



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA
SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE AJONJOLÍ
(*Sesamum indicum L.*) SABOR A CHOCOLATE**

Karen Sofía Acevedo Proaño

Asesorado por la Mtra. Sucelly Orozco Marroquín de Morales

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA
SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE AJONJOLÍ
(*Sesamum indicum L.*) SABOR A CHOCOLATE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KAREN SOFÍA ACEVEDO PROAÑO

ASESORADO POR LA MTRA. SUCELLY OROZCO MARROQUÍN DE
MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. William Eduardo Fagiani Cruz
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum L.*) SABOR A CHOCOLATE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 16 de octubre de 2021.

Karen Sofía Acevedo Proaño



EEPFI-PP-0063-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (CHENOPODIUM QUINOA) Y HARINA DE AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) SABOR A CHOCOLATE**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores**, presentado por la estudiante **Karen Sofía Acevedo Proaño** carné número **201503447**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

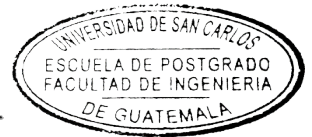
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

M.A. Sucelly Orozco de Morales
Col. 2093

Mtro. Sucelly Nohemí Orozco Marroquín De Morales
Asesor(a)

Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.0063.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (CHENOPODIUM QUINOA) Y HARINA DE AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) SABOR A CHOCOLATE**, presentado por el estudiante universitario **Karen Sofía Acevedo Proaño**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, enero de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.317.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (Chenopodium quinoa) Y HARINA DE AJONJOLÍ (Sesamum indicum L.) SABOR A CHOCOLATE**, presentado por: **Karen Sofía Acevedo Proaño**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por amarme tanto, ser mi guía en todo momento y permitirme lograr una meta más.
Mis padres	Nurya Proaño Gómez y Carlos Acevedo Ávalos, por su gran amor y apoyo durante toda la carrera.
Mis hermanos	Dara Proaño, Nurya, Carlos Humberto y Carlos Eduardo Acevedo, por motivarme siempre y por su compañía durante este proceso.
Mis abuelos	Leonor Gómez por su gran amor y apoyo durante toda mi vida, Carlos Acevedo y Olandina Ávalos, por motivarme en todo momento.
Mis tíos	Marco y Mónica Proaño, por su ayuda constante durante toda mi carrera.
Amigos	Sofía Chajón, Lourdes Recinos, María Santa Cruz, Paola López, Megan Blanco, Efraín Quevedo, Pablo Rocha, Daniel Ramírez, Diego Monzón, Josué Sales, y Juan García por su apoyo incondicional durante todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la sabiduría para poder culminar mi carrera y acompañarme en todo momento.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos para formarme como profesional durante estos años.
Mis padres	Por brindarme su apoyo durante este proceso.
Mis hermanos	Por tenerme paciencia y motivarme en todo momento.
Mis amigos	Por acompañarme durante la carrera.
Mi asesora	Por su gran apoyo y guiarme durante el trabajo de graduación.
Familia	Por ser parte esencial de este proceso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Generalidades de la quínoa.....	15
7.1.1. Descripción	15
7.1.2. Clasificación.....	16
7.1.3. Propiedades de la quínoa	17
7.1.4. Harina de quínoa y su procesamiento	19

7.2.	Generalidades del ajonjolí.....	21
7.2.1.	Descripción.....	21
7.2.2.	Clasificación	22
7.2.3.	Propiedades ajonjolí	24
7.2.4.	Harina de ajonjolí y su procesamiento	25
7.3.	Harinas sin gluten	27
7.3.1.	Propiedades de las harinas sin gluten.....	27
7.3.2.	Harinas sin gluten: usos	28
7.3.3.	La enfermedad celíaca.....	29
7.4.	Galletas.....	30
7.4.1.	Materias primas y aditivos	30
7.4.1.1.	Harina.....	30
7.4.1.2.	Huevo.....	31
7.4.1.3.	Grasa.....	32
7.4.1.4.	Sacarosa	33
7.4.1.5.	Polvo de hornear	34
7.4.1.6.	Agua.....	34
7.4.1.7.	Potenciadores de sabor.....	35
7.4.1.8.	Aditivos.....	35
7.4.2.	Etapas en el proceso de galletería	36
7.4.2.1.	Mezclado y dispersión de los ingredientes.....	36
7.4.2.2.	Laminado.....	37
7.4.2.3.	Moldeado.....	37
7.4.2.4.	Horneado.....	38
7.4.2.5.	Enfriamiento	38
7.4.2.6.	Empacado	38
7.4.3.	Especificaciones técnicas.....	39
7.5.	Análisis bromatológico	42

7.5.1.	Humedad	43
7.5.2.	Proteína cruda	43
7.5.3.	Cenizas.....	43
7.5.4.	Grasa cruda	44
7.5.5.	Fibra cruda.....	44
7.5.6.	Carbohidratos	44
7.6.	Análisis sensorial.....	44
7.6.1.	Pruebas de aceptación	45
7.6.2.	Prueba hedónica.....	45
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	47
9.	METODOLOGÍA.....	51
9.1.	Diseño de investigación.....	51
9.2.	Variables del estudio	51
9.3.	Fases del estudio	53
9.3.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	53
9.3.2.	Fase 2: elaboración de las harinas	54
9.3.2.1.	Definición de las etapas para la elaboración de las harinas	54
9.3.2.2.	Selección de equipos.....	56
9.3.3.	Fase 3: elaboración de la galleta	56
9.3.3.1.	Formulación de la galleta.....	56
9.3.3.2.	Etapas en la elaboración de la galleta .	58
9.3.4.	Fase 4: evaluación sensorial	61
9.3.4.1.	Determinación prueba	61
9.3.4.2.	Preparación del panel.....	61
9.3.4.3.	Metodología de evaluación.....	61
9.3.5.	Fase 5: análisis de control de calidad de la galleta.	64

9.3.5.1.	Análisis fisicoquímicos.....	64
9.3.5.2.	Análisis bromatológicos.....	65
9.3.6.	Fase 6: cumplimiento regulatorio para el producto preenvasado.....	66
9.3.7.	Fase 7: presentación y discusión de resultados.....	67
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	69
11.	CRONOGRAMA	71
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	73
	REFERENCIAS.....	75
	APÉNDICES.....	83
	ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de proceso de la harina de quinoa y de la harina de ajonjolí....55
2. Diagrama de proceso de elaboración de la galleta.....59

TABLAS

- I. Composición del valor nutritivo de la quinoa..... 17
- II. El ajonjolí y su clasificación taxonómica 22
- III. Composición del valor nutritivo del ajonjolí, por 100 g 24
- IV. Composición de aminoácidos en la harina de ajonjolí o sésamo..... 26
- V. Propiedades fisicoquímicas en las galletas finas 40
- VI. Propiedades fisicoquímicas en las galletas entrefinas..... 40
- VII. Propiedades fisicoquímicas en las galletas comerciales..... 41
- VIII. Propiedades microbiológicas de las galletas. 41
- IX. Formulación de galleta dulce 42
- X. Descripción de variables 52
- XI. Criterios de selección para determinar las dos formulaciones
óptimas 57
- XII. Formulación de las dos galletas, elaboradas a base de harina de
quinoa y harina de ajonjolí 57
- XIII. Prueba de preferencia apareada 62

XIV.	Resultados de las calificaciones de las características sensoriales, obtenidos a partir de la evaluación sensorial de las galletas	63
XV.	Resultados de análisis fisicoquímicos de la galleta con mayor aceptabilidad general.....	65
XVI.	Resultados de análisis bromatológicos de la galleta con mayor aceptabilidad general.....	66
XVII.	Resultados de análisis de vitaminas y minerales de la galleta	67
XVIII.	Cronograma de la investigación	71
XIX.	Gastos del estudio	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Aceptabilidad
C	Cantidad de carbohidratos
F_c	Cantidad de fibra
G	Cantidad de grasa
P	Cantidad de proteínas
c	Cenizas
x	Composición
°	Grados
°C	Grados Celsius
h	Horas
H	Humedad
kg	Kilogramo
D	Masa de la muestra seca
W	Masa inicial de muestra
mm	Milímetros
min	Minutos
w	Peso
%	Porcentaje
Q	Quetzales
T	Temperatura de horneado
t	Tiempo de horneado

GLOSARIO

Aditivos	Sustancias que se añaden a los alimentos para mejorar su presentación y demás cualidades.
Agente leudante	Sustancia capaz de producir o incorporar gases en los productos que van a ser horneados con el objeto de aumentar su volumen, producir forma y textura en su masa resultante.
Almidón	Hidrato de carbono complejo (polisacárido) digerible, del grupo de los glucanos. Consta de cadenas de glucosa con estructura lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina). Constituye la reserva energética de los vegetales.
Aminoácido	Unidades básicas que forman las proteínas, en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo.
Edulcorante	Sustancia química que se añade a un alimento o medicamento para darle sabor dulce.
Emulsificante	Sustancia utilizada para dispersar una materia grasa en forma líquida en una solución acuosa.

Fibra cruda	Es el residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases fuertes.
Fibra dietaria	Es un grupo de diferentes sustancias de origen vegetal, que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, y que sufren una digestión parcial o total en el colon.
Gluten	Proteína que se encuentra en la semilla de muchos cereales como el trigo, la cebada, centeno, triticale, espelta, algunas variedades de avena, así como sus híbridos y sus derivados.
Inflorescencia	La disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo.
Planta oleaginosa	Plantas de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite.
Polvo para hornear	Producto químico que permite elevar una masa, debido a que libera dióxido de carbono.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca establecer una formulación óptima para elaborar una galleta fortificada sin gluten utilizando harina de Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*), sabor a chocolate. Se determinará la cantidad adecuada de las diferentes harinas para obtener una galleta sin gluten que sea fortificada. Se evaluarán las características sensoriales de las diferentes formulaciones, y se determinará la composición fisicoquímica y nutricional de la galleta con mayor grado de aceptabilidad general.

Se elaborarán las harinas de las semillas de quínoa y ajonjolí mediante la molienda y tamizado de las mismas. Se procederá a seleccionar dos formulaciones de un producto de galletería utilizando ingredientes propios del proceso, cacao en una cantidad estándar, una premezcla de vitaminas y minerales, y diferentes composiciones porcentuales de las dos harinas.

Se evaluará la aceptabilidad de los dos productos de galletería, por medio de una prueba hedónica de cinco puntos en un panel sin entrenamiento, como prueba inicial. Se le realizará un análisis bromatológico y fisicoquímico al producto de galletería con mayor aceptabilidad general para determinar su valor nutricional.

Se espera obtener una galleta sin gluten que sea fortificada, y en especial, que tenga una alta aceptabilidad de las personas que la consuman.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido al padecimiento que el gluten provoca en las personas celíacas y que los consumidores de productos sin gluten buscan alternativas innovadoras, surge la necesidad de desarrollar e implementar productos libres de gluten. En el mercado guatemalteco existen pocos productos de galletería sin gluten elaborados con harina de quínoa y harina de ajonjolí. Las galletas hechas a partir de estas harinas generalmente no alcanzan características sensoriales aceptables, especialmente en la textura y sabor, debido a la falta de gluten.

La harina de ajonjolí y la harina de quínoa han sido poco explotadas en productos de galletería elaborados en Guatemala, desaprovechando las propiedades nutricionales de estos pseudocereales. Esta investigación aportará la elaboración de una galleta elaborada con las harinas previamente mencionadas y con una premezcla de vitaminas y minerales.

Los datos obtenidos mediante los análisis darán a conocer la efectividad de esta galleta. Se espera obtener un producto sin gluten, fortificado, y que tenga características físicas y organolépticas aceptables.

Se elaborarán las harinas de ajonjolí y quínoa que se utilizarán como materia prima para la elaboración de la galleta. Se evaluará la aceptación sensorial obtenida de las formulaciones propuestas. Posteriormente, se realizará un análisis bromatológico para la formulación con mayor aceptabilidad.

En el capítulo 1, se presentarán los antecedentes de la investigación en el cual se resume investigaciones previas de otros países con respecto a este tema. En el capítulo 2, se realizará una exploración bibliográfica con los temas que será utilizados como base teórica para la utilización de las harinas de quínoa y ajonjolí, y de una premezcla de vitaminas y minerales en el producto planteado. En el capítulo 3, se establecerá el proceso de elaboración de la galleta, el cual incluye la fabricación de la harina de quínoa y ajonjolí, el proceso de formulación y elaboración de galleta, y la evaluación sensorial.

En el capítulo 4, se presentará la evaluación nutricional y fisicoquímica de la formulación con la mayor aceptabilidad. En el capítulo 5, se determinarán los costos de la materia prima y el costo del proceso de elaboración de la galleta. En el capítulo 6, se realizará la presentación de los resultados obtenidos en la investigación y su discusión se presentará en el capítulo 7. Al final, se plantearán las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

2. ANTECEDENTES

En Guatemala, no se encontraron estudios relacionados con la formulación de una galleta a base de harinas de quínoa (*Chenopodium quinoa*) y de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.); sin embargo, en Perú y en Ecuador se encontraron investigaciones relacionadas a la elaboración de galletas a base de diferentes harinas. A continuación, se presentan las publicaciones más sobresalientes:

En el trabajo de graduación de postgrado *Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harinas de arroz y quínoa libres de gluten* Carrillo (2008), elaboró una formulación de galletas libres de gluten usando recursos vegetales como harina arroz y harina de quínoa, donde aplicó la metodología superficie de respuesta para obtener un producto muy aceptable. Así mismo, caracterizó química, física y sensorialmente la formulación. Los resultados demostraron que la cantidad de calorías de la formulación de galletas para celíacos es inferior en 22 kcal al compararse con una galleta control, y que la concentración de proteínas es mayor a la de la galleta control (8.98 g/100 g).

