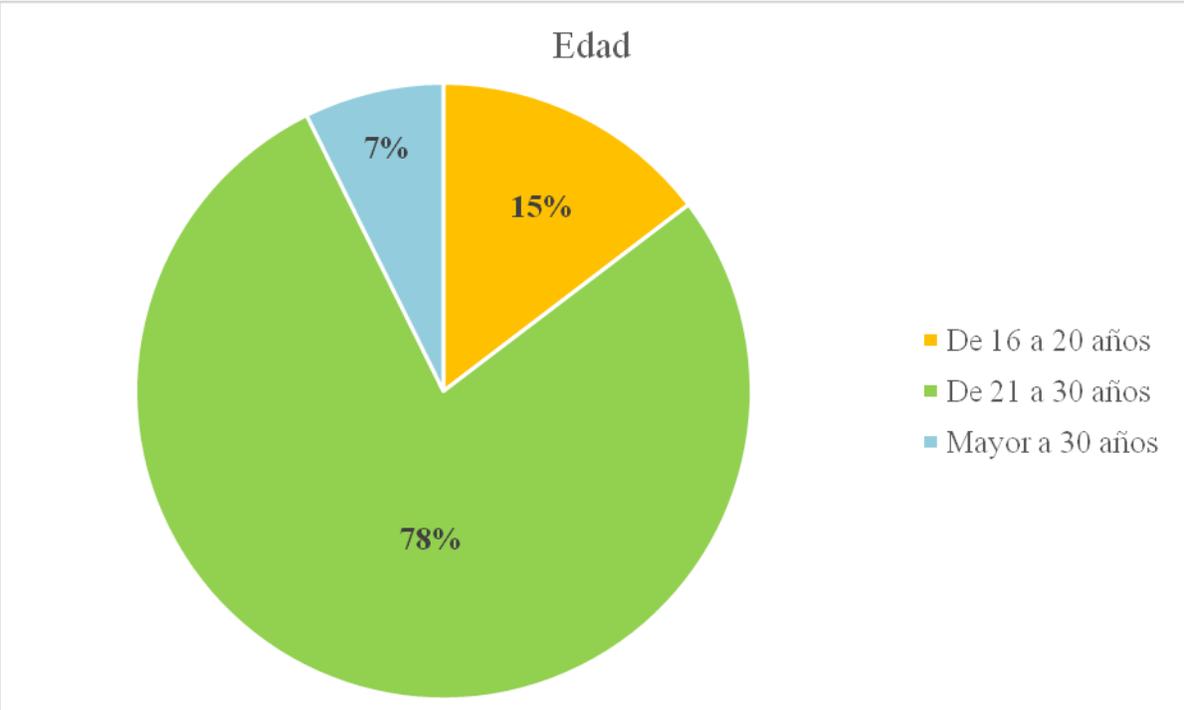
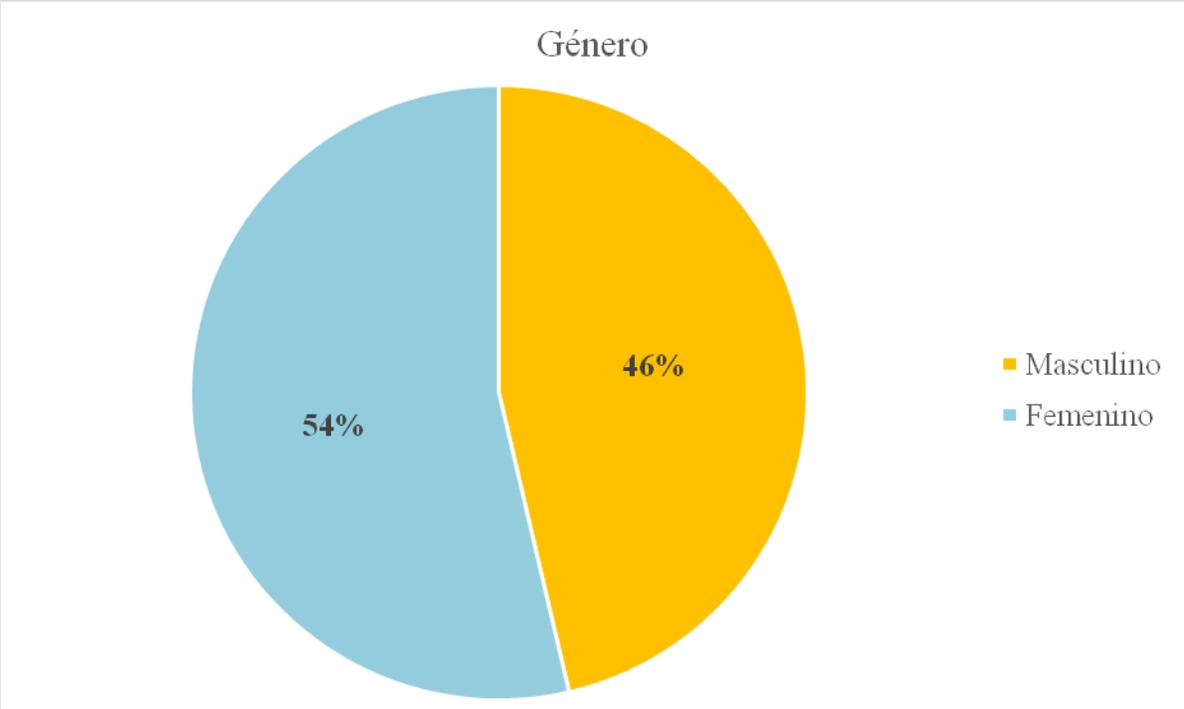


