



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado de Ingeniería
Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

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

Inga. Karen Sofía Acevedo Proaño

Asesorado por la Maestra Sucelly Orozco Marroquín de Morales

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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

INGA. KAREN SOFÍA ACEVEDO PROAÑO

ASESORADO POR LA MAESTRA SUCELLY OROZCO MARROQUÍN DE
MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Mtra. Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna
SECRETARIO	Mtro. 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:

**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 Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Karen AP', enclosed within a circular scribble.

Inga. Karen Sofía Acevedo Proaño

LNG.DECANATO.OI.655.2023

El Decano 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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **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: **Inga. Karen Sofía Acevedo Proaño**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. José Francisco Gómez Rivera 
Decano a.i.

Guatemala, septiembre de 2023

JFGR/gaoc



Guatemala, septiembre de 2023

LNG.EEP.OI.655.2023

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“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 **Inga. Karen Sofía Acevedo Proaño** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 27 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (CHENOPODIUM QUINOA) Y HARINA DE AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) SABOR A CHOCOLATE** del estudiante **Karen Sofía Acevedo Proaño** quien se identifica con número de carné **201503447** del programa de Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.




Msc. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador
Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

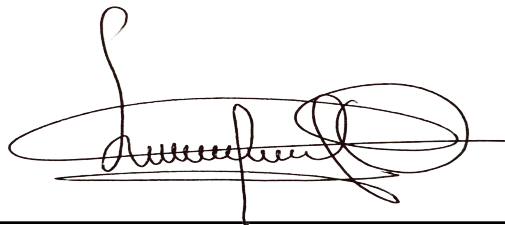
Guatemala, 27 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"FORMULACIÓN DE UNA GALLETA FORTIFICADA SIN GLUTEN DE HARINA DE QUÍNOA (CHENOPODIUM QUINOA) Y HARINA DE AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) SABOR A CHOCOLATE"** del estudiante **Karen Sofía Acevedo Proaño** del programa de **Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos** identificado(a) con número de carné 201503447.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Licda. Sucelly Nohemí Orozco Marroquín De Morales

Colegiado No. 2093

Asesora de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien ha sido mi guía en este camino y me ha dado la fuerza para continuar en todo momento.
Mis padres	Nurya Proaño y Carlos Acevedo, por su apoyo incondicional, y su amor durante toda la carrera.
Mi abuela	Leonor Gómez, por su gran amor y apoyo durante toda mi carrera y toda mi vida.
Mis hermanos	Dara Proaño, por siempre ayudarme durante mi carrera, Nurya, Humberto y Eduardo Acevedo, por motivarme durante mi carrera.
Mi familia	Por ser de gran bendición y por su cariño durante este proceso.
Mis amigos	Por estar conmigo y motivarme a seguir logrando mis metas siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y permitir que me realizara como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad y conocimientos para lograr una meta más en mi vida.
Licda. Sucelly Orozco	Por ser mi asesora y catedrática, por su apoyo, enseñanzas, y por sus aportes en la presente investigación.
Ing. José Rosal	Por motivarme a lograr una meta más.
Mi familia	Por su gran ayuda en el transcurso de la maestría.
Mis padres	Por darme la oportunidad de seguir estudiando y desarrollarme como profesional.
Braian Florián	Por apoyarme en cada momento y por motivarme siempre a lograr una meta más.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Generalidades de la quínoa.....	3
1.2.1. Descripción	3
1.2.2. Clasificación.....	4
1.2.3. Propiedades de la quínoa	5
1.2.4. Harina de quínoa y su procesamiento	6
1.3. Generalidades del ajonjolí	8
1.3.1. Descripción	8
1.3.2. Clasificación.....	9
1.3.3. Propiedades ajonjolí	11
1.3.4. Harina de ajonjolí y su procesamiento	13
1.4. Harinas sin gluten	14
1.4.1. Propiedades de las harinas sin gluten	15
1.4.2. Harinas sin gluten: usos	15
1.4.3. La enfermedad celíaca	16

1.5.	Galletas	17
1.5.1.	Materias primas y aditivos	17
1.5.1.1.	Harina.....	17
1.5.1.2.	Huevo.....	19
1.5.1.3.	Grasa.....	19
1.5.1.4.	Sacarosa	20
1.5.1.5.	Polvo de hornear	21
1.5.1.6.	Agua.....	21
1.5.1.7.	Potenciadores de sabor.....	22
1.5.1.8.	Aditivos.....	22
1.5.2.	Etapas en el proceso de galletería	23
1.5.2.1.	Mezclado y dispersión de los ingredientes.....	23
1.5.2.2.	Laminado.....	24
1.5.2.3.	Moldeado.....	24
1.5.2.4.	Horneado.....	24
1.5.2.5.	Enfriamiento	25
1.5.2.6.	Empacado	25
1.5.3.	Especificaciones técnicas.....	26
1.6.	Análisis bromatológico	29
1.6.1.	Humedad.....	29
1.6.2.	Proteína cruda.....	29
1.6.3.	Cenizas	30
1.6.4.	Grasa cruda.....	30
1.6.5.	Fibra cruda	30
1.6.6.	Carbohidratos.....	31
1.7.	Análisis sensorial	31
1.7.1.	Pruebas de aceptación.....	32
1.7.2.	Prueba hedónica	32

2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.1.	Proceso de elaboración de la galleta.....	33
2.1.1.	Fabricación de la harina de quínoa y ajonjolí	33
2.1.2.	Elaboración de la galleta	33
2.1.2.1.	Formulación de la galleta.....	34
2.1.2.2.	Etapas en la elaboración de la galleta .	35
2.2.	Evaluación sensorial.....	38
2.3.	Evaluación nutricional.....	40
2.3.1.	Preparación de muestra	40
2.3.2.	Análisis físicos y químicos	40
2.3.3.	Análisis Bromatológicos.....	40
2.3.4.	Análisis de minerales y vitaminas	41
2.4.	Cumplimiento regulatorio para el producto preenvasado	42
2.5.	Determinación de costos	42
2.5.1.	Costo de materia prima	42
2.5.2.	Costo del proceso.....	43
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45
3.1.	Formulaciones de las galletas	45
3.2.	Aceptabilidad general de las galletas	45
3.3.	Características físicas y químicas de la galleta	48
3.4.	Composición nutricional de las galletas.....	48
3.5.	Cumplimiento regulatorio.....	49
3.6.	Costo de la galleta.....	50
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES.....	57

REFERENCIAS59
APÉNDICES67
ANEXOS.....71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 7030	46
Figura 2.	Aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 8020	46
Figura 3.	Comparación de medias aritméticas.....	47

TABLAS

Tabla 1.	Composición del valor nutritivo de la quínoa	5
Tabla 2.	El ajonjolí y su clasificación taxonómica	10
Tabla 3.	Composición del valor nutritivo del ajonjolí	12
Tabla 4.	Composición de aminoácidos en la harina de ajonjolí	13
Tabla 5.	Propiedades fisicoquímicas en las galletas finas	26
Tabla 6.	Propiedades fisicoquímicas en las galletas entrefinas.....	27
Tabla 7.	Propiedades fisicoquímicas en las galletas comerciales	27
Tabla 8.	Propiedades microbiológicas en las galletas	28
Tabla 9.	Formulación de galleta dulce	28
Tabla 10.	Criterios de selección para determinar las dos formulaciones óptimas	34
Tabla 11.	Ingredientes de galletas elaboradas a base de harina de quínoa y de ajonjolí.....	35
Tabla 12.	Etapas de elaboración de la galleta	35
Tabla 13.	Resultados de encuestas.....	39
Tabla 14.	Costos de la materia prima utilizada para la galleta	43
Tabla 15.	Costos del proceso de la galleta	43

Tabla 16.	Composición porcentual de las dos galletas .	45
Tabla 17.	Media aritmética por atributo de las galletas	47
Tabla 18.	Resultados de análisis físicos y químicos de la galleta	48
Tabla 19.	Resultados de análisis bromatológicos de la galleta	48
Tabla 20.	Resultados de análisis vitaminas y minerales de la galleta	49

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

En el presente trabajo de investigación se estableció 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 determinó la cantidad adecuada de las diferentes harinas para obtener una galleta sin gluten que sea fortificada. Se evaluaron las características sensoriales de las diferentes formulaciones, y se determinaron las características fisicoquímicas y la composición nutricional de la galleta con mayor grado de aceptabilidad general.

Se elaboraron las harinas de las semillas de quínoa y ajonjolí mediante la molienda y tamizado de las mismas. Se seleccionaron dos formulaciones de un producto de galletería utilizando ingredientes sin gluten, cacao en una cantidad estándar, una premezcla de vitaminas y minerales, y diferentes composiciones porcentuales de las dos harinas.

Se evaluó la aceptabilidad de los dos productos de galletería, empleando una prueba hedónica de cinco puntos en un panel sin entrenamiento conformado por 31 personas, de la cual se obtuvo la formulación más aceptable que fue la 8020.

Posteriormente, se le realizaron los análisis físicos y químicos al producto de galletería con mayor aceptabilidad general. Se midió la humedad la cual fue mayor del 10 %, y se midió el espesor, el diámetro y el peso de la galleta, para evaluar la uniformidad de estas.