Guerrero, Hernández y Acosta (2013), en su investigación *Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quínoa*, desarrollaron un producto de galletería sin gluten hecho a base de harinas de arroz, maíz y quínoa. Se realizó la granulometría de las harinas, donde se establecieron ocho diferentes formulaciones de mezclas partiendo de un diseño factorial, a las que se les realizó un análisis proximal y sensorial. En los resultados obtenidos del análisis proximal, se determinó que las dos mejores mezclas fueron la de 70:30 y 60:40 (harina de maíz: harinas de quínoa y arroz en

la misma proporción). Al realizar un análisis sensorial de las galletas mediante un panel semi entrenado, se obtuvo que la formulación de mayor aceptación general fue la mezcla con la proporción de 70:30. Los resultados demuestran que se pueden elaborar productos funcionales de panificación (basados en quínoa) con propiedades que beneficien a las personas celíacas.

En el artículo *Desarrollo de una galleta dulce con ajonjolí tostado y molido* Hernández-Monzón, García-Pedroso, Calle-Domínguez y a-Duarte (2014), desarrollaron una galleta dulce con adición de ajonjolí tostado y molido con características nutricionales y sensoriales buenas. Se realizaron tres formulaciones donde se adicionó el ajonjolí en dosis de 10 %, 15 % y 20 %, respectivamente, a la galleta dulce. Estas galletas fueron evaluadas sensorialmente por siete jueces para determinar la dosis más adecuada. La mejor formulación fue la del 15 % de ajonjolí, a la cual se le determinó proteínas, grasa, cenizas, calcio, humedad, cinc, hierro y análisis de textura. Obteniendo como resultado un contenido alto de proteínas (11.43 g por cada 100 g) y calcio (108.0 mg por cada 100 g).

Mera-Carbo, Parraga-Álava, Muñoz-Murillo, y Verduga-López (2020), en su investigación *Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum spp.) por harina de amaranto (Amaranthus spp.) y quinua (Chenopodium Quinoa Willd.) en galletas*, evaluaron la calidad sensorial, bromatológica y microbiológica de galletas elaboradas a base de harinas de amaranto, trigo y quinua. Se realizaron tres formulaciones y se aplicó, en treinta personas, una escala hedónica de preferencia para determinar qué formulación tenía mayor aceptabilidad. Basándose en los resultados obtenidos, se presenta una mayor aceptación por el tratamiento que contenía 10 % de harina de amaranto, 0 % de harina de quinua, 90 % de harina de trigo. A las galletas elaboradas a partir de dicha formulación se les realizó análisis microbiológicos y bromatológicos, los cuales

establecieron que el contenido de humedad fue de 6.25 %, proteína 9.58 %, pH de 5.5 y Aerobios mesófilos de 56 UFC/mL. Lo que hace factible el uso de las harinas mencionadas con anterioridad para la elaboración de galletas.

Rosas (2019), en su trabajo de graduación *Aceptabilidad y contenido de hierro en barritas de chocochips de sangrecita con semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y linaza (*Linum usitatissimum*)*, evaluó el valor nutritivo, el contenido de microorganismos, y la aceptación por los niños y los adultos, de la galleta. Para esto se realizaron tres formulaciones diferentes, las cuales se compararon sensorial y químicamente. Conforme a los resultados, la aceptación mejoró hasta niveles del 90 %, cuando se utilizó la mezcla de semillas de ajonjolí (10 %) y linaza (10 %) permaneciendo constante la proporción de sangrecita (25 %).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, se tiene una mayor necesidad de desarrollar e implementar productos proteicos libres de gluten, debido al padecimiento que este provoca en las personas celíacas y a que los consumidores de productos sin gluten buscan opciones innovadoras para comprar.

En el mercado guatemalteco existe poca variedad de productos de galletería sin gluten elaborados con harina de ajonjolí. Es importante establecer que el ajonjolí es un alimento muy nutritivo que es rico en ácidos grasos insaturados, fibra, proteínas vegetales, vitaminas y minerales

Las galletas hechas con harina de quínoa generalmente no alcanzan características sensoriales aceptables, especialmente en la textura y sabor, debido a la falta de gluten. Se tiene que las galletas libres de gluten sabor a chocolate y que sean fuente de proteína utilizando las harinas mencionadas con anterioridad, no tienen incidencia en el mercado guatemalteco.

Existe un desaprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de ajonjolí; así como, existe poca variedad de productos de galletería hechos con harina de quínoa, desaprovechando este pseudocereal que es rico en hidratos de carbono, fibra y proteína, y es una buena fuente de vitaminas y minerales como el calcio y el hierro. Siendo un alimento muy completo para la nutrición humana.

Dado lo anterior, se plantea la pregunta principal de este estudio de investigación, la cual es: ¿Cuál debe de ser la formulación óptima para elaborar

una galleta fortificada sin gluten de harina de Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) sabor a chocolate?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuáles son las dos formulaciones propuestas para la elaboración de la galleta de harina de Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*)?
- ¿Cuál es la formulación que obtiene mayor grado de aceptabilidad general basada en sus propiedades organolépticas?
- ¿Cuál es la composición fisicoquímica y nutricional de la galleta?
- ¿Se asegura que el producto preenvasado cumpla con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala?
- ¿Cuál es el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente trabajo se justifica en la línea de investigación del desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales o innovadores de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

En Guatemala, el ajonjolí y la quínoa son productos alimenticios que pueden encontrarse en el mercado de forma natural y procesada. Estos pseudocereales presentan un alto potencial debido a su contenido nutricional y a su diversidad agronómica para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta. Las alternativas de consumo de estos han sido limitadas; por ello, esta investigación aportará una formulación para la aplicación de estos productos en galletería. Se demostrará el procedimiento de elaboración del producto desarrollado, así como los aportes nutricionales del mismo.

La realización de esta investigación requerirá el desarrollo de un procedimiento para elaborar una galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa y harina de ajonjolí, sabor a chocolate, lo cual es un aporte para ampliar el aprovechamiento de estos pseudocereales. Se evaluarán varias formulaciones para conocer la cantidad apropiada de las harinas en la elaboración de la galleta. Cantidad que será determinada por análisis fisicoquímicos y evaluaciones sensoriales que permitirán conocer la aceptabilidad general del producto.

Con base en los datos obtenidos de los análisis, se demostrará la utilidad de la quínoa y del ajonjolí en productos de galletería, lo que puede beneficiar a los productores de galletas, al ofrecer una alternativa saludable y con mejor calidad nutricional. También beneficiará a los productores de estos

pseudocereales, debido a que dará mayores posibilidades de venta de su producto. Asimismo, se beneficia al ámbito académico, al contar con un estudio sobre el aprovechamiento de estos productos, que pueden propiciar nuevas investigaciones y propuestas de aplicaciones industriales.

Esta investigación es importante porque explora una aplicación poco estudiada de productos como la harina de quínoa y harina de ajonjolí, que se pueden utilizar como complementos nutricionales. En Guatemala existen personas que buscan alternativas nutritivas sin gluten para consumir, por ello la necesidad de innovar y mejorar los productos de galletería que ya existen, para brindarle a la población una nueva opción alimenticia de mejor calidad nutricional.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Establecer la formulación óptima para elaborar una galleta fortificada sin gluten de harina de Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) sabor a chocolate.

5.2. Específicos

- Definir dos formulaciones para la elaboración de la galleta de harina de Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*).
- Evaluar la aceptabilidad general de las galletas basada en sus propiedades organolépticas.
- Determinar la composición fisicoquímica y nutricional de la galleta.
- Asegurar el cumplimiento regulatorio para producto preenvasado de acuerdo con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala.
- Estimar el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En Guatemala no se aprovechan las propiedades de la harina de quínoa y la harina de ajonjolí en la elaboración de productos sin gluten. Estas harinas pueden ser utilizadas en productos de galletería debido a que aportan un beneficio por su contenido de fibra, proteínas, vitaminas, minerales y a su alto valor biológico, ya que contienen aminoácidos esenciales.

Se establecerá una formulación de una galleta, donde se utilizarán las harinas de quínoa y ajonjolí, así como una premezcla de vitaminas y minerales. Esto debido a que es un producto que podrán consumir las personas que compran productos libres de gluten, y que a su vez será una fuente de vitaminas para las mismas.

Existe una tendencia a la búsqueda de alternativas de productos sin gluten y este puede ser un producto innovador y de interés por su alto valor nutritivo al utilizar harinas de quínoa y de ajonjolí, y por el sabor y textura que tendrá el mismo. Lo cual beneficiará a la población guatemalteca que tiene dificultad en la absorción de gluten.

El producto que se formulará y se elaborará tendrá un impacto en el mercado nacional, debido a que será un producto de galletería innovador y fortificado. Se aprovecharán las propiedades nutritivas de las harinas de quínoa y de ajonjolí. Convirtiendo la formulación propuesta en una aplicación tecnológica de mejor aprovechamiento.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades de la quínoa

La quínoa fue el principal alimento de las culturas antiguas de los Andes, y representa un gran potencial para aumentar la calidad de vida del mundo actual. Es un grano que posee sobresalientes características como: su extensa variabilidad genética, su capacidad de adecuarse a condiciones climáticas distintas, su calidad nutricional, y por las diversas formas en las que se utiliza (FAO, 2011).

7.1.1. Descripción

La quínoa se encuentra dentro de la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas. Es denominado pseudocereal debido a que se utiliza similar a un cereal por su contenido alto de almidón (58 % a 68 %); sin embargo, no forma parte de la familia de los cereales tradicionales (las gramíneas) (Bonilla, Turcios y Sánchez, 2021).

Este pseudocereal se origina de una planta herbácea, que alcanza una altura de 0.5 m a 3.0 m, y su especie es *Chenopodium Quinoa Wild*. La raíz es ramificada y profunda, lo que permite la resistencia y estabilidad de la planta. De acuerdo con la variedad de la planta el tallo será cilíndrico y recto. Las semillas son las que tienen el mayor valor nutricional y pueden ser de diversos colores como: café, blanco, amarillo, gris, rojo y negro (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2015).

Las hojas pueden ir de verde hasta rojo y son polimórficas. Las flores son pequeñas, densas y carecen de pétalos. El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, y el color de este se asocia con el perigonio, que puede ser verde o rojo (Cuadrado, 2012).

7.1.2. Clasificación

Los cinco grupos de acuerdo con la FAO (2011), son los siguientes:

- Quínoa de nivel del mar: granos de color crema transparente y son plantas de 1.0 m a 1.4 m de altura. Generalmente, se encuentra en las zonas de Linares y Concepción.
- Quínoa de valles interandinos: las plantas tienen una altura de 2.5 m o más, y poseen muchas ramificaciones.
- Quínoa de altiplano: las plantas crecen de 0.5 m a 1.5 m de altura y se desarrollan en la zona del altiplano peruano-boliviano, área donde se producen los granos más especializados.
- Quínoa de salares: conocida como Quinoa Real y sus granos poseen un contenido alto de saponina. Crecen al sur del altiplano boliviano, la cual es la zona más seca.
- Quínoa de los yungas: son plantas verdes que, al estar en floración, la planta se torna anaranjada. Este grupo se adapta a las condiciones de las Yungas de Bolivia.

Según PROINPA, (2003), se tienen las siguientes variedades de quínoa:

- Quínoa blanca o dorada: tiene una textura ligera y un sabor más delicado, es la más comercializada.
- Quínoa roja: comparándola con la quínoa blanca, esta tiene un mayor contenido de proteínas (17 %), y es buena fuente de riboflavina. Su sabor es más intenso que el de las otras variedades.
- Quínoa negra: posee un sabor a tierra y requiere de un tiempo mayor de cocción que las previamente mencionadas.

7.1.3. Propiedades de la quínoa

La quínoa es el único alimento vegetal que proporciona todos los aminoácidos esenciales necesarios en la nutrición humana. Según estándares que se establecen por la FAO (2011), la composición del valor nutritivo de la quínoa se representa en la siguiente tabla:

Tabla I. **Composición del valor nutritivo de la quínoa**

Componentes	Cantidad (%)
Proteínas	13,00
Grasas	6,10
Hidratos de carbono	71,00
Azúcar	0,00

Continuación tabla I.

Hierro	5,20
Calorías 100 g	350,00

Fuente: FAO (2011). *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.*

Una característica esencial de la quínoa es que tanto el grano, como las inflorescencias y las hojas, son fuentes de buena calidad de proteínas. Entre el 16 % - 20 % del peso de una semilla de quínoa lo componen proteínas de buen valor nutricional. Este grano cubre los requerimientos de aminoácidos que se recomiendan para los niños en las etapas de preescolar y escolar, y para los adultos (FAO, 2011).

Cien gramos de quínoa contienen más del doble de treonina, fenilalanina, metionina, valina e isoleucina, aproximadamente el quintuple de lisina, y grandes cantidades de leucina, en comparación con cien gramos de trigo. Así mismo, la quínoa supera al trigo en las cantidades de arginina, histidina, glicina y alanina, y contiene aminoácidos que no se encuentran en el trigo como la cisteína, el ácido glutámico, el ácido aspártico, la tirosina, la serina y la prolina. Estos aminoácidos favorecen la generación de anticuerpos, previenen el daño hepático, colaboran con la producción de energía muscular, permiten mantener en equilibrio el nivel de azúcar en la sangre, entre otras funciones (FAO, 2011).

Cabe destacar que la quínoa es una fuente de fibra dietaria, que es la encargada de favorecer el tránsito intestinal al ingerir este pseudocereal, y es libre de gluten (Bonilla, Turcios y Sánchez, 2021).