ANEXO F-8: ¿Cuál muestra presenta el mejor sabor?-Pregunta #8

Variables	Datos
N: Número de panelistas	41
O ₁ : Número observado de elecciones correctas	34
O ₂ : Número observado de elecciones incorrectas	7
E ₁ : Número esperado de elecciones correctas	25
E ₂ : Número esperado de elecciones incorrectas	16
χ^2	8.2512
Grados de libertad	2
χ^2 para 2 grados de libertad y 10% de significancia	4.6052
Interpretación	Los panelistas son capaces de diferenciar entre muestras y seleccionar una como “favorita”



ANEXO F-9: Porcentajes de género y edades que realizaron el análisis sensorial.



ANEXO G: Resultados de análisis proximal.



Laboratorio de Química Agrícola
San Andrés, Km. 33 1/2 carretera a Santa Ana
Tel.: 2397- 2200 Ext. 269

San Andrés, 09 de Septiembre de 2015

DATOS GENERALES

Solicitante: Ricardo Antonio García Rivera
 Recolección: 21/08/2015
 Muestra: Desarrollo de Snack Nutritivo, libre de Gluten
 Recibido: 24/08/2015

No Análisis: 358

ANÁLISIS	RESULTADO		
	BASE HUMEDA P/P	UNIDADES	Metodología
Humedad	3.68	g/100g de muestra	Estufa a 105°C
Proteína Cruda	8.25	g/100g de muestra	Método Kjeldhal
Grasa (Extracto Etéreo)	15.14	g/100g de muestra	Método Soxlet
Fibra Cruda	1.29	g/100g de muestra	Digestión Acido-Base
Cenizas	1.62	g/100g de muestra	Mufla a 550°C
Carbohidratos	71.31	g/100g de muestra	Diferencia
Calcio (Ca)	0.17	g/100g de muestra	Método de Absorción Atómica
Fosforo (P)	0.24	g/100g de muestra	Espectrofotometría Visible
<i>Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.</i>			

Este informe de análisis corresponde a una muestra recibida por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químicos Analistas:

Licdo. Luis Antonio Reyes Valiente
 Licdo. Héctor Shunico

Lic. Luis Antonio Reyes Valiente
 Jefe interino del Laboratorio de Química Agrícola



ANEXO H: Resultado del análisis de peróxidos.



Laboratorio de Química Agrícola
San Andrés, Km. 33 1/2 carretera a Santa Ana
Tel.: 2397- 2200 Ext. 269

San Andrés, 09 de Septiembre de 2015

DATOS GENERALES

Solicitante: Ricardo Antonio García Rivera
Recolección: 21/08/2015
Muestra: Muestra de Aceite.
Recibido: 24/08/2015

No Análisis: 359

RESULTADO			
ANÁLISIS	BASE HUMEDA	UNIDADES	Metodología
Valor de Peróxido	10	Mili equivalente de Peróxido/Kg de aceite	Método por Titulación Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.