Asimismo, mediante la caracterización bromatológica, realizada en un laboratorio externo, se consideró que la galleta es alta en grasa y en carbohidratos, y es una galleta fortificada en vitamina A, vitamina B-12, Tiamina, Riboflavina, Ácido fólico, en hierro y zinc. Cumpliendo con el RTCA 67.01.60:10 Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Preenvasados para Consumo Humano para la Población a partir de 3 años.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, se tiene una mayor necesidad de desarrollar e implementar productos fortificados 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?
- ¿Cuáles son las características físicas y químicas, y la composición 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?

OBJETIVOS

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.

Específicos

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

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

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 midieron las propiedades y se definieron las variables de formulación.

Se realizó un diseño de investigación de tipo experimental, ya que se tomaron datos a nivel de laboratorio al realizar las diferentes formulaciones. Las muestras fueron no probabilísticas, debido a que se realizaron múltiples combinaciones de los ingredientes para obtener los mejores resultados.

Se elaboraron las harinas de quínoa y ajonjolí, y se establecieron las diferentes formulaciones de una galleta fortificada sin gluten, elaboradas a partir de ingredientes sin gluten, 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 determinaron las dos formulaciones que cumplieron con los criterios de selección, los cuales fueron: apariencia, color, olor, sabor, y textura.

Mediante evaluación sensorial de las dos galletas se determinó la formulación con mayor aceptabilidad, donde se utilizó un instrumento que fue diseñado con base a una escala hedónica de cinco puntos, donde se utilizaron 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), y luego se realizó una comparación de medias.

La formulación con mayor aceptabilidad fue sometida a los diferentes análisis de control de calidad como lo son los análisis físicos, químicos y bromatológicos, dentro de estos se puede mencionar el peso de la galleta, el espesor, la humedad, cenizas, grasas, proteínas y carbohidratos. Asimismo, se le realizó una evaluación nutricional para determinar vitamina A, tiamina, cianocobalamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro y zinc. Con dichos resultados, se determinó si la galleta es fortificada comparándolos con lo que indica el Anexo E del RTCA 67.01.60:10.

Se determinó el costo de la galleta sin gluten y fortificada mediante el análisis de los costos de la materia prima utilizada y el costo del proceso de la galleta.

INTRODUCCIÓN

Debido a 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.

A partir de los datos obtenidos mediante los análisis se dará a conocer la efectividad de esta galleta, obteniendo un producto sin gluten, fortificado, y que tiene características físicas, químicas y organolépticas aceptables.

Se elaboraron las harinas de ajonjolí y quínoa que se utilizarán como materia prima para la elaboración de la galleta. Se evaluó la aceptación sensorial obtenida de las dos formulaciones propuestas, dando como resultado la formulación con mayor aceptación. Posteriormente, se realizó un análisis bromatológico elaborado en un laboratorio externo para la formulación con mayor aceptabilidad, obteniendo una galleta sin gluten y fortificada.

En el capítulo 1, se presenta el marco teórico de la investigación, que incluye los antecedentes de esta, en el cual se resumen investigaciones previas de otros países con respecto a este tema. En el capítulo 2, se establece el desarrollo de la investigación, que consta del 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, la evaluación sensorial, los análisis físicos, químicos y bromatológicos, el cumplimiento regulatorio, y la composición y determinación de costos de la galleta.

En el capítulo 3, se presentan los resultados obtenidos en la investigación y en el capítulo 4, se presenta la discusión de resultados. Al final, se plantearon las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En Guatemala no se tienen estudios relacionados con la formulación para elaborar una galleta con 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 con harinas de arroz, quínoa y maíz. 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 20 %, 15 % y 10 %, respectivamente, a la galleta dulce. Estas galletas fueron evaluadas sensorialmente por jueces para determinar la dosis más adecuada. La mejor formulación fue la que tenía 15 % de ajonjolí, a la cual se le determinó proteínas, grasa, cenizas, calcio, humedad, cinc, hierro y textura. Obteniendo como resultado un contenido alto de proteínas (11.43 g por 100 g) y calcio (108 mg por cada 100 g).

Mera-Carbo, Muñoz-Murillo, Parraga-Álava, 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 que se obtuvieron, se presenta una mayor aceptación por el tratamiento que contenía harina de amaranto al 10 %, 0 % de harina de quínoa, 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 para la producción de galletas.

Rosas (2019), en su trabajo de graduación Aceptabilidad y contenido de hierro en barras 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 %).

1.2. Generalidades de la quínoa

La quínoa fue uno de los principales alimentos de las antiguas culturas de los Andes. Este grano 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 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011).

1.2.1. Descripción

La quínoa es parte 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 es de los cereales tradicionales (las gramíneas) (Bonilla et al., 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 es 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 [IICA], 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).

1.2.2. 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, están en 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 el altiplano peruano-boliviano.
- Quínoa de salares: conocida como Quinoa Real y sus granos poseen un contenido alto de saponina. Crecen en la parte sur del altiplano boliviano.
- 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 la Promoción Nacional de productos andinos (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.

1.2.3. Propiedades de la quínoa

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

Tabla 1.

Composición del valor nutritivo de la quínoa

Componentes	Cantidad (%)
Proteínas	13.00
Grasas	6.10
Hidratos de carbono	71.00
Azúcar	0.00
Hierro	5.20
Calorías 100 g	350.00

Nota. En comparación con otros alimentos básicos. Obtenido de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.* (p. 7.) FAO.

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 % y el 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).

La quínoa supera al trigo en las cantidades de arginina, histidina, glicina y alanina, y contiene aminoácidos que no están en el trigo como la cisteína, el ácido glutámico, la tirosina, la serina y la prolina. Así mismo, 100 g de quínoa contienen más del doble de treonina, fenilalanina, metionina, valina e isoleucina, y aproximadamente 5 veces más de lisina, y grandes cantidades de leucina, en comparación con 100 g de trigo. Estos aminoácidos favorecen la generación de anticuerpos, previenen el daño en el hígado, entre otras funciones (FAO, 2011).

Es importante destacar que la quínoa es una fuente de fibra dietaria, que es la encargada de favorecer el metabolismo, y es libre de gluten (Bonilla et al., 2021).

Se han identificado diferentes alimentos tradicionales elaborados con quínoa. Entre estos se tienen sopas, bebidas, masas y merienda. Y en otras ocasiones se preparan otro tipo de alimentos como galletas, tortas y jugos (FAO, 2011).

1.2.4. 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 (Red de información sobre Operaciones de Poscosecha [INPhO], 2013).

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

- Recepción y selección de la materia prima: se deben 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 objetivo de ayudar en la desaponificación. 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 para 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.

1.3. 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 tienen una cantidad importante de ácidos grasos insaturados como lecitina, omega 6 y omega 9. Así mismo, es rica en fibra, en proteínas vegetales, en vitaminas (vitaminas del complejo B, E, K), en antioxidantes y en minerales (Semillas de sésamo o Ajonjolí, propiedades nutricionales y usos, 2013).

1.3.1. Descripción

El ajonjolí o sésamo (*Sesamum indicus L.*) es una planta oleaginosa de la familia de las *Pedaliáceas*, 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 [Corporación PBA], 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 et al., 2001).

1.3.2. Clasificación

Existen diferentes cultivares de ajonjolí, y se pueden dividir por su precocidad y por su color. Las semillas que son 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 es definida por Robles (1991):

Tabla 2.

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 y Tetracarpellatum</i>

Nota. Clasificación del ajonjolí. Obtenido de Robles, R. (1991). *Producción de oleaginosas y textiles.* (p. 29) LIMUSA, S.A.

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, es de 1.8 m la altura de esta planta y color blanco crema su grano.
- ICTA R-198: es una variedad ramificada que florece a los 40 días después de la siembra. Es de color blanco el grano. Y su ciclo de siembra a cosecha es de 94 días.

1.3.3. Propiedades ajonjolí

La semilla de ajonjolí tiene un contenido elevado de proteína cruda (17 al 23 %), en ella se encuentran unos 15 aminoácidos, en los que destaca la metionina, aunque no posee lisina. Por lo tanto, lo recomendable es la combinación con productos que tengan lisina (De Mera, 2017).

La composición de los nutrientes de las semillas de sésamo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.*Composición del valor nutritivo del ajonjolí*

Componentes	Cantidad por 100 g
Proximales	
Agua	4.69 g
Energía	573.00 kcal
Proteína	17.73 g
Lípidos totales	49.67 g
Carbohidratos	23.45 g
Azúcar	0.30 g
Fibra dietética total	11.80 g
Ceniza	4.45 g
Minerales	
Calcio, Ca	975.00 mg
Fósforo, P	629.00 mg
Hierro, Fe	14.55 mg
Sodio, Na	11.00 mg
Potasio, K	468.00 mg
Magnesio, Mg	351.00 mg
Zinc, Zn	7.75 mg
Vitaminas	
Vitamina A	9.00 IU
Niacina	4.50 mg
Vitamina B6	0.79 mg
Folato total	97.00 µg
Vitamina E	2.27 mg
Lípidos	
Ácidos grasos saturados totales	6.96 g
Ácidos grasos monoinsaturados totales	18.76 g
Ácidos grasos poliinsaturados totales	21.77 g
Colesterol	0.00 mg
Fitoesteroles	714.00 mg

Nota. Valor nutritivo del ajonjolí en 100 g. Obtenido del USDA (2016). *Bases de datos de composición de alimentos: semillas, semillas de sésamo entero, seco.* (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170150/nutrients>). Consultado el 23 de marzo de 2022. De dominio público.