Se han identificado 35 preparados alimenticios tradicionales elaborados con quínoa. Entre estos se tienen sopas, masas, bebidas y merienda. Y en otras ocasiones se preparan alimentos no tradicionales como galletas, tortas y jugos (FAO, 2011).

7.1.4. Harina de quínoa y su procesamiento

La harina de quínoa se puede clasificar en harina cruda, que es el producto de moler la quínoa perlada hasta obtener la finura requerida; en harina tostada, que es el resultado de moler la quínoa perlada tostada; y en harina instantánea, la cual resulta de la quínoa precocida, que es sometida a un proceso en el que se reduce a polvo. En líquidos la harina instantánea se dispersa rápidamente (INPhO, 2013).

Según INPhO (2013), en el proceso de la harina de quínoa se tienen las siguientes etapas:

- Recepción y selección de la materia prima: se deben de clasificar los granos de quínoa según el tamaño y la cantidad de impurezas que tenga.
- Limpieza: procedimiento mediante el cual se emplean corrientes de aire para eliminar vidrio, trozos de metales, piedras, que puedan estar en los granos de quínoa.
- Desaponificación: etapa en la cual se separa la saponina de la quínoa. Se puede realizar por diversos métodos:

- Lavado por turbulencia y agitación: en este se utilizan mallas metálicas para retener las impurezas, y se remoja la quínoa por 30 minutos a 25 °C con el fin de facilitar la de saponificación. Seguido de esto, se ejecuta el lavado en donde se somete la quínoa a un proceso de calentamiento por vapor.
- Método de rozamiento: consiste en retirar el episperma y segmentos del grano de quínoa donde existe un mayor contenido de saponina, mediante un pulido que le dará al grano un aspecto más liso (quínoa perlada).
- Procedimiento termo mecánico en seco: en el cual los granos de quínoa son sometidos por 10 minutos a calor seco de 80 °C a 90 °C, para retirar la cáscara. Seguido de esto, se tamizan los granos.
- Método químico: en este método se sumergen los granos de quínoa en hidróxido de sodio con una concentración del 10 % por 1.5 minutos, y a 100 °C. Seguidamente, se lavan y se secan los granos.
- Método combinado: somete a los granos de quínoa a máquinas peladoras en seco y luego se lavan los granos para retirar la saponina restante.
- Secado: puede ser natural, en este los granos de quínoa se colocan en capas finas y se exponen a la acción del aire por un tiempo no más de 15 días, verificando que la humedad relativa del aire no sea mayor del 70 %; y puede ser artificial, en el que es necesario utilizar secadores estáticos o continuos para someter al grano a una corriente de aire.

- Molienda: se realiza con el fin de convertir los granos de quínoa en harina. Se pueden utilizar los molinos de piedra o de martillo, y a nivel industrial se usan molinos de discos.

7.2. Generalidades del ajonjolí

El sésamo o ajonjolí es una de las oleaginosas de cultivo más antiguo, fue cultivada desde el año 450 a. C. Las semillas de ajonjolí son muy nutritivas, ya que son ricas en ácidos grasos insaturados como lecitina, omega 6 y omega 9. Así mismo, es rica en fibra, en proteínas vegetales, en vitaminas (B1, B2, B3, B5, B6, B9, E, K), en antioxidantes y en minerales (Semillas de sésamo o Ajonjolí, propiedades nutricionales y usos, 2013).

7.2.1. Descripción

El ajonjolí o sésamo (*Sesamum indicus L.*) es una planta oleaginosa de la familia de las *Pedaliáceas*, la cual se cultiva en zonas tropicales de diferentes partes del mundo. Esta planta puede crecer hasta dos metros de altura, y crece en forma recta. Su periodo vegetativo está entre 3 y 4 meses (Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Productores Rurales, 2013).

El tallo de la planta es muy ramificado, las flores son de color amarillo o blanco rojizo y estas normalmente aparecen entre los 60 y 75 días de haber sido plantadas, y sus frutos son cápsulas en las que están varias semillas planas. Dependiendo de la variedad la semilla puede ser amarilla, marrón, negra o blanca. Las semillas de un color más oscuro generalmente son las de mejor sabor (Corporación PBA, 2013).

El contenido nutritivo de las semillas varía según el tipo; sin embargo, la mayoría de las semillas de ajonjolí son una fuente de fósforo, contienen aproximadamente el doble de calcio que, de fósforo, son buena fuente de vitaminas, de grasas no saturadas y de proteínas. Por su contenido alto de grasa, las semillas se pueden dañar rápidamente, por lo que para almacenarse se debe realizar bajo refrigeración o almacenarlo en seco herméticamente (Vaca, Vásquez, V. y Vásquez, J., 2001).

7.2.2. Clasificación

Existen diferentes cultivares de ajonjolí, y se pueden dividir por su precocidad y por su color. Los más comunes son de color blanco y negro. Las semillas de color blanco tienen un buen desarrollo y son las más utilizadas en panificación y repostería. Las semillas negras tienen menor rendimiento, y al desarrollarse en suelos con pocos nutrientes son útiles para la producción de aceites y harinas (Cervantes, 2012).

La clasificación taxonómica del ajonjolí según Robles (1991):

Tabla II. **El ajonjolí y su clasificación taxonómica**

Reino	Vegetal
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsidae</i>
Clase	<i>Angiospermae</i>
Subclase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Tubiflorae</i>
Familia	<i>Pedaliaceae</i>
Género	<i>Sesamum</i>
Especie	<i>Indicum (orientale)</i>
Subespecie	<i>Bicarpellatum</i> y <i>Tetracarpellatum</i>

Fuente: Robles (1991). *Producción de oleaginosas y textiles*.

Entre el género *Sesamum* se tienen 49 especies que son nativas de África. Las variedades del ajonjolí se pueden clasificar en 2 diferentes tipos (Robles, 1991):

- Dehiscentes: se cultivan mayormente en Estados Unidos. Este tipo es una variedad sin ramas y contiene un contenido alto en aceite (50 % o más); sin embargo, su sabor reduce su valor en el mercado debido a que es amargo.
- Indehiscentes: tienen menor contenido de aceite (menos del 50 %) y estas han sido desarrolladas para ser cosechadas de forma mecánica.

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas recomendó las siguientes variedades, según Cervantes (2012):

- Maporal: es una variedad ramificada en la cual la planta tiene una altura de 1.90 m, y florece a los 40 días después de que se siembra. Las flores son de color blanco o de color lila. Su grano es blanco.
- Cuyumaqui: este tipo tiene una altura de 2 m, es una variedad ramificada y florece a los 39 días, siendo su flor de color blanco y su grano del mismo color.
- Aceitera: es una variedad no ramificada que florece a los 38 días. Generalmente, la altura de esta planta es de 1.8 m y su grano es de color blanco crema.

- ICTA R-198: es una variedad ramificada que florece a los 40 días después de la siembra. El grano es de color blanco. Y su ciclo de siembra a cosecha es de 94 días.

7.2.3. Propiedades ajonjolí

La semilla de sésamo tiene un contenido elevado de proteína cruda (17 al 23 %), en ella se encuentran unos 15 aminoácidos, entre los que destaca la metionina, aunque es carente de lisina. Por lo tanto, se recomienda la combinación con productos ricos en lisina (De Mera, 2017).

La composición de los nutrientes de las semillas de sésamo o ajonjolí se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III. **Composición del valor nutritivo del ajonjolí, por 100 g**

Componentes	Cantidad por 100 g
Proximales	
Agua	4,69 g
Energía	573 kcal
Proteína	17,73 g
Lípidos totales	49,67 g
Carbohidratos	23,45 g
Azúcar	0,3 g
Fibra dietética total	11,8 g
Ceniza	4,45 g
Minerales	
Calcio, Ca	975 mg
Fósforo, P	629 mg
Hierro, Fe	14,55 mg
Sodio, Na	11 mg
Potasio, K	468 mg

Continuación tabla III.

Magnesio, Mg	351 mg
Zinc, Zn	7,75 mg
Vitaminas	
Vitamina A	9 IU
Niacina	4,5 mg
Vitamina B6	0.79 mg
Folato total	97 µg
Vitamina E	2,27 mg
Lípidos	
Ácidos grasos saturados totales	6,957 g
Ácidos grasos monoinsaturados totales	18,759 g
Ácidos grasos polinsaturados totales	21,773 g
Colesterol	0 mg
Fitosteroles	714 mg

Fuente: USDA (2016). *Bases de datos de composición de alimentos: semillas, semillas de sésamo, entero, seco.*

Las semillas de ajonjolí poseen buenas cantidades de fibra, por lo que su consumo es beneficioso para la regulación de la función intestinal. De igual forma, su nivel de calcio es muy elevado (López y Paredes, 2018).

7.2.4. Harina de ajonjolí y su procesamiento

La harina de sésamo es un recurso de proteína significativo para la utilización de la humanidad debido a la presencia de aminoácidos, la composición de aminoácidos en la harina de sésamo se presenta en la siguiente tabla (Altschul y Wilcke, 2013)

Tabla IV. **Composición de aminoácidos en la harina de ajonjolí o sésamo**

Componentes	Cantidad (%)
Triptófano	-
Ácido aspártico	8,2
Treonina	3,4
Serina	4,2
Ácido glutámico	16,2
Prolina	7,8
Glicina	4,8
Alanina	3,4
Valina	4,7
Metionina	2,5
Isoleucina	3,9
Leucina	6,7
Tirosina	3,7
Fenilalanina	4,5
Lisina	2,6
Histidina	2,4
Arginina	12,5
Cistina	-

Fuente: Altschul y Wilcke (2013). *New Protein Foods: Seed Storage Proteins, Volume 5.*

Según Cuba y Lovon (2018), el proceso para elaborar harina de ajonjolí consta de las siguientes etapas:

- Recepción e inspección de materia prima: se verifica que las semillas de ajonjolí estén en buenas condiciones, se selecciona el mejor grano y se pesa la cantidad necesaria de las mismas.
- Limpieza: en esta etapa el objetivo es separar las impurezas de las semillas de ajonjolí. Se puede hacer por medio de soplado, donde los desperdicios livianos serán llevados por el viento.

- Secado: los granos fueron sometidos a secado, se puede hacer en una carpa bajo el sol o colocando los granos en bandejas de aluminio y secarlos utilizando la estufa.
- Molienda: se muelen las semillas de ajonjolí utilizando un procesador de alimentos, con el fin de obtener harina con partículas finas.
- Tamizado: la harina de ajonjolí se tamiza utilizando mallas de 300 μm , para obtener un mayor rendimiento.
- Almacenamiento: para evitar contaminación de la harina de ajonjolí, se debe almacenar en una bolsa de PEAD hasta el momento en el que se utilizará.

7.3. Harinas sin gluten

Son harinas de cereales que no contienen gluten. Las más comunes son: la de maíz, sorgo, amaranto, quínoa, y mijo.

7.3.1. Propiedades de las harinas sin gluten

Entre sus propiedades, destaca el bajo nivel de colesterol y sodio, además de su aportación en vitaminas, minerales e hidratos. Se pueden utilizar en productos de panadería, repostería y galletería. Los ingredientes más comúnmente usados son: la harina de arroz, la harina de sorgo y mijo, el almidón de papa, las harinas de granos andinos y legumbres, y el almidón de maíz. Los almidones se utilizan con el objetivo de perfeccionar la calidad de productos sin gluten, debido a la gelatinización que produce, lo que beneficia la creación de una red cohesiva y evita la pérdida de dióxido de carbono (Sciarini, 2011).

Con el fin de lograr productos sin gluten y de buena calidad con una vida de anaquel aceptable, se pueden incorporar diversos ingredientes como aditivos en las formulaciones establecidas, y así mejorar las propiedades de dichos productos (Sciarini, 2011).

7.3.2. Harinas sin gluten: usos

El *Codex Alimentarius* (2008) establece que los alimentos sin gluten son los que están elaborados únicamente con uno o más ingredientes que no contienen trigo. Así como establece que los productos que reemplacen a alimentos básicos importantes deben suministrar una cantidad similar de vitaminas y minerales que los alimentos a los que sustituyen.

En panificación es donde más se utilizan las harinas libres de gluten; sin embargo, los panes sin gluten que se encuentran en el mercado tienden a ser de una calidad pobre. Por lo que, se busca constantemente aumentar la calidad de estos. Para esto se han realizado diversos estudios en los que se ha determinado que derivados lácteos, proteínas, hidrocoloides y enzimas, ayudan a mejorar el volumen del pan, la textura de la miga y la calidad (Sciarini, 2011).

Las galletas son otro producto que se pueden elaborar a partir de estas harinas. Respecto a la calidad nutricional y general, se pueden adicionar hidrocoloides y enzimas como la transglutaminasa para mejorar su textura y su resistencia a la rotura, de igual forma se pueden mezclar diversos tipos de harinas sin gluten para mejorar su valor nutritivo. Asimismo, se puede incorporar almidones o proteínas a las formulaciones para ayudar a regular la expansión en el horneado y el tamaño de las galletas libres de gluten (Rodríguez, 2015).

Las pastas alimenticias son un producto que se puede realizar utilizando estas harinas sin gluten. Por ejemplo, la ausencia de gluten se puede contrarrestar con una mezcla de almidón pregelatinizado y harina de maíz. Otra alternativa son las pastas a base de pseudocereales, que puede ser la mezcla de harinas de quínoa, de amaranto, y de trigo sarraceno con albumina de huevo, emulgentes y enzimas (Ortiz, 2017).

7.3.3. La enfermedad celíaca

La celiaquía es la intolerancia permanente a las prolaminas, que están presentes en el trigo como gliadina, en la avena como avenina, en la cebada como hordeína y en el centeno como secalina. La gliadina es la más usada a nivel industrial y es la que da más problemas, porque muchos alimentos se elaboran con harina de trigo.