Este informe de análisis corresponde a una muestra recibida por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químicos Analistas:

Licdo. Luis Antonio Reyes Valiente

Lic. Luis Antonio Reyes Valiente
Jefe interino del Laboratorio de Química Agrícola



ANEXO I. Matriz comparativa para selección del material de empaque para el snack nutritivo libre de gluten

Producto:		Snack nutritivo libre de gluten a base de harina compuesta de maíz dorado y camote naranja		
Tipo de proceso de fabricación:		Fritura		
Especificaciones				
Requerimientos		Foil de aluminio	Polietileno	Polipropileno Biorientado metalizado
Oxígeno	Impermeable	Impermeabilidad directamente proporcional al espesor	Permeable	Impermeable
Humedad o vapor de agua	Impermeable	Impermeable	Buena barrera según la densidad utilizada	Impermeable
Flexibilidad	Buena	Buena	Conserva flexibilidad a altas temperaturas	Buena
Permeabilidad a grasas y aceites	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Barrera a la luz	Buena	Buena	Mala	Buena

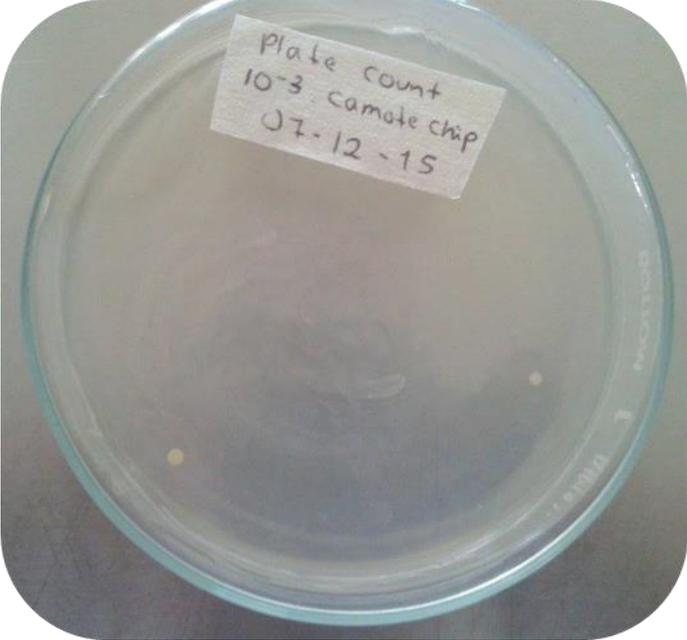
Fuente: (Nobile y Conte, 2013).

ANEXO J: Resultados microbiológicos.

Análisis Microbiológico: Recuento Total de Aerobios Mesófilos			
Fecha y hora de la siembra: 7 de diciembre, 2015 – 1:00 pm			
Muestra	Dilución	Recuento	Imagen
Snack nutritivo libre de gluten	10 ⁻²	200 UFC/g	
Observaciones	Se realizó la siembra por duplicado, obteniéndose resultados positivos en ambas placas, las colonias eran de color amarillo, esféricas y convexas.		

Análisis Microbiológico: Recuento Total de Aerobios Mesófilos

Fecha y hora de la siembra: 7 de diciembre, 2015 – 1:00 pm

Muestra	Dilución	Recuento	Imagen
Snack nutritivo libre de gluten	10 ⁻³	500 UFC/g	
Observaciones	Se realizó la siembra por duplicado, obteniéndose resultados positivos solamente en una placa, las colonias eran de color amarillo, esféricas y convexas.		

Análisis Microbiológico: Recuento Total de hongos y levaduras			
Fecha y hora de la siembra: 7 de diciembre, 2015 – 1:00 pm			
Muestra	Dilución	Recuento	Imagen
Snack nutritivo libre de gluten	10 ⁻²	< 10 UFC/g	
Snack nutritivo libre de gluten	10 ⁻³	< 10 UFC/g	
Observaciones	Se realizó la siembra por duplicado, obteniéndose resultados negativos en ambas placas de ambas diluciones		

Fuente: Elaboración propia