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

1.3.4. Harina de ajonjolí y su procesamiento

La harina de sésamo contiene una cantidad significativo de proteína debido a la presencia de aminoácidos, la composición de aminoácidos en la harina de sésamo se presenta en la siguiente tabla (Altschul & Wilcke, 2013)

Tabla 4.

Composición de aminoácidos en la harina de ajonjolí

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	-

Nota. Los aminoácidos presentes en la harina de ajonjolí. Obtenido de Altschul, A. & Wilcke, H. (2013). *New Protein Foods: Seed Storage Proteins, Volume 5 [Nuevos alimentos proteicos: Proteínas de almacenamiento de semillas, volumen 5]*. (<https://books.google.com.gt/books?id=fcXYBAAQBAJ&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>). Academic Press.

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: con el fin de obtener harina con partículas finas, se utiliza un procesador de alimentos donde se muelen las semillas de ajonjolí.
- Tamizado: la harina de ajonjolí se tamiza utilizando mallas de 300 μm , para obtener un mayor rendimiento.
- Almacenamiento: se debe de almacenar en una bolsa de PEAD hasta el momento en el que se utilice. Para evitar que se contamine la harina de ajonjolí.

1.4. Harinas sin gluten

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

1.4.1. 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 que más se utilizan son: la harina de arroz, la de sorgo y la de mijo, el almidón de papa y de maíz, y las harinas de granos y legumbres. 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, se pueden incorporar diversos ingredientes como aditivos en las formulaciones establecidas, y así mejorar las propiedades de dichos productos (Sciarini, 2011).

1.4.2. Harinas sin gluten: usos

El Codex Alimentarius (2008) establece que los alimentos sin gluten son los que están hechos con ingredientes que no contienen trigo. Así como, establece que los productos que sustituyan a alimentos básicos importantes deben proveer una cantidad similar de minerales y vitaminas que dichos alimentos.

En panificación es donde más se utilizan las harinas sin gluten; sin embargo, los panes que no contienen gluten que se venden 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, hidrocoloides, proteínas, y

enzimas, ayudan a mejorar la calidad del pan y la textura de la miga (Sciarini, 2011).

Las galletas son otro producto que se pueden fabricar 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 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 compensar con una mezcla de almidón pregelatinizado y harina de maíz. Otra alternativa son las pastas a base de pseudocereales. (Ortiz, 2017).

1.4.3. 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 (Hernández, 2012).

La celiaquía ocurre cuando se ingieren alimentos con gluten y estos dañan 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).

1.5. 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, y también se pueden incluir otros ingredientes como agentes leudantes, aditivos alimentarios autorizados, sal, siropes, entre otros (Rodríguez, 2015).

1.5.1. Materias primas y aditivos

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

1.5.1.1. 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 amasar 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 está 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 utilizar almidones, productos lácteos e hidrocoloides, como alternativas al gluten, y así mejorar la calidad de estos productos (Rodríguez, 2015).

1.5.1.2. Huevo

El huevo ayuda a la formación de espumas al proporcionar proteínas hidrosolubles, es decir, retiene aire cuando se bate y al calentarlo coagula logrando 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).

1.5.1.3. Grasa

Las grasas son las encargadas de ablandar la estructura. Cuando la masa se hornea la grasa libera las burbujas de aire de su interior, lo que contribuye a que la masa se eleve. Entonces, la grasa que se fundió se deposita alrededor de las paredes celulares de la estructura que se está coagulando, lo que ablanda y lubrica la textura (Potter y Hotchkiss, 1995).

La estructura y el volumen dependen de la plasticidad de la grasa y de los emulsionantes. Se debe tener una distribución de la grasa en la masa del producto de galletería uniforme para evitar la creación de una red de gluten, la cual provocaría que sea menos elástica la masa. 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).

1.5.1.4. Sacarosa

La sacarosa ablanda los productos horneados. Así mismo, tiene como función edulcorar y retiene la humedad en dichos productos. La glucosa y la fructosa (que conjuntamente se denominan azúcar invertido), son mejores que la sacarosa. Por esto, los jarabes de azúcar invertido se usan en varios productos horneados en los cuales no utilizan levadura (Potter y Hotchkiss, 1995).

Los jarabes de maíz que se dan por la hidrólisis del almidón 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).

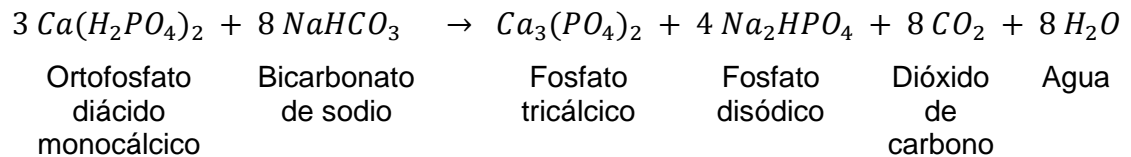
La reacción previamente mencionada se origina ante la presencia de aminoácidos, proteínas y péptidos, y se encuentra relacionada con la coloración de la superficie del producto. Esta reacción se da al momento de calentar una disolución de un azúcar reductor en una atmósfera seca (Coulter, 2007).

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. Estos compuestos forman parte de una serie compleja de reacciones que producen saborizantes, aromatizantes y pigmentos de color pardo (melanoidinas) (Herrera et al., 2003).

1.5.1.5. Polvo de hornear

También conocido como levadura química, es utilizado en la producción de productos de panadería, contiene bicarbonato sódico (agente leudante), 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 esto, se debe controlar su velocidad. Existen distintos polvos para hornear que se diferencian en sus tiempos y velocidades de reacción, por lo mismo, se formulan para que el gas se produzca controladamente, dependiendo del producto en el que se vaya a aplicar. Por ejemplo, para la producción de galletas se utilizan pequeñas proporciones de 0.3 % a 1.0 % con relación al peso de la harina (Manley, 1989).

1.5.1.6. Agua

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

harina y de cómo la absorbe, así como del tipo de producto que se desee realizar. El agua es 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).

1.5.1.7. 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).

1.5.1.8. 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).

Para obtener galletas sin gluten de buena calidad y con una buena vida de anaquel, se pueden utilizar los siguientes ingredientes como aditivos (Sciarini, 2011):

- 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. Ejemplos de ellos son: la goma xántica, la carboximetilcelulosa, los galactomananos, los derivados de almidón o proteínas.
- Proteínas: las más utilizadas son las que se obtienen a partir de la leche. Asimismo, se puede incluir huevo en polvo, lo que ayudará a la formación de una red proteica, y, por lo tanto, influirá en la expansión durante el horneado.
- Enzimas: enzimas como la transglutaminasa que favorecerá la formación de una red continua. De igual forma, se puede utilizar la glucosa oxidasa.

1.5.2. Etapas en el proceso de galletería

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

1.5.2.1. Mezclado y dispersión de los ingredientes

La mezcla permite la unión de los ingredientes. Existen las siguientes 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 grasa para lograr una crema, que se le adicionará la harina. En las galletas que son dulces, se combinan todos los ingredientes, exceptuando la harina y el agente químico durante 10 minutos, pasado este tiempo se añade el agente químico y la harina. Se continúa con el mezclado para 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 con sal, los agentes alcalinos, entre otros, mezclándose hasta conseguir una masa que sea homogénea (Hinostroza, 2014).

1.5.2.2. Laminado

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

1.5.2.3. 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).

1.5.2.4. Horneado

Este proceso consiste en colocar las bandejas con las porciones moldeadas de masa en el horno calentado previamente 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).

1.5.2.5. 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).

1.5.2.6. 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, con una alta barrera al vapor de agua, a la luz y al oxígeno. Tiene 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).

1.5.3. 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. Los ingredientes opcionales son saborizantes, colorantes, lecitina, emulsificantes, mejoradores de masa y antioxidantes (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

Tabla 5.

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	

Nota. Especificaciones para galletas finas. Obtenido de la Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.* (<https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>). LIMUSA, S.A.

Tabla 6.*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	

Nota. Especificaciones para galletas entrefinas. Obtenido de la Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.* (<https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>). LIMUSA, S.A.

Tabla 7.*Propiedades fisicoquímicas en las galletas comerciales*

Galletas comerciales		
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	

Nota. Especificaciones para galletas comerciales. Obtenido de la Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.* (<https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>). LIMUSA, S.A

Tabla 8.*Propiedades microbiológicas en las galletas*

Especificación	Criterio de aceptación
Mesofílicos aerobios	30,000 col/g
Hongos	10 col/g
Coliformes	Negativo
<i>E. coli</i>	Negativo

Nota. Especificaciones microbiológicas. Obtenido de la Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos.* (<https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>). LIMUSA, S.A.

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 siguiente tabla, se ejemplifica la formulación de una galleta dulce (Hinostraza, 2014):

Tabla 9.*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

Continuación de la tabla 9.

Huevo entero	1.0
Mantequilla	15.0

Nota. Porcentajes de ingredientes utilizados para la elaboración de galletas dulces. Obtenido de Hinostroza, P. (2014). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia (Citrus sinensis L.)*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1887>.