La celiaquía ocurre cuando se ingieren alimentos que contiene gluten y estos dañan la superficie de la mucosa del intestino delgado, y como consecuencia se produce la incapacidad de absorber los nutrientes (Hernández, 2012).

Los síntomas más típicos de esta enfermedad son la diarrea, vómitos, dolor abdominal y anemia. El tratamiento es exclusivamente dietético, y está apegado a una dieta con alimentos libres de gluten de por vida, es decir, eliminar de la dieta el trigo, la avena, la cebada, el centeno, y todos los productos que se puedan elaborar a partir de sus harinas (Sciarini, 2011).

7.4. Galletas

Las galletas son alimentos nutritivos con gran margen de conservación, y se identifican por contener elevadas cantidades de azúcar y de materia grasa, y escasa cantidad de agua en sus formulaciones (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

Sus principales ingredientes son azúcar, harina y grasa, aunque también se pueden incluir otros ingredientes como agentes leudantes, aditivos alimenticios autorizados, sal, siropes, entre otros (Rodríguez, 2015).

7.4.1. Materias primas y aditivos

Las materias primas y aditivos principales que se utilizan para hacer galletas son los siguientes:

7.4.1.1. Harina

Los panes y galletas tradicionales se fabrican con harina de trigo; sin embargo, se le puede adicionar cantidades pequeñas de otras harinas con el objetivo de obtener mejores sabores y/o propiedades estructurales, y así mejorar la calidad nutricional de la galleta (Academia del área de plantas piloto de alimentos y Bedolla, 2004).

La harina es el ingrediente estructural más importante y el mayoritario de la galleta, concede a las masas estabilidad y elasticidad. Para la elaboración de galletas las harinas blandas son importantes, las cuales se consiguen utilizando trigos blandos y tienen un contenido proteico menor al 10 %. Las gliadinas ayudan

a la elasticidad y cohesión de la masa, debido a que son las más solubles. Las otras partes son gluteninas que contribuyen a la extensibilidad de la galleta (Manley, 1989).

La mezcla de agua y harina crea una masa en la que se hidratan las proteínas del gluten, seguidamente los gránulos que se rompen de almidón retienen parte del agua. Al amasarse esta harina, dichas proteínas se orientan y se expanden parcialmente. Lo que permite que se formen enlaces cruzados disulfuros y que se den las interacciones hidrofóbicas. Como resultado se forma una red proteica tridimensional (Fennema, 1996).

Las harinas para galletas suelen ser flojas o con poco gluten, y muy extensibles. Usualmente su contenido de proteína esta entre 8 % a 9 %, cuando la galleta es quebradiza y semidulce; para galletas esponjosas el porcentaje de proteína es de 9 a 10 % (Hinostroza, 2014).

Las galletas que se elaboran con harinas libres de gluten pueden incluir el uso de almidones, de productos lácteos e hidrocoloides, como alternativas al gluten, y así mejorar la calidad de estos productos (Rodríguez, 2015).

7.4.1.2. Huevo

El huevo favorece la formación de espumas al proporcionar proteínas hidrosolubles, es decir, forma películas y retiene aire cuando se bate y al calentarla coagula adquiriendo rigidez (Potter y Hotchkiss, 1995).

Es un alimento que contiene vitamina A y complejo B entre sus nutrientes principales. Está formado por estructuras de diferente composición: la cáscara,

la celda de aire, yema (membrana vitelina y disco germinal), membranas de la cáscara, clara (albúmina delgada y albúmina gruesa), y *chalazae*. El huevo contiene una amplia variedad de nutrientes esenciales. Así mismo, contiene 72 calorías y 6,3 g de proteína (American Egg Board, 2012).

7.4.1.3. Grasa

Las grasas son las encargadas de ablandar la estructura. Cuando la masa se hornea la grasa se funde y libera las burbujas de aire de su interior contribuyendo a la elevación de la masa de los polvos de panadería. Entonces, la grasa fundida se deposita alrededor de las paredes celulares de la estructura que se está coagulando, lo que produce un efecto ablandador y lubricante de la textura (Potter y Hotchkiss, 1995).

Tanto la estructura como el volumen dependen de la plasticidad de la grasa y del uso de emulsionantes. Se debe tener una distribución uniforme de la grasa en la masa del producto de galletería para evitar la creación de una red de gluten, la cual provocaría que la masa sea menos elástica. Al utilizar grandes cantidades de grasa se tiene un pronunciado efecto lubricante, por lo que se necesitará menos cantidad de agua para lograr una consistencia suave (García y Masip, 2018).

Las grasas pueden ser de procedencia animal como vegetal. Y están compuestas de ácidos grasos saturados, lo cuales abundan en las grasas de origen animal como la mantequilla, manteca de cerdo, la margarina, entre otras; y ácidos grasos insaturados, que los contienen los aceites y las grasas vegetales (Chimborazo, 2015).

7.4.1.4. Sacarosa

La sacarosa es un agente ablandador de los productos horneados. Así mismo, tiene como función edulcorar y posee la propiedad de retener la humedad en dichos productos. Los productos de la hidrólisis de la sacarosa, es decir, la glucosa y fructosa (que conjuntamente se denominan azúcar invertido), son mejores que la sacarosa. Por esta razón, los jarabes de azúcar invertido se usan frecuentemente en varios productos horneados que se elaboran sin levadura (Potter y Hotchkiss, 1995).

Los jarabes de maíz producidos por la hidrólisis del almidón, los cuales contienen glucosa, maltosa y dextrinas, también poseen la propiedad de retener agua en las galletas. Al momento de la cocción, los azúcares reductores intervienen en la intensidad del pardeamiento no enzimático o de la reacción de Maillard (García y Masip, 2018).

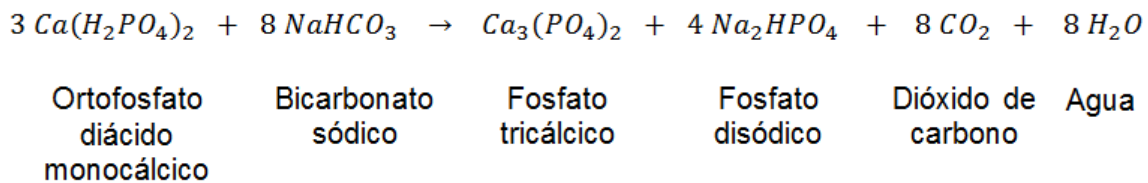
La reacción previamente mencionada se origina ante la presencia de aminoácidos, proteínas y péptidos, y se encuentra relacionada con la coloración de la superficie del producto. Esta reacción se da al momento de calentar una disolución de un azúcar reductor en una atmósfera seca (Coultate, 2007).

En las etapas iniciales de la reacción, el grupo carbonilo de las aldosas o cetosas reacciona con grupos aminos libres de moléculas de proteínas o aminoácidos, los que después de la deshidratación forman una imina, la cual se cicla y produce una glicosilamina. Las aldosilaminas, a través de la transposición Amadori, y las cetosilaminas, a través de la transposición de Heynz, son transformadas, respectivamente, en 1-amino-1-desoxicetosas y 2-amino-2-desoxialdosas. Finalmente, estos compuestos forman parte de una serie

compleja de reacciones que producen saborizantes, aromatizantes y pigmentos de color pardo (melanoidinas) (Herrera, Bolaños y Lutz, 2003).

7.4.1.5. Polvo de hornear

El polvo de hornear (levadura química) es utilizado en la fabricación de productos de panadería, contiene partículas de bicarbonato sódico (agente leudante), como una fuente de dióxido de carbono, y de un agente que es fuente de iones hidrógeno (el ortofosfato diácido monocálcico) para que el bicarbonato de sodio se hidrolice y forme ácido carbónico (H_2CO_3), el cual se descompone en dióxido de carbono y agua con el horneado (Potter y Hotchkiss, 1995).



Esta reacción se produce muy rápidamente, por lo tanto, se debe de controlar su velocidad y duración. Existen distintos polvos para hornear que difieren en sus tiempos y velocidades de reacción, por lo mismo se formulan para que produzcan el gas de una forma controlada, de acuerdo con el producto en el que se vaya a aplicar. Por ejemplo, para la producción de galletas se utiliza pequeñas proporciones de 0,3 % a 1,0 % con relación al peso de la harina (Manley, 1989).

7.4.1.6. Agua

Aproximadamente es la tercera parte de la cantidad de harina que se utiliza en la producción de galletas; sin embargo, la cantidad a utilizar de agua va

a depender de la harina y de su capacidad de absorción, así como del tipo de producto que se desee realizar. El agua es un elemento vital para dispersar los ingredientes y es esencial en el comportamiento reológico de las masas. Así mismo, es importante que el agua sea de buena calidad (García y Masip, 2018).

7.4.1.7. Potenciadores de sabor

Son sustancias que no aportan un sabor propio, sino que refuerzan el de los otros compuestos presentes. Deben ser aptos para consumo humano, de calidad comercial. La sal generalmente es utilizada como un potenciador de sabor en las galletas de masas dulces (Hinostroza, 2014).

7.4.1.8. Aditivos

Se pueden utilizar colorantes naturales o artificiales. La lecitina se puede usar como emulsificante, en dosis máxima de 1 % sobre la grasa. Para evitar el deterioro de las grasas presentes en las galletas, se puede agregar BHA (butilhidroxianisol), ácido gálico y otros autorizados en dosis máxima de 1 % sobre las grasas. Así mismo, como conservantes se pueden utilizar ácido propiónico y sus sales de sodio y de calcio en dosis máxima de 1,5 %, y ácido sórbico en dosis máxima de 1 % sobre las grasas. Y los leudantes permitidos son el ácido tartárico, ácido cítrico, bicarbonato de sodio, carbonato de amonio, entre otros, con una dosis máxima de 1 % sobre las grasas (Hinostroza, 2014).

Con el objetivo de obtener galletas libres de gluten de buena calidad y con una vida de anaquel aceptable se pueden utilizar los siguientes ingredientes como aditivos en las formulaciones establecidas a partir de harinas sin gluten (Sciarini, 2011):

- Hidrocoloides: como la goma xántica, la carboximetilcelulosa, los galactomananos, los derivados de almidón o proteínas como la gelatina, que proveen propiedades funcionales para diferentes aplicaciones en la industria alimenticia. Los hidrocoloides generalmente son utilizados para retener mayor cantidad de agua y para perfeccionar la textura de las galletas, lo que ayudará a mantener al producto con una buena calidad por más tiempo.
- Proteínas: las más utilizadas son las que se obtienen a partir de la leche con el fin de mejorar el sabor y la textura. Asimismo, se puede incluir huevo en polvo en las formulaciones libres de gluten, lo que ayudará a la formación de una red proteica, y por lo tanto influirá en la expansión durante el horneado.
- Enzimas: otra forma de mejorar las propiedades de las galletas sin gluten es utilizando enzimas como la transglutaminasa que favorecerá la formación de una red continua. De igual forma, se puede utilizar la glucosa oxidasa.

7.4.2. Etapas en el proceso de galletería

Para la elaboración de galletas existen diversos procesos; sin embargo, las etapas fundamentales son las siguientes:

7.4.2.1. Mezclado y dispersión de los ingredientes

La mezcla permite la unión de los ingredientes. Existen tres metodologías en la producción de galletas: cremado, mezcla en uno y amasado (Arista y Ramirez, 2018).

El cremado consiste en que los ingredientes se mezclan con la grasa para lograr una crema, a la cual se le adicionará la harina. En las galletas dulces, se combinan todos los ingredientes, exceptuando el agente químico y la harina, durante 10 minutos, pasado este tiempo se añade el agente químico (bicarbonato de sodio) y la harina. Se continúa con el mezclado hasta alcanzar la consistencia que se desea.

La mezcla en uno consiste en que los ingredientes se combinan en una misma etapa, hasta que se obtiene la masa con la consistencia deseada.

El método de amasado consta de dos fases: en la primera, se mezclan la grasa, el azúcar, los jarabes, los ácidos y las harinas para lograr una crema corta; en la segunda, se agrega el agua que contendrá la sal, los agentes alcalinos, entre otros, mezclándose hasta conseguir una masa que sea homogénea (Hinostroza, 2014).

7.4.2.2. Laminado

La laminación se basa en transformar la masa en una lámina con un grosor uniforme, con ayuda de un rodillo. Esta masa se deja en reposo para permitir su relajación. En esta etapa la masa se engrosa o se encoge (Gil, 2010).

7.4.2.3. Moldeado

La masa que fue laminada se corta mediante cortadores rotatorios o troquelados, dependiendo del mercado y del consumidor final. Las formas más comunes que se utilizan son las redondas (Gil, 2010).

7.4.2.4. Horneado

Este proceso consiste en colocar las bandejas con las porciones moldeadas de masa en el horno previamente calentado a una temperatura de 140 °C a 170 °C. Se puede realizar en cualquier tipo de horno durante 2,5 a 15 minutos. En esta etapa se disminuye la densidad de las piezas, desarrollando una estructura porosa que se da por los cambios durante la cocción, entre estos cambios pueden estar: la desnaturalización de proteínas, la gelificación del almidón, la expansión y rotura de burbujas, y la liberación de gases. Así mismo, la humedad baja hasta 1 % a 4 % y debido a la reacción de Maillard, la coloración de la superficie de la galleta cambia (Gil, 2010).

7.4.2.5. Enfriamiento

Las galletas que ya fueron horneadas se enfrían a temperatura ambiente para imposibilitar el cuarteamiento que generalmente se produce en galletas con un bajo contenido en grasa y azúcar. Así también, se enfría el almidón y comienza a disminuir a medida que la temperatura va descendiendo (Gil, 2010).