1.6. Análisis bromatológico

Estos análisis 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).

1.6.1. Humedad

Existen diversos métodos para determinar la humedad, uno de estos es utilizando un horno de aire de 100 °C a 105 °C, en el que se ingresa una muestra del alimento y se determina por la diferencia de masa 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).

1.6.2. Proteína cruda

El elemento característico de las proteínas es el nitrógeno, por lo tanto, los métodos de cuantificación de la proteína es 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).

1.6.3. Cenizas

La ceniza es el residuo de la calcinación en seco de la muestra, por tanto, la eliminación del agua y la materia orgánica. Es un excelente 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).

1.6.4. Grasa cruda

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

1.6.5. Fibra cruda

Es una mezcla de carbohidratos (celulosa y hemicelulosa) y de otros materiales (ligninas). Este método determina la cantidad de fibra de la muestra, al ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. La diferencia de masas después de la calcinación indica la cantidad de fibra (Greenfield y Southgate, 2006).

1.6.6. 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).

1.7. 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 et al., 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 (Ramírez-Navas, 2012).

Para que este análisis sea fiable, se requiere establecer los términos y condiciones que puedan influir en las pruebas. Las cuales deben realizarse con el objetivo de que se obtengan conclusiones que sean cuantificables y reproducibles (Sancho et al., 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).

1.7.1. 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 objetivo de establecer la aceptación 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).

1.7.2. 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).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Proceso de elaboración de la galleta

Se realizó la fabricación de las harinas de quínoa y ajonjolí, y la producción de la galleta como se indica a continuación.

2.1.1. Fabricación de la harina de quínoa y ajonjolí

Tomar en cuenta las siguientes etapas:

- Recepción e inspección de la materia prima: en esta etapa se verificó que las semillas tanto de ajonjolí, como las de quínoa, estuvieran en buenas condiciones.
- Se verificó en el empaque si era necesario realizar el lavado de alguna materia prima. Debido a que el proveedor de ambas materias primas indicaba que ya estaban lavadas, no se realizó el lavado ni el secado de estas.
- Molienda: en esta etapa se molió el ajonjolí y la quínoa por separado, utilizando un molino de cuchillos.
- Tamizado: se tamizó la harina de quínoa utilizando una malla de 300 mm.
- Almacenamiento: para evitar que las harinas se contaminarán, se almacenaron en bolsas PEAD.

2.1.2. Elaboración de la galleta

Las formulaciones y las etapas que fueron necesarias para elaborar las galletas se describen a continuación.

2.1.2.1. Formulación de la galleta

Se realizaron diferentes formulaciones de una galleta fortificada sin gluten, elaboradas a partir de diferentes ingredientes, utilizando una premezcla de vitaminas y minerales, y diferentes porcentajes de harina de quínoa y harina de ajonjolí, y se determinaron las dos formulaciones que cumplieron con los criterios de selección.

Los criterios de selección se establecen a continuación en la tabla 10.

Tabla 10.

Criterios de selección para determinar las dos formulaciones óptimas

Características sensoriales	Criterio de aceptación
Apariencia	Redonda y compacta
Color	Café oscuro
Olor	Ligero
Sabor	Característico a chocolate
Textura	Porosa

Nota. Características sensoriales evaluadas en las formulaciones. Elaboración propia, realizado con Word.

Los ingredientes que fueron utilizados para elaborar las galletas se establecen en la tabla 11.

Tabla 11.

Ingredientes de galletas elaboradas a base de harina de quínoa y de ajonjolí

Ingredientes
Harina de Quínoa
Harina de Ajonjolí
Cacao en polvo
PREMIX KEL 003
Huevo
Mantequilla de marañón
Azúcar morena

Nota. Ingredientes utilizados para elaborar las galletas. Elaboración propia, realizado con Word.




2.1.2.2. Etapas en la elaboración de la galleta

En la siguiente tabla se establecieron las etapas de elaboración de la galleta.

Tabla 12.

Etapas de elaboración de la galleta

1.	Se pesaron los ingredientes según la formulación definida
----	---

Continuación de la tabla 12.

-
2. Se mezcló el huevo con la mantequilla de marañón por 5 minutos batiendo hasta quedar una mezcla homogénea.
-



-
3. Se añadió azúcar morena a la mezcla y se batió por 5 minutos más, hasta obtener una masa homogénea.
4. A la masa obtenida se le añadió el cacao en polvo y se batió hasta que el color se homogenizara.
-



-
5. A la masa obtenida se le añadió las harinas de quínoa y ajonjolí.
-



-
6. Se mezcló por 10 minutos, para que se homogenizara bien la mezcla.
7. Se pesó la mezcla y se elaboraron galletas que pesaran 34 g.
-

Continuación de la tabla 12.



-
8. Se calentó el horno de 150 °C a 189 °C y se ingresaron las galletas para ser horneadas por 20 minutos.
-



-
9. Se dejaron enfriar las galletas a temperatura ambiente y se pesaron.
-



Nota. Procedimiento para elaborar las galletas. Elaboración propia, realizado con Word.

2.2. Evaluación sensorial

Se realizó prueba de preferencia apareada a nivel laboratorio para la evaluación sensorial de las 2 galletas, donde se utilizó un instrumento que fue diseñado con base en una escala hedónica de cinco puntos, donde se establecieron valores de 1 a 5 que correspondían 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).

Para la prueba a nivel laboratorio se utilizó un panel no entrenado conformado por 31 personas, las cuales no habían consumido algún alimento y/o bebida ni haberse lavado los dientes, media hora antes de la prueba.

Se usó prueba pareada entre dos muestras. A cada panelista se le entregó un formato en el cual se establecieron los parámetros anteriormente mencionados para que evaluaran los atributos de las galletas (color, olor, sabor y textura), y se les dio muestras de galletas codificadas. Entre cada muestra que probaron los panelistas, se enjuagaron el paladar con agua purificada.

Los resultados de las encuestas se compararon mediante una comparación de medias, para determinar qué galleta tuvo mejor aceptación general.

Los resultados de las encuestas que fueron realizadas se establecieron en la tabla 13.

Tabla 13.*Resultados de encuestas*

Panelista no entrenado	Característica sensorial							
	Color		Olor		Sabor		Textura	
	7030	8020	7030	8020	7030	8020	7030	8020
1	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5	4
3	4	4	4	4	2	4	4	4
4	5	5	5	5	5	4	3	4
5	4	5	4	5	4	5	4	5
6	2	3	3	4	3	4	4	4
7	3	4	4	4	5	4	4	5
8	2	3	3	5	3	5	4	5
9	2	2	3	4	3	4	1	5
10	4	5	4	5	4	5	4	4
11	2	3	3	4	2	2	3	3
12	3	3	4	4	4	5	2	4
13	4	4	4	5	4	4	3	4
14	3	4	3	4	3	4	3	5
15	4	4	3	5	4	4	3	4
16	1	3	3	3	2	4	2	4
17	3	4	5	4	5	5	3	5
18	4	3	5	5	5	4	4	5
19	4	4	3	4	3	4	3	4
20	4	4	5	3	5	4	4	4
21	3	3	4	5	4	5	4	4
22	3	3	2	3	2	3	3	3
23	4	4	4	3	4	3	4	3
24	2	3	3	4	3	4	3	4
25	4	4	4	5	4	5	4	5
26	3	3	4	4	4	5	4	5
27	5	5	3	4	4	3	4	3
28	3	3	3	4	3	4	2	4
29	4	4	4	3	3	4	3	4
30	3	4	4	4	2	4	3	4
31	3	4	2	3	1	4	1	4

Nota. Resultados obtenidos al comparar las dos formulaciones de galletas. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.3. Evaluación nutricional

Una entidad externa realizó los análisis físicos y químicos, bromatológicos y de minerales y vitaminas en los que se evaluaron los parámetros que se establecen a continuación.

2.3.1. Preparación de muestra

Para realizar los análisis, se cotizó en el laboratorio DSG del cuál enviaron la cantidad de muestra que debía brindarles para realizar los análisis. Requerían de 500 g de muestra, por lo que se les brindó 544 g por si era necesario utilizar un poco más. Esta muestra fue tomada de la formulación con mayor aceptabilidad general, y se llevó al laboratorio en bolsa de cristal debidamente identificada y sellada.

2.3.2. Análisis físicos y químicos

- Peso de la galleta: se tomaron 5 muestras y se pesaron utilizando una balanza.
- Espesor de la galleta: se tomaron 5 muestras y se les midió el espesor utilizando un vernier.
- Humedad: en este análisis se utilizó la metodología de pérdida por secado, en la cual se secó una muestra a 105 °C y se determinó por diferencia de peso entre el material seco y el material húmedo.

2.3.3. Análisis Bromatológicos

- Proteína cruda: el método utilizado por el laboratorio externo fue el AOAC: 976.05, el cual se realizó utilizando el método de Kjeldahl. Este midió el

nitrógeno total de la muestra mediante la digestión de está utilizando ácido sulfúrico concentrado.

- Cenizas: se utilizó el método de gravimetría, en el cual se pesó la muestra en un crisol y se ingresó en una mufla a una temperatura de 600 °C por 45 minutos. Seguidamente, se ingresó a un desecador y se esperó 20 minutos. El objetivo del análisis fue el residuo de la calcinación en seco de la muestra.
- Grasa: se usó el método de extracción Soxhlet. En este método se analizaron los aceites y grasas en la muestra seca que fueron extraídos con disolvente orgánico para cuantificarlos, utilizando un aparato de Soxhlet.
- Fibra Cruda: el laboratorio utilizó el método AOAC: 962.09, este método consistió en que la muestra fuera digerida con hidróxido de sodio y ácido sulfúrico, y seguidamente calcinada. La diferencia de pesos después de que la muestra fue calcinada indicó la cantidad de fibra.
- Carbohidratos solubles: se obtuvo por fórmula al restar al 100 % los porcentajes de proteína, grasa, cenizas y fibra cruda obtenidos.

2.3.4. Análisis de minerales y vitaminas

- Vitamina A: se utilizó el método indicado en la USP 38 NF 33, en el que se analizó la muestra por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).
- Vitaminas del complejo B (B1, B12, B2, B3, y B9): para estas vitaminas se utilizó el Inmunoensayo enzimático. Este es un método que utilizó un sistema colorimétrico enzimático para detectar las vitaminas del complejo B en una muestra.
- Zinc: se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica, en el cual se disolvió la muestra y se pasó por un flujo de gas oxidante mezclado con el gas combustible, que se transportó a una llama donde se

produjo la atomización. En la flama se atomizaron los componentes de las muestras. Emitieron radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda, la cuales fueron separadas en el monocromador y la línea de interés llegó al detector y finalmente al sistema.

- Hierro: se utilizó la espectrofotometría con digestión ácida. El método de digestión se utilizó para reducir las interferencias debido a presencia de materia orgánica de la muestra y así se convirtió el hierro a una forma en la que sí se podía analizar mediante la espectrofotometría.

2.4. Cumplimiento regulatorio para el producto preenvasado

Con los resultados de los análisis de minerales y vitaminas se comprobó si la galleta es fortificada según el Anexo E del RTCA 67.01.60:10: Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años.

2.5. Determinación de costos

Se determinaron los costos de la materia prima y el costo de la galleta.

2.5.1. Costo de materia prima

En la tabla 14, se determinó el costo de la materia prima utilizada para realizar la galleta.

Tabla 14.*Costos de la materia prima utilizada para la galleta*

Ingredientes	Cantidad	Costo total (Q)
Quínoa blanca marca Roland (340 g)	340 g	Q 55.40
Ajonjolí corriente marca Sasson (75 g)	375 g	Q 35.75
Cacao en polvo	1 libra	Q 75.00
PREMIX KEL 003	1 kg	Q 390.50
Huevo	2 unidades	Q 2.66
Mantequilla de marañón	1 unidad	Q 55.80
Azúcar morena	400 gramos	Q 3.10
Total		Q 618.21

Nota. Cantidad y costo total de las materias primas utilizadas para las galletas. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.5.2. Costo del proceso

Se determinó el costo del proceso, como se establece en la tabla 15.

Tabla 15.*Costos del proceso de la galleta*

Insumos	Cantidad	Costo total (Q)
Gas (25 lb)	1 tambo	Q 135.00
Luz	75 kWh	Q 99.00
Agua purificada	5 litros	Q 5.00
Total		Q 239.00

Nota. Insumos utilizados para el proceso de la elaboración de las galletas. Elaboración propia, realizado con Excel.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Formulaciones de las galletas

En la tabla 16, se establecen las materias primas y la composición porcentual de las mismas, para elaborar la galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa y harina de ajonjolí sabor a chocolate.

Tabla 16.

Composición porcentual de las dos galletas

Ingredientes	Formulaciones	
	7030	8020
Harina de Quínoa (%)	32.73	37.41
Harina de Ajonjolí (%)	14.03	9.35
Azúcar (%)	23.38	23.38
Huevo (%)	12.16	12.16
Mantequilla de marañón (%)	11.69	11.69
Cocoa en polvo (%)	5.84	5.84
PREMIX KEL 003 (%)	0.17	0.17
Total (%)	100.00	100.00

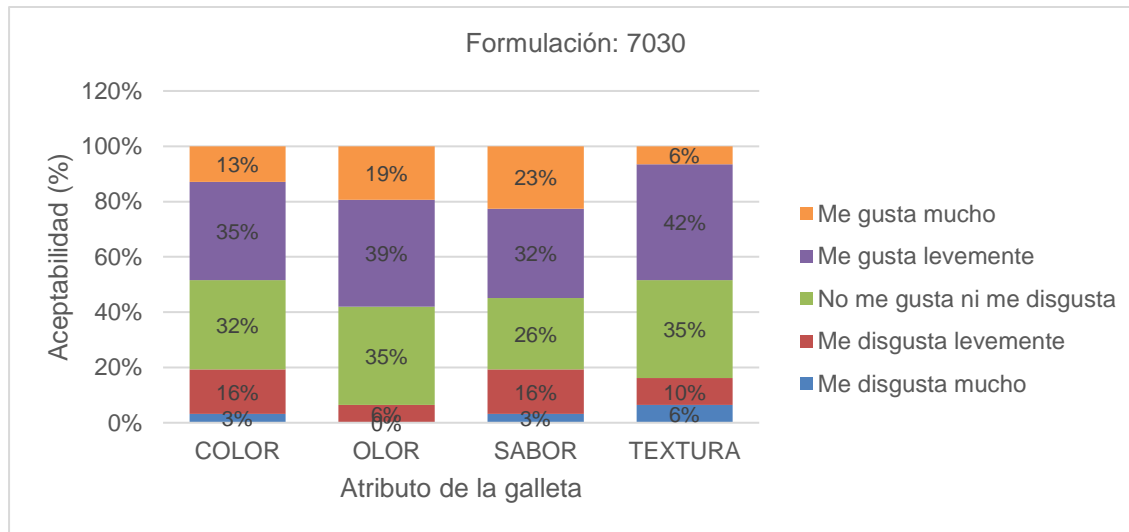
Nota. Composición de cada ingrediente en las galletas 7030 y 8020. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2. Aceptabilidad general de las galletas

Con los datos recolectados de cada una de las formulaciones, se determinó el porcentaje de aceptabilidad de cada atributo de la galleta. Se obtuvo que los atributos de la formulación 8020 tuvieron mayor aceptabilidad que los de la formulación 7030, como se demuestra en las figuras 1 y 2.

Figura 1.

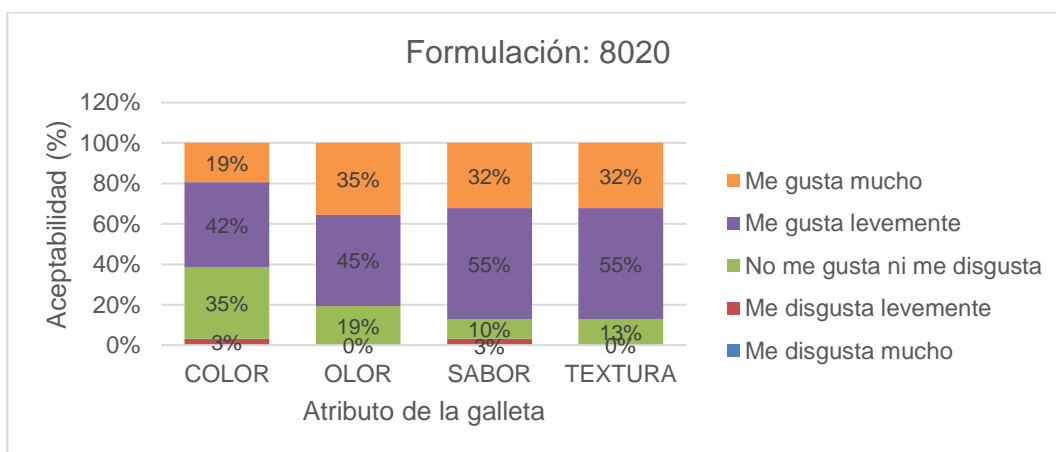
Aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 7030



Nota. Aceptabilidad por atributo de la galleta 7030. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 2.

Aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 8020



Nota. Aceptabilidad por atributo de la galleta 8020. Elaboración propia, realizado con Excel.

La prueba se realizó con dos formulaciones distintas, por tanto, se utilizó un análisis estadístico de comparación de medias de los atributos, las cuales se establecen en la tabla 17.

Tabla 17.