7.4.2.6. Empacado

El empaque debe de ser de un material resistente a la humedad, para que ésta no entre al producto, y que permita la salida de gases que se produzcan en el interior (Sanhueza, 2007).

Los materiales que normalmente se utilizan son: el polipropileno biorientado (BOPP) y el BOPP metalizado. En el caso del polipropileno biorientado, la orientación se refiere a una alteración mecánica y realineamiento de la estructura molecular del film. Es un empaque fuerte, durable y es una buena barrera para la humedad, lo cual le da mayor vida útil a los productos que son empacados con él. Tiene una densidad más baja que todas las películas comerciales, lo que le permite competir con otros plásticos. Y no cambia sus características de protección en climas extremos (Sanhueza, 2007).

El BOPP metalizado es un film de polipropileno biorientado, de alta barrera al vapor de agua, a la luz y al oxígeno. Posee tres capas, siendo la primera de polímero con tratamiento superficial y aluminio en su superficie, la segunda capa es de homopolímero, y la tercera de terpolímero con alta integridad de sello y bajo coeficiente de fricción. Es utilizado en laminaciones con otros films para envases de productos alimenticios como galletas, papas fritas y otros, que predice de alta hermeticidad (Sanhueza, 2007).

7.4.3. Especificaciones técnicas

Entre las especificaciones sensoriales se debe medir el color, olor y sabor característicos. En el aspecto de las galletas se debe considerar que el tamaño tiene que ser uniforme, dependiendo del tipo de galleta. El producto debe estar libre de fragmentos de insectos, pelos, heces fecales, o cualquier otra materia extraña objetable. Los ingredientes básicos son harina de trigo, azúcares, grasa, aceite vegetal comestible, sal yodatada, jarabe de azúcar invertido y agentes leudantes. Así mismo, se tienen ingredientes opcionales como lecitina, saborizantes, colorantes, emulsificantes, antioxidantes, y mejoradores de masa (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

Tabla V. **Propiedades fisicoquímicas en las galletas finas**

Galletas finas		
Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		6,0
pH	6,0	8,0
Cenizas %		1,5
Proteínas %	8,0	
Fibra cruda %		0,5
Extracto etéreo %	10,0	
Carbohidratos	Diferencia a 100	

Fuente: Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.*

Tabla VI. **Propiedades fisicoquímicas en las galletas entrefinas**

Galletas entrefinas		
Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8,0
pH	6,0	8,0
Cenizas %		2,0
Proteínas %	6,0	
Fibra cruda %		0,5
Extracto etéreo %	10,0	
Carbohidratos	Diferencia a 100	

Fuente: Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.*

Tabla VII. **Propiedades fisicoquímicas en las galletas comerciales**

Galletas entrefinas		
Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8,0
pH	6,0	8,0
Cenizas %		2,0
Proteínas %	6,0	
Fibra cruda %		0,5
Extracto etéreo %	5,0	
Carbohidratos	Diferencia a 100	

Fuente: Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.*

Tabla VIII. **Propiedades microbiológicas de las galletas**

Galletas entrefinas	
Mesofílicos aerobios	30 000 col/g
Hongos	10 col/g
Coliformes	Negativo
<i>E. coli</i>	Negativo

Fuente: Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.*

Las formulaciones de galletas dulces o suaves contienen una alta concentración de azúcar y manteca vegetal, y una baja cantidad de agua. Dentro de los métodos para hacer galletas dulces y saladas existen diferentes formulaciones, y para su elaboración se emplea el método del cremado. En la

tabla que se presenta a continuación, se tiene un ejemplo de formulación de una galleta dulce (Hinostroza, 2014):

Tabla IX. **Formulación de galleta dulce**

Ingredientes	Cantidad (%)
Harina suave	100,0
Azúcar	20,8
Sal	0,8
Bicarbonato de sodio	0,4
Grasa	16,1
Leche descremada	2,5
Agua	17,8
Lecitina	0,3
Huevo entero	1,0
Mantequilla	15,0

Fuente: Hinostroza (2014). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia (Citrus sinensis L.)*.

7.5. Análisis bromatológico

Los análisis bromatológicos son la evaluación química de la materia que compone a los nutrientes. Por lo tanto, un análisis bromatológico es un esquema de análisis proximal en el cual se determina la humedad, las cenizas, las grasas brutas, las proteínas y la fibra brutas de un alimento (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.1. Humedad

El agua no contribuye al valor nutritivo de un alimento, por el contrario, diluye el contenido de nutrientes sólidos que hace que el alimento sea más susceptible a la descomposición. Existen diversos métodos para la determinación de la humedad, uno de estos es utilizando un horno de aire de 100 °C – 105 °C, en el cual se ingresa una muestra del alimento y se determina por diferencia de peso entre el material seco y el material húmedo. Así mismo, se puede realizar la determinación de agua utilizando el método de Karl Fischer, específico para alimentos que poseen escasa humedad (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.2. Proteína cruda

El elemento característico de las proteínas es el nitrógeno, por lo tanto, los métodos de cuantificación de la proteína se basan en la determinación del contenido de nitrógeno de la muestra. El método por el cual se efectúa la evaluación es Kjeldahl, que mide el nitrógeno orgánico total mediante la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado caliente (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.3. Cenizas

La ceniza es el residuo de la calcinación en seco de la muestra, es decir, la eliminación del agua y la materia orgánica. Es un buen punto de partida para el análisis individual de nutrientes minerales presentes como el calcio, hierro, fósforo, entre otros. Para determinar este contenido de ceniza se utiliza un crisol, una mufla y un desecador (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.4. Grasa cruda

Los aceites y grasas presentes en la muestra seca son extraídos para cuantificarse con disolvente orgánico, generalmente éter etílico o éter de petróleo. Para determinar el contenido de grasa se utiliza el aparato de extracción Soxhlet (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.5. Fibra cruda

Es una mezcla heterogénea de carbohidratos (celulosa y hemicelulosa) y otros materiales (ligninas). Este método permite determinar el contenido de fibra de la muestra, después de ser digerida con soluciones de hidróxido de sodio y ácido sulfúrico. La diferencia de pesos después de la calcinación indica la cantidad de fibra (Greenfield y Southgate, 2006).

7.5.6. Carbohidratos

El carbohidrato es una sustancia orgánica sólida, que es parte del almacenamiento energético de las células vegetales y animales. Este valor se estima por diferencia, restando del 100 % los porcentajes de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y cenizas (Greenfield y Southgate, 2006).

7.6. Análisis sensorial

El análisis sensorial lo realiza una persona desde que está en la etapa de la infancia, el cual le permite decidir si acepta o rechaza los alimentos dependiendo de las sensaciones que experimenta al observarlos o ingerirlos (Sancho, Bota y De Castro, 1999).

Siempre surge la necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor, lo que obliga a que se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial. Por esto, las técnicas de control de calidad de los productos alimenticios son de gran importancia (Ramírez-Navas, 2012).

Para que este análisis sea fiable, es necesario objetivar los términos y condiciones que puedan influir en las pruebas. Las cuales deben realizarse con el objetivo de que las conclusiones que se obtengan sean cuantificables y reproducibles (Sancho, Bota y De Castro, 1999).

Por lo tanto, el análisis sensorial se puede definir como el examen de los caracteres organolépticos de un producto realizado mediante los sentidos, obteniendo con estos datos cuantificables y objetivables (Sancho *et al.*, 1999).

7.6.1. Pruebas de aceptación

Estas pruebas son conocidas como hedónicas o de nivel de agrado, y son un componente importante de los análisis sensoriales. Son empleadas con el fin de establecer el grado de aceptabilidad que tiene un producto por parte de los consumidores, es decir, mediante estas pruebas el consumidor determinará que tanto le desagrada o agrada un producto. Para esto, se pueden utilizar pruebas de escalas con diferentes categorías, pruebas de ordenamiento, y pruebas de comparación simultánea entre dos muestras (Ramírez-Navas, 2012).

7.6.2. Prueba hedónica

La escala de nueve puntos es la que más se utiliza; sin embargo, existen de 3, 5 y 7 puntos, al igual que se tiene una escala gráfica donde se utiliza una

carita con diferentes expresiones. Esta prueba es la recomendada para todo tipo de estudios donde el objetivo principal es determinar el grado de aceptación del consumidor. Cuando se realiza esta prueba se le pide a un grupo de personas (panelistas), que evalúen las diferentes muestras de productos que estarán codificadas, y que se presentarán en recipientes iguales. Esto lo podrán hacer al marcar la opción que elijan en la encuesta que tendrá categorías *desde me disgusta mucho* hasta *me gusta mucho* (Ramírez-Navas, 2012).

Seguido de la presentación de las muestras y de que los panelistas respondan las encuestas, se deben tabular los puntajes obtenidos para dichas muestras y realizar un análisis estadístico, en este caso se puede utilizar un análisis de varianza conocido como ANOVA junto con una prueba de Tukey, y así poder establecer las diferencias significativas entre los resultados de las muestras (Ramírez-Navas, 2012).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTEDECENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la quínoa

2.1.1 Descripción

2.1.2 Clasificación

2.1.3 Propiedades de la quínoa

2.1.4 Harina de quínoa y su procesamiento

2.2 Generalidades del ajonjolí

2.2.1 Descripción

2.2.2 Clasificación

2.2.3 Propiedades del ajonjolí

2.2.4 Harina de ajonjolí y su procesamiento

2.3 Harinas sin gluten

- 2.3.1 Propiedades de las harinas sin gluten
- 2.3.2 Harinas sin gluten: usos
- 2.3.3 La enfermedad celíaca
- 2.4 Galletas
 - 2.4.1 Materias primas y aditivos
 - 2.4.1.1 Harina
 - 2.4.1.2 Huevo
 - 2.4.1.3 Grasa
 - 2.4.1.4 Sacarosa
 - 2.4.1.5 Polvo para hornear
 - 2.4.1.6 Agua
 - 2.4.1.7 Potenciadores de sabor
 - 2.4.1.8 Aditivos
 - 2.4.2 Etapas en el proceso de galletería
 - 2.4.2.1 Mezclado y dispersión de los ingredientes
 - 2.4.2.2 Laminado
 - 2.4.2.3 Moldeado
 - 2.4.2.4 Horneado
 - 2.4.2.5 Enfriamiento
 - 2.4.2.6 Empacado
 - 2.4.3 Especificaciones técnicas
- 2.5 Análisis Bromatológico
 - 2.5.1 Especificaciones técnicas
 - 2.5.2 Humedad
 - 2.5.3 Proteína cruda
 - 2.5.4 Cenizas
 - 2.5.5 Grasa cruda
 - 2.5.6 Fibra cruda
 - 2.5.7 Carbohidratos

- 2.6 Análisis sensorial
 - 2.6.1 Pruebas de aceptación
 - 2.6.2 Prueba hedónica

- 3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA GALLETA
 - 3.1 Fabricación de la harina de quínoa y ajonjolí
 - 3.2 Elaboración de la galleta
 - 3.2.1 Formulación de la galleta
 - 3.3 Evaluación sensorial

- 4. EVALUACIÓN NUTRICIONAL
 - 4.1 Fabricación de la harina de quínoa y ajonjolí
 - 4.2 Elaboración de la galleta
 - 4.3 Preparación de la muestra
 - 4.4 Métodos de análisis

- 5. DETERMINACIÓN DE COSTOS
 - 5.1 Costo de materia prima
 - 5.2 Costo del proceso

- 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El presente estudio es de tipo cuantitativo descriptivo, debido a que considera el fenómeno de la formulación de una galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa y harina de ajonjolí. A través de este, se medirán las propiedades y se definirán las variables de formulación.

9.1. Diseño de investigación

Se realizará un diseño de investigación de tipo experimental, ya que se hará una toma de datos a nivel de laboratorio al realizarse las diferentes formulaciones. Las muestras serán no probabilísticas, debido a que se realizarán múltiples combinaciones de los ingredientes para obtener los mejores resultados.

9.2. Variables del estudio

En la tabla X, se presenta la descripción de las variables que serán evaluadas en el presente estudio.

Tabla X. **Descripción de variables**

Variab les	Definición conceptual	Definición operacional
Composición (x)	Cantidad en masa de cada elemento presente en un compuesto o en un todo.	Fórmula en porcentaje de la harina de quínoa, de la harina de ajonjolí, de la premezcla de vitaminas y minerales, de la cocoa en polvo y demás ingredientes de galletería (%).
Costo	Cantidad de dinero que se paga por algo.	Costo de producir galletas vitaminadas fuentes de proteína sabor a chocolate (Q).
Aceptabilidad (A)	Al momento en el que un panel sensorial emite su opinión mediante una prueba hedónica, se obtiene como resultado un porcentaje de aceptabilidad.	Calificación que se le da a la galleta después de su degustación y calificación (%).
Humedad (H)	El grado de humedad está directamente relacionado, con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de los poros.	El contenido de humedad se puede calcular mediante la siguiente formula: $P = ((W - D) / D) \times 100$ Donde, P: es el contenido de humedad (%) W: es la masa inicial de muestra (kg) D: es la masa de la muestra seca (kg).
Peso (w)	Medida de la fuerza con la que la Tierra atrae a un cuerpo por acción de la gravedad.	Peso de las galletas (g)
Tiempo (t)	Es un periodo determinado en el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Tiempo de horneado de cada una de las diferentes formulaciones (min).
Temperatura (T)	Nivel térmico de un cuerpo.	Temperatura de horneado de las galletas (°C)

Continuación de tabla X.

Cantidad de fibra (F _c)	La fibra es el filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales.	Cálculo del valor nutricional de la galleta, utilizando el método del laboratorio externo, en peso (g) y en porcentaje (%).
Cantidad de Proteínas (P)	Una proteína es una sustancia química que forma parte de la estructura de las membranas celulares.	Cálculo del valor nutricional de la galleta, utilizando el método del laboratorio externo, en peso (g) y en porcentaje (%).
Cantidad de grasa (G)	Es la sustancia orgánica que generalmente es sólida a temperatura ambiente, y que se encuentra en el tejido adiposo de animales y en vegetales.	Cálculo del valor nutricional de la galleta, utilizando el método del laboratorio externo, en peso (g) y en porcentaje (%).
Cantidad de carbohidratos (C)	El carbohidrato constituye las reservas energéticas de las células animales y vegetales.	Cálculo del valor nutricional de la galleta, utilizando el método del laboratorio externo, en peso (g) y en porcentaje (%).
Cenizas (c)	Es el residuo orgánico que se obtienen luego de calcinar la materia orgánica.	Valor obtenido a partir de un análisis bromatológico (%)

Fuente: elaboración propia.

9.3. Fases del estudio

Estas fases comprenden la exploración bibliográfica y la elaboración de harinas.

9.3.1. Fase 1: exploración bibliográfica

Se hará una exploración sobre los conceptos generales de la quínoa y del ajonjolí, sus propiedades y sus usos. Se realizará una recopilación de documentos sobre las harinas sin gluten y las propiedades de las mismas. Se

tratará el tema de las galletas desde su proceso de elaboración, su formulación y los controles nutricionales que implica. Para la elaboración de una galleta a base de harina de quínoa y harina de ajonjolí, se requiere el procesamiento de dichas harinas, por lo que se expondrán las etapas necesarias para su transformación. Finalmente, se proporcionará un contexto sobre las pruebas fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales a realizar en las galletas.

9.3.2. Fase 2: elaboración de las harinas

Para la elaboración de las harinas se deben de tomar en cuenta las siguientes etapas.

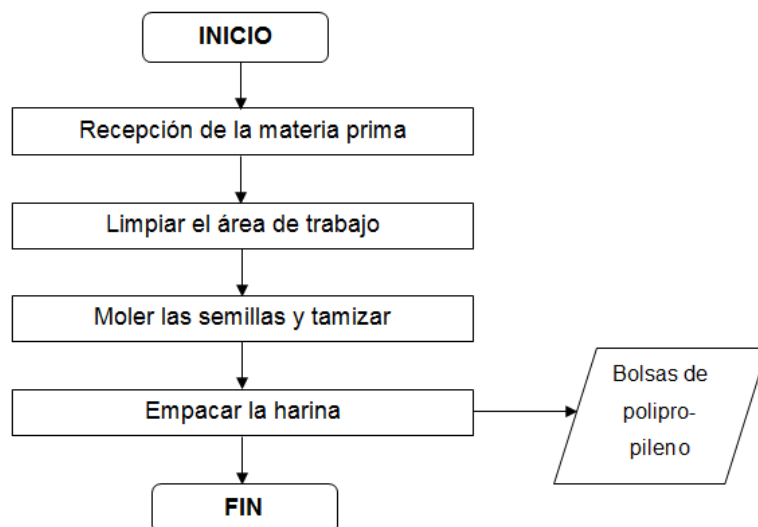
9.3.2.1. Definición de las etapas para la elaboración de las harinas

- Recepción e inspección de la materia prima: en esta etapa se verifica que las semillas tanto de ajonjolí, como la de quínoa, estén en buenas condiciones.
- Limpieza: el objetivo de esta etapa es separar las impurezas de las semillas de ajonjolí y de quínoa mediante un soplado. En el caso de la quínoa, si el proveedor no la ha desaponificado, se debe realizar este proceso mediante un lavado por turbulencia y agitación.
- Secado: puede ser natural, colocando los granos en capas finas y exponiéndolos a la acción del aire por 15 días máximo, o se pueden secar utilizando bandejas de aluminio y un horno.

- Molienda: en esta etapa se muele el ajonjolí y la quínoa, para lo cual se puede utilizar un procesador de alimentos. El fin de la molienda es obtener harina con partículas finas.
- Tamizado: las harina obtenida se tamiza utilizando mallas de 300 μm , para obtener un mayor rendimiento.
- Almacenamiento: para evitar que la harina se contamine, se almacena en una bolsa de PEAD hasta el momento en el que se utilizará.

A continuación, se presenta el diagrama de proceso de la harina de quínoa y de la harina de ajonjolí.

Figura 1. **Diagrama de proceso de la harina de quínoa y de la harina de ajonjolí**



Fuente: elaboración propia.

9.3.2.2. Selección de equipos

A partir de las etapas del proceso de la harina, se seleccionaron los siguientes equipos:

- Horno de gas Whirlpool, temperatura máxima de 250 °C.
- Molino de cuchillas marca Braun Aromatic.
- Tamiz.
- Balanza digital CAMRY.

9.3.3. Fase 3: elaboración de la galleta

La formulación y las etapas para elaborar una galleta se describen a continuación.

9.3.3.1. Formulación de la galleta

Se realizarán diferentes formulaciones de una galleta fortificada sin gluten, elaboradas a partir de ingredientes propios de galletería, de una cantidad estándar de cacao, de una premezcla de vitaminas y minerales, y de diferentes porcentajes de harina de quínoa y harina de ajonjolí. Se determinarán las dos formulaciones que cumplan con los criterios de selección.

En la tabla XI, se establecen los criterios de selección para determinar las dos formulaciones.

Tabla XI. **Criterios de selección para determinar las dos formulaciones óptimas**

Características sensoriales	Formulaciones	
	111	222
Apariencia		
Color		
Olor		
Sabor		
Textura		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XII, se establece la composición porcentual de las dos formulaciones por elaborar.

Tabla XII. **Formulación de las dos galletas, elaboradas a base de harina de quínoa y harina de ajonjolí**

Ingredientes	Formulaciones	
	111	222
Harina de Quínoa (%)		
Harina de Ajonjolí (%)		
Cocoa en polvo (%)		
PREMIX KEL 003 (%)		
Aditivo 1		
Aditivo 2		
Aditivo 3		
Aditivo 4		
Aditivo 5		
Aditivo 6		
Total		

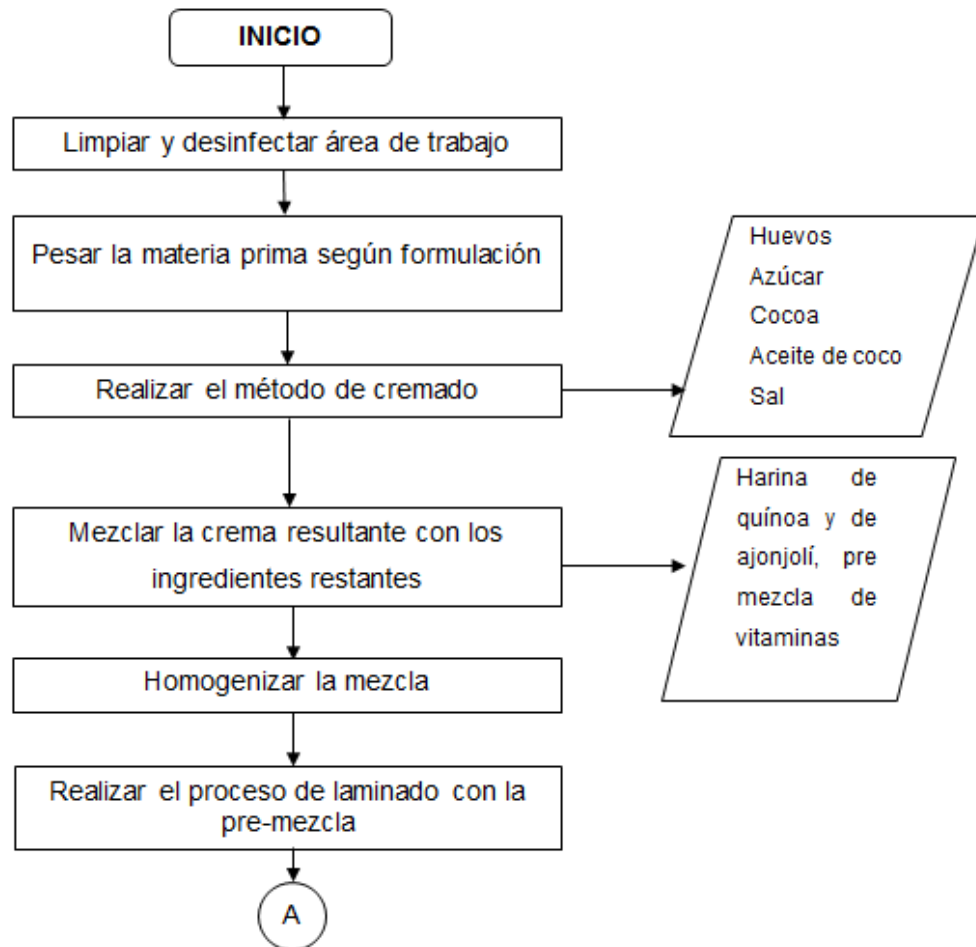
Fuente: elaboración propia.

9.3.3.2. Etapas en la elaboración de la galleta

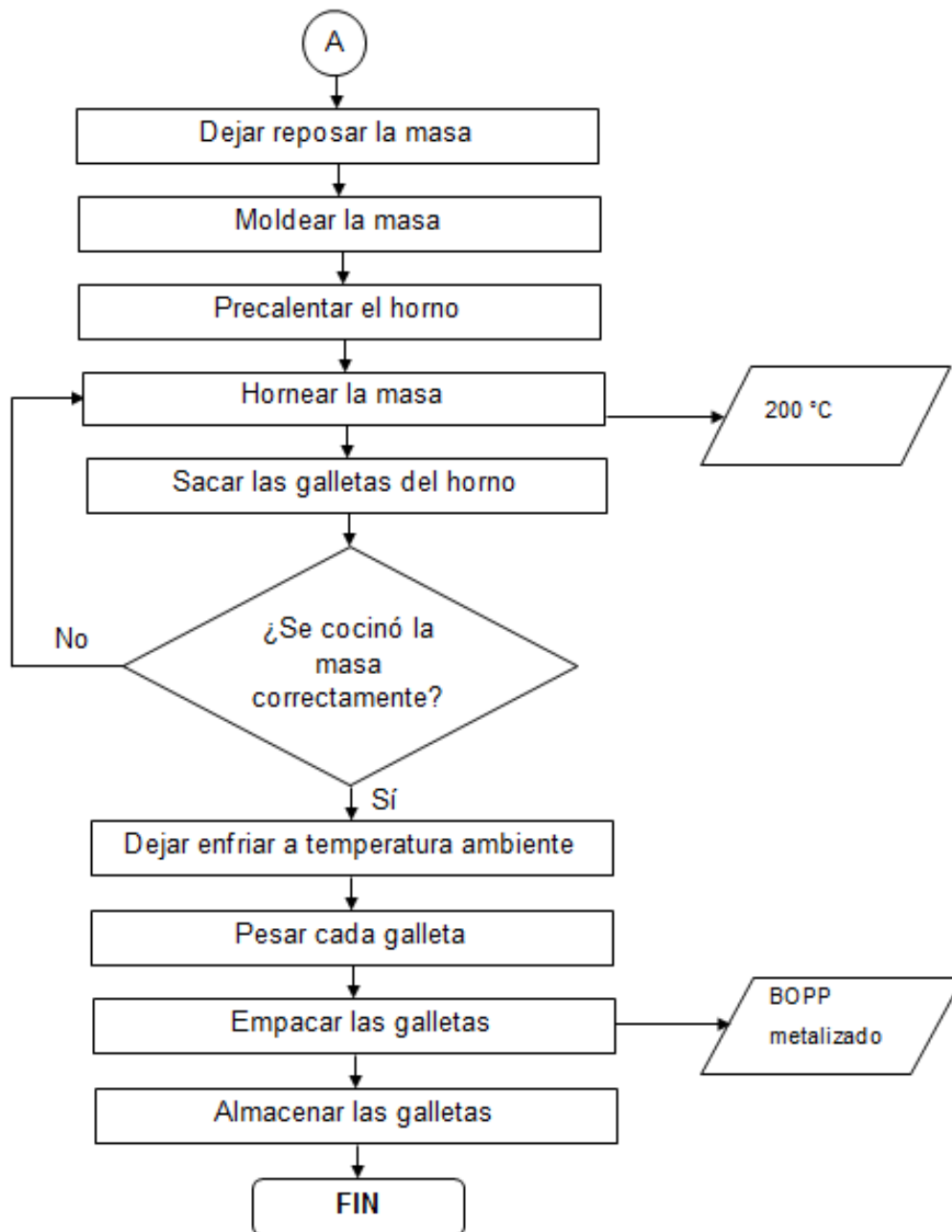
- Mezclado y dispersión de los ingredientes: para esto se determinará si se mezclaran los ingredientes mediante la metodología del cremado, mezcla en uno o amasado. Esta etapa tiene la finalidad de conseguir una masa homogénea.
- Laminado: en esta etapa se transformará la masa en una lámina con un grosor uniforme, con ayuda de un rodillo.
- Moldeado: la masa laminada se deberá cortar utilizando cortadores rotatorios o troquelados.
- Horneado: en esta etapa se colocarán las bandejas con las porciones moldeadas de masa dentro del horno previamente calentado de 140 °C a 170 °C. El tiempo de horneado varía de 2.5 a 15 minutos.
- Enfriamiento: las galletas horneadas se enfriarán a temperatura ambiente.
- Empacado: se empacarán con un material resistente a la humedad como polipropileno biorientado (BOPP) o el BOPP metalizado.