Media aritmética por atributo de las galletas

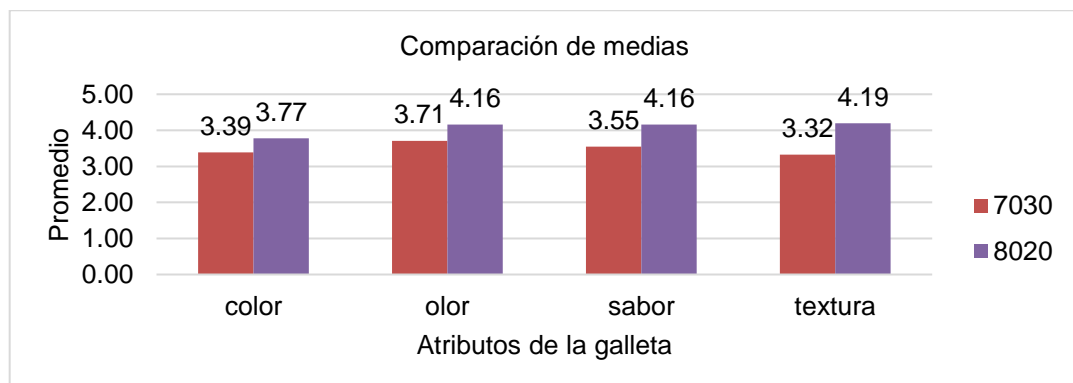
Formulación	Media aritmética			
	Color	Olor	Sabor	Textura
7030	3.39	3.71	3.55	3.32
8020	3.77	4.16	4.16	4.19

Nota. Media aritmética del color, olor, sabor y textura. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se graficaron las medias aritméticas, como se puede observar en la figura 3. Con lo que se determinó que la formulación 8020 obtuvo mayor aceptabilidad.

Figura 3.

Comparación de medias aritméticas



Nota. Gráfico de columnas agrupadas utilizado para comparar las medias aritméticas de cada atributo. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.3. Características físicas y químicas de la galleta

La formulación 8020, que fue la que obtuvo mayor aceptabilidad, fue utilizada para realizar las pruebas físico-químicas establecidas en la tabla 18. Esto con el objetivo de garantizar la calidad de las galletas.

Tabla 18.

Resultados de análisis físicos y químicos de la galleta

Parámetro	Formulación: 8020
Peso de la galleta (g)	34 ± 1 g
Espesor (cm)	0.8 ± 0.1 cm
Diámetro (cm)	7.0 ± 0.5 cm
Humedad (%)	12.25 %

Nota. Resultados para cada parámetro físico y químico de la galleta 8020. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.4. Composición nutricional de las galletas

Se realizó el análisis bromatológico de la galleta para determinar la cantidad que aporta la formulación 8020, de proteína, cenizas, grasa, fibra cruda y carbohidratos. Como se establece en la tabla 19.

Tabla 19.

Resultados de análisis bromatológicos de la galleta

Parámetro	Formulación: 8020
Proteína cruda (%)	7.21 %
Cenizas (%)	1.94 %
Grasa (%)	20.26 %

Continuación de la tabla 19.

Fibra cruda (%)	3.00 %
Carbohidratos (%)	55.34 %

Nota. Resultados para cada parámetro bromatológico de la galleta 8020. Elaboración propia, realizado con Excel.

Debido a que el producto es fortificado con una premezcla de vitaminas y minerales, se realizaron los análisis de la galleta para determinar la cantidad de nutrientes que aporta la formulación 8020. Los análisis que se realizaron se plantearon en la tabla 20.

Tabla 20.

Resultados de análisis vitaminas y minerales de la galleta

Parámetro	Formulación 8020
	Composición por Galleta
Vitamina A	404.60 µg
Vitamina B-12	0.38 µg
Tiamina	1.45 mg
Niacina	1.12 mg
Riboflavina	3.41 mg
Ácido fólico	43.52 µg
Hierro	3.72 mg
Zinc	2.53 mg

Nota. Resultados para cada parámetro de vitaminas y minerales de la galleta 8020. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.5. Cumplimiento regulatorio

Con los análisis de vitaminas y minerales realizados, se comprobó que la galleta es fortificada en vitaminas (Vitamina A, B-12, tiamina, riboflavina y ácido

fólico) y en minerales (Hierro y Zinc), según el anexo E del RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años.

3.6. Costo de la galleta

Para el costo de la galleta se determinó el costo de la materia prima y el costo del proceso. Se determinó que el costo de una galleta fortificada y sin gluten elaborada a partir de harina de quínoa y harina de ajonjolí sabor a chocolate es de Q10.60. Lo cual es un buen costo tomando en cuenta los beneficios que está galleta otorga a la nutrición de las personas

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación propone el desarrollo de la formulación de una galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa y harina de ajonjolí sabor a chocolate, utilizando materias primas propias de un producto de galletería y una premezcla de vitaminas y minerales para realizar la fortificación de la galleta.

Para el desarrollo de la galleta se escogieron materias primas libres de gluten y se utilizaron materiales y equipos que no han estado en contacto con alimentos que tengan o pudieran tener gluten. Estas materias primas fueron escogidas para darle a la galleta un sabor, color, apariencia y textura agradable, y para que fueran llamativas para los consumidores. Así mismo, cada una de ellas aporta un valor nutritivo al producto.

Las formulaciones se escogieron utilizando un criterio de selección el cual involucró la apariencia, textura, color, olor y sabor de las galletas. Posterior a aplicar este criterio, se establecieron las dos formulaciones mostradas en la tabla 16. Se escogieron las formulaciones con mayor cantidad de harina de quínoa, debido a que esta harina aportaba un mejor olor y sabor a las galletas.

Con estas dos formulaciones se realizó el análisis sensorial en el cual se utilizó un panel no entrenado de 31 personas, siendo estos consumidores de productos sin gluten. Posterior a realizar este análisis sensorial, se recopilaron los resultados y se compararon las medias de cada atributo entre las dos formulaciones. En la figura 1, se graficó la aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 7030, en la cual se observó que a la mayoría de las personas

les gusto levemente cada atributo de dicha formulación, siendo la textura el atributo con mayor aceptación al gustarles levemente a un 42 % de las personas.

En la figura 2, se graficó la aceptabilidad porcentual por atributo de la formulación 8020, en la cual se observó que a la mayoría de las personas les gusto levemente cada atributo de dicha formulación, siendo la textura y el sabor los atributos con mayor aceptación al gustarles levemente a un 55 % de las personas.

En la tabla 17, se estableció la comparación de las medias aritméticas por atributo de cada formulación, determinando que la formulación 8020 obtuvo mayor aceptabilidad general al gustarle levemente a un mayor porcentaje de personas, en comparación a la formulación 7030.

Los resultados físicos y químicos de la galleta con mayor aceptación general, siendo el peso, el espesor, el diámetro y la humedad de la galleta, se presentaron en la tabla 18, indicando que el peso de las galletas fue uniforme en cada unidad con una variación de ± 1 g. Asimismo, el espesor y el diámetro que fueron medidos con un vernier, presentaron pequeñas variaciones entre cada unidad. La humedad de la galleta fue de 12.25 %, lo cual es mayor al porcentaje de humedad de una galleta comercial que es de 8 %, esto debido a que los pseudocereales utilizados para elaborar las galletas poseen una humedad elevada, lo que le brinda el producto de galletería de la formulación 8020 una consistencia más blanda.

Para determinar la composición nutricional de las galletas con mayor aceptabilidad general, se realizó un análisis bromatológico del cual se obtuvo los resultados de proteína cruda, cenizas, grasa, fibra cruda y carbohidratos, que están planteados en la tabla 19.

La galleta obtuvo un 7.21 % de proteína, superior al establecido para galletas comerciales que es del 6 %. Se obtuvo un 3 % de fibra cruda, siendo este porcentaje mayor que el establecido de 0.5 %, y valida el aporte de fibra que las harinas de quínoa y ajonjolí le dieron a la galleta. Con respecto al porcentaje de grasa se obtuvo un valor de 20.26 %, debido a las grasas que contiene el ajonjolí y la quínoa. La galleta obtuvo un 1.94 % de cenizas, lo cual está dentro de la especificación de la galleta comercial, que es de máximo 2 %. Por último, la galleta reportó un valor de 55.34 % de carbohidratos solubles, lo cual se dio debido a que la galleta tiene una cantidad elevada de materia orgánica. Estos carbohidratos son buenos, ya que ayudan a controlar el azúcar en la sangre.

Como el producto fue fortificado con una premezcla compuesta de 6 vitaminas y 2 minerales, se realizaron los análisis de nutrientes a la galleta, y se reportaron los resultados en la tabla 20. La galleta presentó 404.60 µg de vitamina A por porción (1 galleta), que es aproximadamente la mitad del valor de referencia diario de vitamina A. Con respecto al ácido fólico se reportó 43.52 µg por porción, que es aproximadamente una cuarta parte del VRN de ácido fólico. De la cianocobalamina se obtuvo 0.38 µg por porción, lo que da un 38 % del VRN. De riboflavina se obtuvo 3.41 mg por galleta y de tiamina se reportó 1.45 mg por galleta, ambos superiores al VRN (1.6 mg y 1.4 mg, respectivamente); sin embargo, es aceptable este exceso debido a que la tiamina y la riboflavina no presentan problemas de toxicidad.

Por otro lado, se tiene la cantidad de niacina reportada en la galleta que fue de 1.12 mg siendo una cantidad baja al comparar con lo establecido por el VRN del RTCA (18 mg).

Los dos minerales analizados en la galleta fueron el hierro y el zinc. La cantidad de hierro en la galleta fue de 3.72 mg por porción, lo cual da un 27 %

del VRN que es de 14 mg. La cantidad de zinc en la galleta fue de 2.53 mg por porción, que da un 17 % del VRN que es de 15 mg. La fuente de hierro de la premezcla era hierro aminoquelado trisglicinado y la fuente de zinc era zinc aminoquelado bisglicinado. Estos minerales brindan una absorción mejor en comparación a las sales inorgánicas, lo cual da menos problemas gástricos.