El proceso de elaboración de la galleta se presenta en el siguiente diagrama:

Figura 2. Diagrama de proceso de elaboración de la galleta



Continuación figura 2.



Fuente: elaboración propia.

9.3.4. Fase 4: evaluación sensorial

Se elaborará un instrumento diseñado en base a una escala hedónica para determinar la evaluación sensorial del producto de galletería.

9.3.4.1. Determinación prueba

Se realizará prueba de preferencia apareada a nivel laboratorio para la evaluación sensorial de las 2 galletas, donde se utilizará un instrumento que será diseñado en base a una escala hedónica de cinco puntos, donde se utilizarán valores de 1 a 5 que corresponden a los siguientes parámetros: me disgusta mucho (1), me disgusta levemente (2), no me gusta ni me disgusta (3), me gusta levemente (4), me gusta mucho (5).

9.3.4.2. Preparación del panel

Para la prueba a nivel laboratorio, se utilizará un panel no entrenado conformado por 30 personas, las cuales deben no haber consumido algún alimento y/o bebida ni haberse lavado los dientes, media hora antes de la prueba.

9.3.4.3. Metodología de evaluación

Se usará prueba pareada entre dos muestras. A cada panelista se le entregará un formato en el cual se establecerán los parámetros anteriormente mencionados para que evalúen los atributos de las galletas (color, olor, sabor y textura), y se le proveerá muestras de galletas codificadas. Entre cada muestra que pruebe el panelista, deberá enjuagarse el paladar con agua purificada.

En la tabla XIII, se puede observar el formato que llenarán los panelistas.

Tabla XIII. Prueba de preferencia apareada

Aceptabilidad sensorial de una galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa (*Chenopodium quinoa*) y harina de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) sabor a chocolate

Nombre: _____ Carné: _____

Edad: _____ Fecha: _____

Instrucciones: frente a usted se presenta una muestra de galleta sabor a chocolate, elaborada a base de harina de quínoa y harina de ajonjolí. Por favor, observe y deguste la muestra. Indique con una X el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de esta.

Color	Olor
Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>
Me disgusta levemente <input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente <input type="checkbox"/>
No me gusta ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta <input type="checkbox"/>
Me gusta levemente <input type="checkbox"/>	Me gusta levemente <input type="checkbox"/>
Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>

Sabor	Textura
Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>
Me disgusta levemente <input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente <input type="checkbox"/>
No me gusta ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta <input type="checkbox"/>
Me gusta levemente <input type="checkbox"/>	Me gusta levemente <input type="checkbox"/>
Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>

¡Gracias por su colaboración!

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV, se establecen los resultados de las calificaciones de las características sensoriales.

Tabla XIV. **Resultados de las calificaciones de las características sensoriales, obtenidos a partir de la evaluación sensorial de las galletas**

Panelista no entrenado	Característica sensorial							
	Olor		Color		Sabor		Textura	
	111	222	111	222	111	222	111	222
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								

Continuación de tabla XIV.

27
28
29
30

Fuente: elaboración propia.

9.3.5. Fase 5: análisis de control de calidad de la galleta

Una entidad externa realizará los análisis fisicoquímicos y bromatológicos en los que se evaluará el peso de la galleta, el espesor, la humedad, cenizas, grasas, proteínas y carbohidratos. Por esto, se expondrá la metodología general que se utilizará para determinar los parámetros establecidos.

9.3.5.1. Análisis fisicoquímicos

- **Peso de la galleta:** se tomarán 5 muestras de la formulación con mayor aceptación general y se pesarán utilizando una balanza.
- **Espesor de la galleta:** se tomarán 5 muestras y se les medirá su espesor utilizando un vernier.
- **Humedad:** en este análisis se utiliza un horno de aire, y se basa en el secado de una muestra a 105 °C y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y el material húmedo.

En la tabla XV, se establecen los resultados de los análisis fisicoquímicos.

Tabla XV. **Resultados de análisis fisicoquímicos de la galleta con mayor aceptabilidad general**

Parámetro	Formulación
	XXX
Peso de la galleta (g)	
Espesor (mm)	
Humedad (%)	

Fuente: elaboración propia.

9.3.5.2. Análisis bromatológicos

- Proteína cruda: el método por el cual se realiza este análisis es mediante Kjeldahl, que mide el nitrógeno orgánico total mediante la digestión de la materia orgánica utilizando ácido sulfúrico concentrado.
- Cenizas: para determinar el contenido de ceniza se utiliza un crisol, una mufla y un desecador. El objetivo de este análisis es el residuo de la calcinación en seco de la muestra.
- Grasa cruda: en este análisis los aceites y las grasas presentes en la muestra seca son extraídos con disolvente orgánico para cuantificarlos, para dicha extracción se utiliza el aparato Soxhlet.
- Fibra cruda: este método consiste en que la muestra sea digerida con soluciones de hidróxido de sodio y ácido sulfúrico, y seguidamente calcinada. La diferencia de pesos después de que la muestra fue calcinada indica la cantidad de fibra.

- Carbohidratos: este valor se obtiene al restar del 100 % los porcentajes de proteína cruda, grasa cruda, cenizas y fibra cruda.

En la tabla XVI, se muestran los resultados de los análisis bromatológicos.

Tabla XVI. **Resultados de análisis bromatológicos de la galleta con mayor aceptabilidad general**

Parámetro	Formulación XXX
Proteína cruda (%)	
Cenizas (%)	
Grasa (%)	
Fibra cruda (%)	
Carbohidratos (%)	

Fuente: elaboración propia.

9.3.6. Fase 6: cumplimiento regulatorio para el producto preenvasado

Se realizarán los análisis de vitaminas y minerales en un laboratorio externo para comprobar que la galleta es fortificada según el RTCA 67.01.60:10, así como etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años.

En la tabla XVII, se muestran los resultados de los análisis.

Tabla XVII. **Resultados de análisis de vitaminas y minerales de la galleta**

Parámetro	Formulación XXX
Vitamina A	
Vitamina B-12	
Tiamina	
Niacina	
Riboflavina	
Hierro	
Zinc	

Fuente: elaboración propia.

9.3.7. Fase 7: presentación y discusión de resultados

Se presentará la formulación de la galleta vitaminada fuente de proteína con mayor valor nutricional, sus propiedades fisicoquímicas y bromatológicas. Se darán los resultados de los análisis y pruebas sensoriales.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Los resultados para determinar la aceptabilidad general de la galleta se obtendrán mediante la estadística descriptiva.

Se realizaron 2 formulaciones de galletas fortificadas sabor a chocolate, elaboradas a base de ingredientes propios de la galletería, de una cantidad estándar de cocoa en polvo, de una premezcla de vitaminas y minerales, y de diferentes porcentajes de harina de quínoa y harina de ajonjolí. Se les realizará una evaluación sensorial mediante una prueba con escala hedónica de 5 puntos. A la formulación con mayor aceptabilidad general, se le evaluará la humedad, cenizas, grasas, proteínas y carbohidratos.

Para el análisis de la información obtenida se utilizarán las siguientes técnicas:

- Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las harinas de quínoa y ajonjolí.
- Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la galleta.
- Tabla de datos para las dos formulaciones.
- Formulario de escala hedónica de 5 puntos de la galleta no. 1
- Formulario de escala hedónica de 5 puntos de la galleta no. 2

- Tabla de registro para resultados de la evaluación sensorial de las galletas.
- Tabla de registro para resultados de análisis fisicoquímicos para la galleta con mayor aceptabilidad.
- Tabla de registro para resultados de análisis de vitaminas y minerales para la galleta con mayor aceptabilidad.

Las herramientas de estadística descriptiva serán:

- Análisis de varianza de los resultados de la evaluación sensorial para comparar las 2 formulaciones.
- Media de resultados de las repeticiones que se realicen para los análisis bromatológicos, fisicoquímicos, y análisis de vitaminas y minerales, de la galleta.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta en la tabla XVIII, un cronograma de la ejecución de la investigación por desarrollar. Este se presenta de acuerdo con las fases definidas en la metodología

Tabla XVIII. Cronograma de la investigación

Actividades	Año 2022																											
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
	Semanas																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Fase 1: exploración bibliográfica.	█	█																										
2. Fase 2: elaboración de las harinas.			█	█	█																							
3. Fase 3: elaboración de la galleta.					█	█	█	█	█																			
4. Fase 4: evaluación sensorial.									█	█	█	█	█															
5. Fase 5: análisis de control de calidad de la galleta.																	█	█	█	█								
6. Fase 6: cumplimiento regulatorio de producto envasado.																	█	█	█	█								
7. Fase 7: presentación y discusión de resultados.																					█	█	█	█	█	█	█	█

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio se llevará a cabo en diferentes fases, el proceso de elaboración de las galletas que se realizará en las instalaciones de un laboratorio, las evaluaciones sensoriales se realizarán en la Universidad de San Carlos de Guatemala por panelistas no entrenados. El análisis bromatológico y físico químico que se evaluará en el laboratorio de bromatología de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por último, el análisis de vitaminas y minerales que se realizará en un laboratorio externo. A continuación, en la tabla XIX se presenta un detalle de los gastos que se proyectan para la realización del estudio.

Tabla XIX. **Gastos del estudio**

Material	Costo unitario (Q)	Observación
Materia prima	Q 1 000,00	Semillas de quínoa, de ajonjolí, premezcla de vitaminas, cacao en polvo, e ingredientes de galletería.
Gasto del proceso	Q 600,0	Gas, luz y agua.
Análisis de control de calidad de la galleta	Q 2 500,00	
Análisis para vitaminas y minerales	Q4 000,00	
Papelería	Q 250,00	
Análisis sensorial	Q300,00	Panelista
COSTO TOTAL	Q8 650.00	

Fuente: elaboración propia.

Los gastos serán sufragados en su totalidad por el estudiante. Dado que la cantidad es asequible, la realización del estudio es posible.

REFERENCIAS

1. Academia del área de plantas piloto de alimentos. (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos*. México, México: Editorial LIMUSA, S.A. Recuperado de: <https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>
2. American Egg Board. (2012). *The incredible edible egg Eggyclopedia* (Vol. 15). Chicago, Illinois, Estados Unidos: American Egg Board (AEB). Recuperado de <https://www.iowaegg.org/filesimages/eggyclopedia-fifth-edition.pdf>
3. Arista, J. y Ramírez, L. (2018). *Sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (Chenopodium quinoa W.) y chía blanca (Salvia hispánica L.) usando glicerol en la elaboración de galletas enriquecidas*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Del Santa de Perú. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3051>
4. Altschul, A. y Wilcke, H. (2013). *New Protein Foods: Seed Storage Proteins, Volume 5*. Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Academic Press. Recuperado de: <https://books.google.com.gt/books?id=fcXYBAAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

5. Bonilla, G.; Turcios, E. y Sánchez, O. (2021). *Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua, en el departamento de Jalapa*. Guatemala: Dirección General de Investigación de Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2020-07.pdf>
6. Carrillo, D. (2008). *Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harinas de arroz y quinua libres de gluten*. (Tesis de maestría). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manabí, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1190/1/ULEAM-POSG-CTA-0007.pdf>
7. Cervantes, M. (2012). *Evaluación de los niveles de proteína y aceite en la semilla de ajonjolí (Sesamun Indicum) nacional de los cultivares criollos (R-198, estándar y trébol), en su estado natural vrs ajonjolí descortezado*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0176.pdf
8. Chimborazo, E. (2015). *Elaboración de harina de ajonjolí (Sesamum indicum), para sustituir la harina de trigo en la elaboración de galletas*. (Tesis de licenciatura), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10473>
9. Corporación PBA (2013). *Guía para el manejo integrado del cultivo de Ajonjolí*. Colombia: Red de productores de Ajonjolí de la Región Caribe colombiana.

10. Coultate, T. (2007). *Manual de Química y bioquímica de los alimentos*. Londres, Reino Unido: Acribia, Editorial, S.A.
11. Cuadrado, S. (2012). *La quinua en el Ecuador situación actual y su Industrialización*. (Tesis de maestría), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5221>
12. Cuba, A. y Lovon, Y. (2018). *Formulación de una premezcla panadera a base de harina de semillas: chíá (Salvia hispánica L.), linaza (Linum usitatissimum L.) y ajonjolí (Sesamum indicum L.). Para la elaboración de un pan tipo molde con bajo contenido de carbohidratos*. (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/75>
- De Mera, E. (2017). *Análisis Gastronómico de la Semilla Ajonjolí (Sesamun Indicum) en la ciudad de Guayaquil* (tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20739>
13. FAO. (2011). *La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
14. Fennema, O. (1996). *Food Chemistry* [Química de alimentos]. Nueva York, Estados Unidos: Marcel Dekker, INC. Recuperado de: <https://books.google.com.gt/books?id=1OhFPZ7tFz8C&lpg=PA53&dq=Food%20Chemistry%2C%20Third%20Edition%20cookies&p>

g=PP10#v=onepage&q=Food%20Chemistry,%20Third%20Edition
%20cookies&f=false

15. García, J. y Masip, F. (2018). *Elaboración de confitería y otras especialidades*. Madrid, España: Síntesis, S.A. Recuperado de <https://www.sintesis.com/data/indices/9788491711933.pdf>
16. Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Argentina: Ed. Médica Panamericana. <https://books.google.com.gt/books?id=hcwBJ0FNvqYC&lpg=PR3&pg=PR3#v=onepage&q&f=false>
17. Greenfield, H. y Southgate, D. (2006). *Datos de composición de alimentos*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>
18. Guerrero, K.; Hernández, D. y Acosta, H. (2013). *Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quinua*. Colombia: Alimentos hoy. Recuperado de: <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/231/224>
19. Hernández, J. (2012). *Formulación y evaluación de panes para celíacos*. (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/516?show=full>
20. Hernández-Monzón, A.; García-Pedroso, D.; Calle-Dominguez, J. y a-Duarte, C. (2014). Desarrollo de una galleta dulce con ajonjolí tostado *Química*, 34(3), 240-250. Recuperado de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300003&lng=es&tlng=en.

21. Herrera, C.; Bolaños, N. y Lutz, G. (2003) *Química de alimentos, manual de laboratorio*. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de:
<https://books.google.com.gt/books?id=8VpJ8foyDiIC&lpg=PP8&hl=es&pg=PP8#v=onepage&q&f=true>
22. Hinostroza, P. (2014). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia (Citrus sinensis L.)*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Recuperado de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1887>
23. IICA. (2015). *El mercado y la producción de Quinoa en el Perú*. Perú: Autor.
24. INPhO. (2013). *Quinoa: Operaciones de Poscosecha*. Lima, Perú: Instituto de desarrollo agroindustrial.
25. López, J. y Paredes, K. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum vulgare) por harina de ajonjolí (Sesamum indicum L.) desgrasada y harina de arveja (Pisum sativum) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Santa. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3117>

26. Manley, D. (1989). *Tecnología de la industria galletera*. España: Acribia, Editorial, S.A.
https://books.google.com.gt/books?id=h0ZbPwAACAAJ&dq=inautor:%22D.+J.+R.+Manley%22&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y
27. Mera-Carbo, M.; Parraga-Álava, C.; Muñoz-Murillo, P. y Verduga-López, C. (2020). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp.*) por harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) en galletas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(1), 56-60. Recuperado de: <https://www.revcitecal.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/91/76>
28. Ortiz, S. (2017). *Desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base harina de arroz, quínoa y chíá destinadas a regímenes alimenticios sin gluten*. (Tesis doctoral) Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Recuperado de: <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/18215>
29. Potter, N. y Hotchkiss, J. (1995). Cereales, leguminosas y semillas oleaginosas. *Ciencia de los alimentos* pp. 422 – 438.
30. PROINPA. (2003). *Catalogo Quinoa Real*. La Paz, Bolivia. Impresiones Poligraf.
31. Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 12(1), 84-102.
32. Reglamento Técnico Centroamericano (2012). *RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para*

consumo humano para la población a partir de 3 años.
Centroamérica:

33. Robles, R. (1991). *Producción de oleaginosas y textiles*. México: Editorial LIMUSA, S.A.
34. Rodríguez, P. (2015). *Elaboración de galletas sin gluten con mezclas de harina de Arroz-Almidón-Proteína* (Tesis de maestría). Universidad de Valladolid. España. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/15107>
35. Rosas, C. (2019). *Aceptabilidad y contenido de hierro en barritas de chocochips de sangrecita con semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y linaza (*Linum usitatissimum*)* (Tesis de maestría). Universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3570>
36. Sancho, J.; Bota, E. y De Castro, J. (1999) *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. https://books.google.com.pe/books?id=-cw1_dn02l8C&lpg=PP1&hl=es&pg=PA6#v=onepage&q&f=false
37. Sanhueza, F. (2007). *Desarrollo de Galletón de quínoa (*Chenopodium quinoa willd*) con nuez*. (Tesis de licenciatura) Universidad de Chile, Chile. Santiago de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105626>

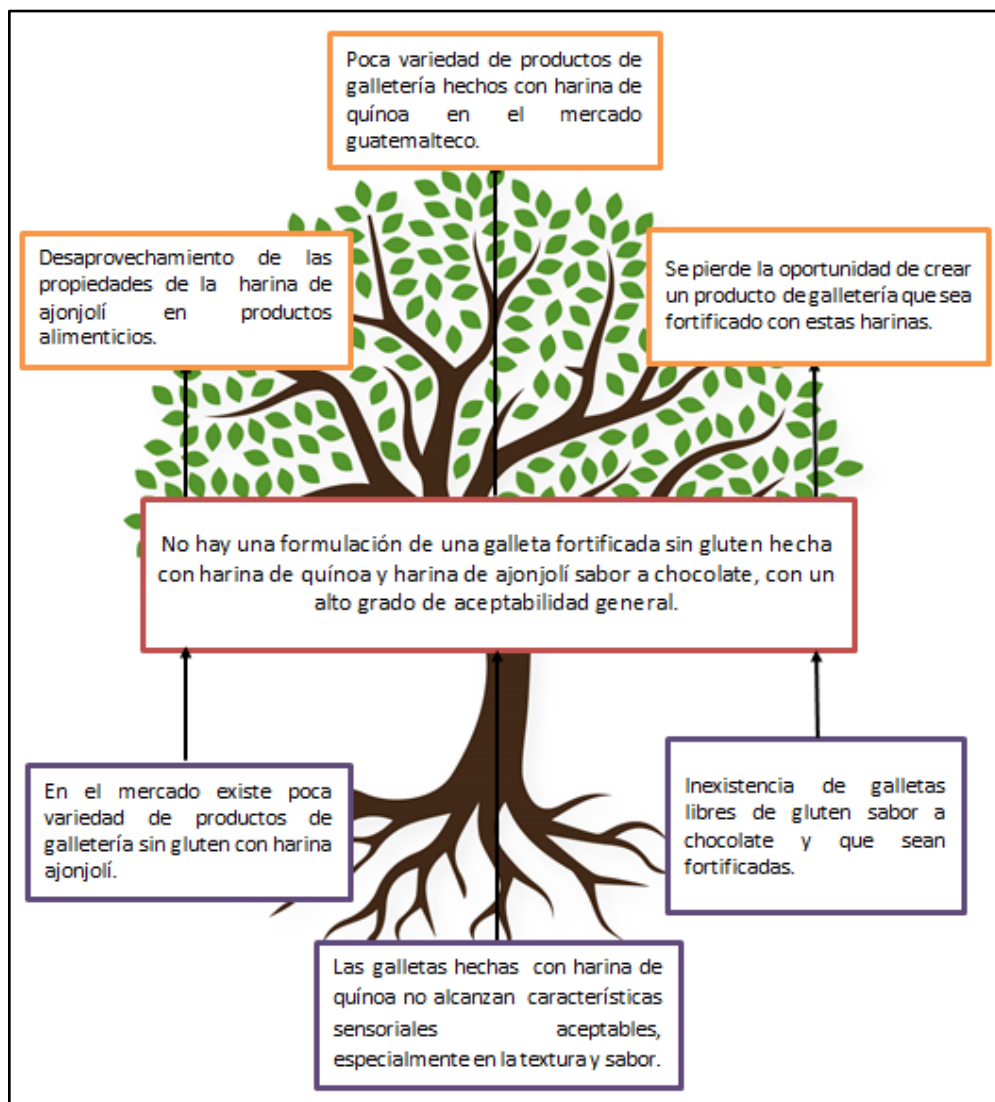
38. Sciarini, L. (2011). *Estudio del efecto de diferentes aditivos sobre la calidad y la conservación de panes libres de gluten* (tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata. Argentina. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2637>

39. USDA (2016). *Bases de datos de composición de alimentos: semillas, semillas de sésamo, entero, seco*. Washington D.C. Autor.

40. Vaca, F.; Vásquez, J.; Vásquez, V. y Vásquez, J. (26 de marzo 2001). *Manual de manejo. El cultivo del Ajonjolí*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf

APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	PLAN DE ACCION
Pregunta principal ¿Cuál debe de ser la formulación óptima para elaborar una galleta vitaminada sin gluten fuente de proteína sabor a chocolate a base de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y Ajonjolí (<i>Sesamum indicum L.</i>)?	Objetivo general Establecer la formulación óptima para elaborar una galleta vitaminada sin gluten fuente de proteína sabor a chocolate a base de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de Ajonjolí (<i>Sesamum indicum L.</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación óptima. 		
Preguntas auxiliares 1. ¿Cuáles son las dos formulaciones propuestas para la elaboración de la galleta de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de Ajonjolí (<i>Sesamum indicum L.</i>)?	Objetivos específicos 1. Definir dos formulaciones para la elaboración de la galleta de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de Ajonjolí (<i>Sesamum indicum L.</i>) proteína.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentajes de harina de quinoa y harina de ajonjolí. • Características físicas: espesor, peso y humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de formulaciones basadas en el valor nutricional de cada ingrediente. • Medición de características físicas en las galletas de cada formulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre las propiedades nutricionales de la quinoa y el ajonjolí (3 días). • Determinar los otros ingredientes de la galleta y su aporte nutricional (3 días). • Establecer las cantidades de pre-mezcla multivitáminica que se agregará a la galleta (1 día). • Definir los parámetros para que la galleta sea fuente de proteína (1 día). • Elaborar las galletas de las 2 formulaciones propuestas (10 días). • Medir sus características físicas (1 día).
2. ¿Que aceptabilidad general tienen las galletas basándose en sus propiedades organolépticas?	2. Evaluar la aceptabilidad general de las galletas basada en sus propiedades organolépticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentajes de aceptabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Panel sensorial y prueba de escala hedónica de 5 puntos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar a 30 personas para que sean panelistas y prueben las galletas elaboradas a partir de las 2 formulaciones (3 días). • Mediante una prueba de escala hedónica de 5 puntos, los panelistas determinarán que formulación tendrá mayor aceptabilidad (5 días). • Realizar un análisis estadístico para determinar la galleta con mayor aceptabilidad (2 días).
3. ¿Cuál es la composición físico-química y nutricional de la galleta?	3. Determinar la composición físico-química y nutricional de la galleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad nutricional y composición físico-química. • Porcentaje de humedad. • Porcentaje de Proteína. • Porcentaje de cenizas. • Porcentaje de grasas y carbohidratos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis bromatológico: humedad, proteínas, cenizas, grasas y carbohidratos. En el laboratorio de bromatología de la Universidad San Carlos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer el laboratorio en el cual será realizado el análisis bromatológico (4 días). • La galleta con mayor aceptabilidad general será sometida al análisis bromatológico, en donde se le determinará a 5 galletas de la misma formulación: humedad, proteínas, cenizas, grasas y carbohidratos (15 días).
4. ¿Se asegura que el producto preenvasado cumple con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala?	4. Asegurar el cumplimiento regulatorio para producto preenvasado de acuerdo a la legislación alimentaria aplicable para Guatemala.	<ul style="list-style-type: none"> • Composición de vitaminas y minerales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de vitaminas y minerales: vitamina A, vitamina B-12, Hierro, Zinc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en el RTCA de productos alimenticios preenvasados la especificación de vitaminas y minerales de un producto fortificado (5 días). • La galleta con mayor aceptabilidad será sometida al análisis de vitaminas y minerales (15 días).
5. ¿Cuál es el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general?	5. Estimar el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general.	<ul style="list-style-type: none"> • Costo directo de la galleta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de costos directos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un presupuesto para elaborar la galleta con mayor aceptabilidad general (2 días).

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción del PREMIX KEL-003

**PRODIPASA**
Soluciones Confiables que Nutren
PREMIX KEL-003
Fortificación de Galletas

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La Premix Kel-003 es un polvo fino y ligero de color café claro compuesto de 6 Vitaminas y 2 minerales.

Este producto está elaborado con el fin de brindar por porción de 34 gramos de producto lo siguiente:

Vitamina A :	667 UI	Tiamina:	0.5 mg
Riboflavina:	0.5 mg	Niacina:	6.5 mg
Vitamina B-12:	0.45 mcg	Ácido Fólico:	50 mcg
Hierro:	3.0 mg	Zinc:	2.0 mg



Las fuentes de hierro y zinc son hierro aminoquelado trisglicinado y zinc aminoquelado bisglicinado. Los minerales aminoquelados brindan una absorción del 30-40% en comparación con un 5-10% de absorción de las sales inorgánicas.

El hierro aminoquelado se absorbe a nivel del yeyuno en el intestino delgado, diferente a la absorción de los compuestos inorgánicos que ocurre a nivel del duodeno en el estómago, lo cual permite:

- Alta biodisponibilidad en comparación con las fuentes tradicionales.
- Bajos niveles de incompatibilidad en comparación con las sales inorgánicas.
- Menos problemas gástricos.

APLICACIONES

Materia Prima para la fortificación de galletas nutritivas.



PBX: (502) 2476-6970
www.prodipasa.com

Fuente: PRODIPASA (2021). *Premix Kel-003*.

Anexo 2. Especificaciones y almacenamiento del PREMIX KEL-003



PRODIPASA
Soluciones Confiables que Nutren

PREMIX-KEL® 003
Fortificación de Galletas

ESPECIFICACIONES	ALMACENAMIENTO
ORGANOLEPTICAS: Aspecto: Polvo Fino Color: Café Claro Olor: Característico	Embalaje: Bolsas negras de polietileno y cajas de cartón corrugado de 25 Kg.
FISICOQUÍMICAS: Humedad: No mayor del 8% pH: 6.0 – 10.0 Densidad: 0.8 a 1.00 g/ml	Condiciones de Almacenamiento: Se recomienda mantener el producto bien cerrado, en un lugar fresco, seco y limpio, evitando su exposición al aire y luz.
MICROBIOLÓGICAS: Bacterias Aeróbicas Totales: <1000 UFC/g Mohos y Levaduras: <100 UFC/g Coliformes Totales: AUSENTES E. coli: AUSENTES	Preferiblemente almacenarse a temperaturas menores de 25C. Vida de Anaquel: El almacenamieneto bajo guías de BPM asegura un tiempo de 12 meses.



PBX: (502) 2476-6970
www.prodipasa.com

Fuente: PRODIPASA (2021). *Premix Kel-003*.