Con los resultados de los minerales y vitaminas, se comprobó que la galleta es fortificada en vitamina A, tiamina, cianocobalamina, riboflavina, ácido fólico, hierro y en zinc, al cumplir con los parámetros establecidos en el anexo E del RTCA 67.01.60:10. Por lo que, una galleta representa un aporte significativo a la alimentación balanceada y favorece a la nutrición de las personas.

Finalmente, se realizó un análisis de costos para determinar el costo de la galleta. En dicho análisis se incluyó la materia prima y el proceso, por lo que, la galleta elaborada a partir de harina de quínoa y harina de ajonjolí sabor a chocolate tiene un costo de Q 10.60, lo cual es un buen costo tomando en cuenta los beneficios que esta galleta otorga a la nutrición de las personas y que los ingredientes utilizados no contienen gluten; además, en comparación a otras galletas comerciales sin gluten y fortificadas, el costo es menor.

CONCLUSIONES

1. Se definieron las dos formulaciones para la fabricación de la galleta de harina de Quínoa y harina de Ajonjolí, en las cuales se utilizaron ingredientes sin gluten, así como, se utilizó una premezcla de minerales y vitaminas, para obtener una galleta fortificada y libre de gluten.
2. Se evaluó la aceptabilidad general de las galletas basándose en las propiedades organolépticas de cada una de ellas. La formulación 8020 obtuvo mayor aceptación tanto en color, olor, sabor y textura.
3. Se determinaron las características físicas y químicas de la galleta, así como su composición nutricional. La galleta tiene un mayor porcentaje de carbohidratos solubles en comparación con los otros parámetros y tiene un aporte significativo de fibra en comparación a las galletas comerciales.
4. Se aseguró el cumplimiento regulatorio para producto preenvasado de acuerdo con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala. La galleta es fortificada con respecto a la vitamina A, ácido fólico, tiamina, cianocobalamina, riboflavina, hierro y zinc.
5. Se estimó que el costo directo de la galleta es de Q 10.60 por unidad, debido a que la galleta está fortificada solo se debe comer una unidad por día.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la formulación de la galleta propuesta en este trabajo elaborada a nivel laboratorio como base para realizar pruebas industriales y poderla llevar a mayor escala.
2. Seguir con investigaciones que promuevan el desarrollo y la innovación de productos alimenticios, apoyando a los pequeños productores para obtener una mayor variedad de alimentos que sean beneficiosos para los consumidores.
3. Considerar los datos del presente estudio para elaborar una galleta fortificada sin gluten en la industria alimenticia de galletas, y así, diversificar sus productos y ampliar su mercado a diferentes consumidores.
4. Plantear nuevas formulaciones de galletas fortificadas sin gluten utilizando otras premezclas de diferentes vitaminas y minerales para fortificar las galletas, según sean las necesidades del consumidor.
5. Continuar realizando estudios, que permitan identificar otros pseudocereales que no son aprovechados y que se puedan utilizar para la producción de galletas fortificadas y sin gluten, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los posibles consumidores.

REFERENCIAS

- Academia del área de plantas piloto de alimentos (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos*. LIMUSA, S.A.
<https://books.google.com.gt/books?id=V2lqmVapJWkC&lpg=PA54&pg=PA4#v=onepage&q&f=false>
- American Egg Board (2012). *The incredible edible egg Eggyclopedia* [El increíble huevo comestible Eggyclopedia]. American Egg Board (AEB).
<https://www.iowaegg.org/filesimages/eggyclopedia-fifth-edition.pdf>
- 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 pregrado, Universidad Nacional Del Santa de Perú]. Archivo digital: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3051>
- Altschul, A. & Wilcke, H. (2013). *New Protein Foods: Seed Storage Proteins, Volume 5* [Nuevos alimentos proteicos: Proteínas de almacenamiento de semillas, volumen 5]. Academic Press.
<https://books.google.com.gt/books?id=fcXYBAAQBAJ&lpg=PP1&pg=P1#v=onepage&q&f=false>
- Bonilla, G., Turcios, E. y Sánchez, O. (2021). *Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua, en el departamento de Jalapa*. Dirección General de Investigación de Universidad de San Carlos de Guatemala.
<https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2020-07.pdf>

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]. Archivo digital: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1190/1/ULEAM-POSG-CTA-0007.pdf>

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 pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Archivo digital: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0176.pdf

Chimborazo, E. (2015). *Elaboración de harina de ajonjolí (Sesamum indicum), para sustituir la harina de trigo en la elaboración de galletas*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. Archivo digital: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10473>

Corporación PBA (2013). *Guía para el manejo integrado del cultivo de Ajonjolí*. Red de productores de Ajonjolí de la Región Caribe colombiana.

Coultate, T. (2007). *Manual de Química y bioquímica de los alimentos*. Acribia, Editorial, S.A.

Cuadrado, S. (2012). *La quinua en el Ecuador situación actual y su Industrialización*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador]. Archivo digital: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5221>

Cuba, A. y Lovon, Y. (2018). *Formulación de una premezcla panadera a base de harina de semillas: chía (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 pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú]. Archivo digital: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/75De>

Fennema, O. (1996). *Food Chemistry* [Química de alimentos]. Marcel Dekker, INC. <https://books.google.com.gt/books?id=1OhFPZ7tFz8C&lpg=PA53&dq=Food%20Chemistry%2C%20Third%20Edition%20cookies&pg=PP10#v=onepage&q=Food%20Chemistry,%20Third%20Edition%20cookies&f=false>

García, J. y Masip, F. (2018). *Elaboración de confitería y otras especialidades.* Síntesis, S.A. <https://www.sintesis.com/data/indices/9788491711933.pdf>

Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos.* Ed. Médica Panamericana. <https://books.google.com.gt/books?id=hcwBJ0FNvqYC&lpg=PR3&pg=PR3#v=onepage&q&f=false>

Greenfield, H. y Southgate, D. (2006). *Datos de composición de alimentos.* FAO. <http://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>

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. *Alimentos Hoy*, 22(29), 47-60. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/231/224>

Hernández, J. (2012). *Formulación y evaluación de panes para celíacos*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México]. Archivo digital: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/516?show=full>

Hernández-Monzón, A., García-Pedroso, D., Calle-Domínguez, J. y a-Duarte, C. (2014). Desarrollo de una galleta dulce con ajonjolí tostado. *Química*, 34(3), 240-250. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S222461852014000300003&lng=es&tlng=en>.

Herrera, C., Bolaños, N. y Lutz, G. (2003) *Química de alimentos, manual de laboratorio*. Universidad de Costa Rica. <https://books.google.com.gt/books?id=8VpJ8foyDiIC&lpg=PP8&hl=es&pg=PP8#v=onepage&q&f=true>

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 pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1887>

Información sobre operaciones de poscosecha [INPhO]. (2013). *Quinoa: Operaciones de Poscosecha*. Instituto de desarrollo agroindustrial. <https://www.fao.org/3/ar364s/ar364s.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2015). *El mercado y la producción de Quinoa en el Perú*. Autor. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2652>

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 pregrado, Universidad Nacional del Santa. Perú]. Archivo digital: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3117>

Manley, D. (1989). *Tecnología de la industria galletera.* Acribia, Editorial, S.A. https://books.google.com.gt/books?id=h0ZbPwAACAAJ&dq=inauthor:%22D.+J.+R.+Manley%22&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y

Mera, E. (2017). *Análisis Gastronómico de la Semilla Ajonjolí (Sesamun Indicum) en la ciudad de Guayaquil* [tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Archivo digital: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20739>

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. <https://www.revcitecal.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/91/76>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2011). *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.* Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC). <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>

Ortiz, S. (2017). *Desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base harina de arroz, quínoa y chía destinadas a regímenes alimenticios sin gluten.*

[Tesis doctoral, Universidad Central de Venezuela]. Archivo digital:
<http://saber.ucv.ve/handle/123456789/18215>

Potter, N. y Hotchkiss, J. (1995). *Ciencia de los alimentos*. Acribia, Editorial, S.A.
https://books.google.com.gt/books/about/Ciencia_de_los_alimentos.html?id=crIWAAAACAAJ&redir_esc=y

PROINPA. (2003). *Catálogo Quinua Real*. Impresiones Poligraf.
<https://www.proinpa.org/web/biblioteca-virtual/quinua/variedades-de-quinua/>

Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 12(1), 83-102. https://www.researchgate.net/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor

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*.
<https://extranet.who.int/nutrition/gina/es/node/22906>

Robles, R. (1991). *Producción de oleaginosas y textiles*. Editorial LIMUSA, S.A.

Rodríguez, P. (2015). *Elaboración de galletas sin gluten con mezclas de harina de Arroz-Almidón-Proteína* [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid España]. Archivo digital: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/15107>

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]. Archivo digital: <http://repositorio.unifsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3570>

Sancho, J., Bota, E. y De Castro, J. (1999) *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. 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

Sanhueza, F. (2007). *Desarrollo de Galletón de quínoa (*Chenopodium quinoa willd*) con nuez*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Archivo digital: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105626>

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]. Archivo digital: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2637>

United States Department of Agriculture [Departamento de agricultura de los Estados Unidos] (2016). *Bases de datos de composición de alimentos: semillas, semillas de sésamo, entero, seco*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170150/nutrients>

Vaca, F., Vásquez, J., Vásquez, V. y Vásquez, J. (2001). *Manual de manejo. El cultivo del Ajonjolí*. Departamento de protección vegetal, El Zamorano. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf

APÉNDICES

Apéndice 1.

Formulario para panel sensorial

Aceptabilidad sensorial de una galleta fortificada sin gluten de harina de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.) sabor a chocolate																					
Nombre: _____	Formulación: _____																				
Edad: _____	Fecha: _____																				
<p>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.</p>																					
Color	Olor																				
<table border="1"><tr><td>Me disgusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me disgusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>No me gusta ni me disgusta</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>	Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>Me disgusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me disgusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>No me gusta ni me disgusta</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>	Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Sabor	Textura																				
<table border="1"><tr><td>Me disgusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me disgusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>No me gusta ni me disgusta</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>	Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>Me disgusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me disgusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>No me gusta ni me disgusta</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta levemente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Me gusta mucho</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>	Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>	No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>	Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
Me disgusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
No me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta levemente	<input type="checkbox"/>																				
Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>																				
¡Gracias por su colaboración!																					

Nota. Formato de formulario utilizado por el panel sensorial. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
Pregunta principal ¿Cuál debe de ser la formulación óptima para elaborar una galleta fortificada sin gluten de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de Ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.) sabor a chocolate?	Objetivo general Establecer la formulación óptima para elaborar una galleta fortificada sin gluten de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y harina de Ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.) sabor a chocolate.		1. Utilizar la formulación de la galleta propuesta en este trabajo elaborada a nivel laboratorio como base para realizar pruebas industriales y podería llevar a mayor escala. 2. Se recomienda a la academia, seguir promoviendo investigaciones que promuevan el desarrollo y la innovación de productos alimenticios, apoyando a los pequeños productores para obtener una mayor variedad de alimentos que sean beneficiosos para los consumidores.
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</i> L.)? 2. ¿Cuál es la formulación que obtiene mayor grado de aceptabilidad general basada en sus propiedades organolépticas? 3. ¿Cuáles son las características físicas y químicas, y la composición nutricional de la galleta? 4. ¿Se asegura que el producto preenvasado cumpla con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala? 5. ¿Cuál es el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general?	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</i> L.). 2. Evaluar la aceptabilidad general de las galletas basada en sus propiedades organolépticas. 3. Determinar las características físicas y químicas, y la composición nutricional de la galleta. 4. Asegurar el cumplimiento regulatorio para producto preenvasado de acuerdo con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala. 5. Estimar el costo directo de la galleta con mayor aceptabilidad general.	1. Se definieron las dos formulaciones para la elaboración de la galleta de harina de Quinoa y harina de Ajonjolí, en las cuales se utilizaron ingredientes sin gluten, así como, se utilizó una premezcla de vitaminas y minerales, para obtener una galleta fortificada y libre de gluten. 2. Se evaluó la aceptabilidad general de las galletas basándose en las propiedades organolépticas de cada una de ellas. La formulación 8020 obtuvo mayor aceptación tanto en color, olor, sabor y textura. 3. Se determinó las características físicas y químicas de la galleta, así como su composición nutricional. La galleta tiene un mayor porcentaje de carbohidratos solubles en comparación con los otros parámetros y tiene un aporte significativo de fibra en comparación a las galletas comerciales 4. Se aseguró el cumplimiento regulatorio para producto preenvasado de acuerdo con la legislación alimentaria aplicable para Guatemala. La galleta es fortificada con respecto a la vitamina A, ácido fólico, tiamina, cianocobalamina, riboflavina, hierro y zinc. 5. Se estimó que el costo directo de la galleta es de Q10.60 por unidad, debido a que la galleta está fortificada solo se debe comer una unidad por día.	3. Los productores en la industria alimenticia de galletas pueden utilizar los datos del presente estudio para elaborar una galleta fortificada sin gluten, y así, diversificar sus productos y ampliar su mercado a consumidores de productos sin gluten. 4. Plantear nuevas formulaciones de galletas fortificadas sin gluten utilizando otras premezclas de diferentes vitaminas y minerales para fortificar las galletas, según sean las necesidades del consumidor. 5. Es importante continuar realizando estudios, que permitan identificar otros pseudocereales que no son aprovechados y que se puedan utilizar para la elaboración de galletas fortificadas y sin gluten, con el fin de satisfacer las necesidades de los posibles consumidores.

Nota. Matriz de coherencia del problema de la tesis. Elaboración propia, realizado con Word.

Apéndice 3.

Fotografías de galletas de formulaciones seleccionadas.



Nota. Galletas de la formulación 7030 y 8020. Elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1.

Resultados de los análisis bromatológicos, de vitaminas y minerales



LABORATORIO DSG
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

Informe de Resultados: 2022-00937

Fecha: 21/6/2022

Cliente:	Karen Acevedo Proaño	Referencia:	
Dirección:	Ciudad	Fecha y Hora Muestreo:	02/06/2022 10:29
Orden de Cliente:		Lugar de Muestreo:	Tomada por el cliente
Muestra enviada por:	Karen Acevedo Proaño		
Fecha de Recepción:	02/06/2022		

Código: 27900	Descripción: Galleta de harina de ajonjolí y quinos sabor a Chocolate					Lote:
Referencia: 1	Tipo: Alimento					
Análisis	Resultado	u.m.	LD/LC	Metodología	Fecha de Análisis	
Hierro	10.95	mg/100g*	0.005	Espectrofotometría con digestión ácida	06/06/2022	
Carbohidratos Solubles (ELN)	55.34	%*	NA	Por fórmula	08/06/2022	
Cenizas	1.94	%*	0.10	Gravimetría	08/06/2022	
Energía (Calorías)	4,217.05	Kcal/kg*	NA	Por Fórmula	08/06/2022	
Fibra Cruda	3.00	%*	0.50	AOAC: 962.09	08/06/2022	
Grasa	20.26	%*	0.50	Extracción Soxhlet	07/06/2022	
Humedad	12.25	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	06/06/2022	
Proteína	7.21	%*	0.50	AOAC 976.05	08/06/2022	
Vitamina A	1.19	mg/100g*	0.01	USP 38 NF 33 (HPLC)	20/06/2022	
Vitamina B1 (Tiamina)	4.26	mg/100g*	0.10	Inmunoensayo enzimático	09/06/2022	
Vitamina B12 (cianocobalamina)	1.13	ug/100g*	0.50	Inmunoensayo enzimático	06/06/2022	
Vitamina B2 (Riboflavina)	10.04	mg/100g*	0.02	Inmunoensayo enzimático	09/06/2022	
Vitamina B3 (Niacina)	3.30	mg/100g*	0.02	Inmunoensayo enzimático	17/06/2022	
Vitamina B9 (Ácido Fólico)	128	ug/100g*	1	Inmunoensayo enzimático	17/06/2022	
Zinc	7.45	mg/100g*	0.01	Espectrofotometría de Absorción Atómica	20/06/2022	

* u.m. = unidad de medida, LD/LC = Límite de Detección/Cuantificación, ND = No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponden a la muestra tal y como fue recibida

ULTIMA LINEA



Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez
Colegiado No. 1785
Director Técnico Físicoquímica

Nota. Resultados de los análisis externos. Obtenidos del Laboratorio DSG (2022). Informe de resultados: 2022-00937. (p. 1)

Anexo 2.

Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes

Proteína	Alto, buena fuente, rico en, excelente fuente	Contiene dos veces los valores para fuente
Vitaminas y Minerales		
Fibra		6 g por 100 g o 3 g por 100 kcal o 20% del valor diario de referencia por Porción
Proteína	Fuente, mas, adicionado, extra, enriquecido, fortificado	Contiene no menos de 10% del VRN por 100 g o contiene no menos de 5% del VRN por 100 ml o contiene no menos del 5% del VRN por 100 kcal, o contiene no menos del 10% del VRN por Porción del alimento
Vitaminas y Minerales		Contiene no menos de 15% de VRN por 100 g (sólidos) 7.5% de VRN por 100 ml (líquidos ó 5% de VRN por 100 kcal (12% de VRN por 1 MJ) ó 10% de VRN por porción de alimento
Fibra		Contiene no menos de 3 g por 100 g o 1.5 g por 100 kcal o por porción del alimento

Nota. Condiciones relativas al contenido de vitaminas y minerales. Obtenido del Reglamento Técnico Centroamericano (2012). RTCA 67.01.60.10 Anexo E. Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes. (<https://extranet.who.int/nutrition/gina/es/node/22906>) consultado el 29 de julio de 2022.

Anexo 3.

Descripción del PREMIX KEL-003



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 triglicinado 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

Nota. Vitaminas y minerales usados para fortificación. Obtenido de Prodipasa (2021). *PREMIX KEL – 003 Fortificación de galletas.* (p. 1).

Anexo 4.

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.
MICROBIOLOGICAS: 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 almacenamineto bajo guías de BPM asegura un tiempo de 12 meses.



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

Nota. Especificaciones organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, y almacenamiento. Obtenido de Prodigasa (2021). PREMIX KEL – 003 Fortificación de galletas. (p. 2).