



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE ALIMENTOS

Enriquecimiento de una galleta de trigo mediante la sustitución parcial con chía
(*Salvia hispanica* L.)

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Alexis Sebastián Espín Noboa

Tutor: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato – Ecuador

Febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 15 de enero del 2024

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I. 0501873954

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Alexis Sebastián Espín Noboa, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Alexis Sebastián Espín Noboa

C.I. 0604809483

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y realice respetando mis derechos de autor.



Alexis Sebastián Espín Noboa

C.I. 0604809483

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:

Presidente del tribunal

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

0502966377

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305

Ambato, 6 de febrero de 2024

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi madre Hilda, por todo el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi formación académica, por sus enseñanzas, amor y comprensión en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanos Jairo y Doménica; mis sobrinas Isis y Catrina, por brindarme su alegría y compañía.

A Tannia por brindarme su compañía, amor y apoyo a lo largo de la carrera. Por tu alegría y confianza que has tenido conmigo. Por cada detalle que me has hecho, te dedico este último proyecto de mi vida universitaria.

A mi mascota Jack por siempre motivarme cada domingo a hacer ejercicio y soportar mi mal genio y estrés de la semana.

Finalmente, quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y futuros colegas, quienes me brindaron horas de risas y buenos momentos cada semestre, en especial a Jair y John por ser los ñoños más grandes que he conocido. Los quiero mucho muchachos no cambien.

Alexis Espín

AGRADECIMIENTO

De manera especial agradezco a la Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar por su tiempo, paciencia y enseñanzas a lo largo del desarrollo de este trabajo, por su confianza y apoyo en todo momento.

De igual manera agradecer a todos los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por su tiempo, enseñanzas y consejos a lo largo de mi formación académica.

Quiero agradecer a mis amigos John, Jair, Paola, Roberto, Anthonella, Jenny por haberme acompañado durante toda mi carrera y haber hecho de mi vida universitaria la más alegre y divertida posible.

A mis amigos Juan, André y Jhoel quienes me han acompañado a lo largo de mi vida y que a pesar de la distancia siempre han conservado su amistad y espero en un futuro poder seguir contando con su apoyo incondicional como hasta ahora.

Finalmente agradecer a Tannia por impulsarme a salir de mi zona de confort y obligarme a surgir en la vida, comenzando con un nuevo proyecto que durante estos últimos semestres se convertiría en mi nuevo emprendimiento. Por siempre confiar en mi a pesar de que el inicio fue muy duro y brindarme sus palabras de aliento siempre que las necesitaba.

Alexis Espín

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes de la investigación	1
1.1.1 Galletas.....	1
1.1.2 Galletas sustituidas.....	1
1.1.3 Chía	2
1.1.4 Chía en la industria alimentaria.....	5
1.1.5 Trigo.....	6
1.1.6 Tiempo de vida útil en galletas	8
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo general	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
1.3 Hipótesis.....	10

CAPITULO II	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Materiales	11
2.1.1 Ingredientes	11
2.1.2 Materiales de laboratorio.....	11
2.1.3 Equipos.....	11
2.2 Métodos.....	12
2.2.1 Elaboración y horneado de la galleta	12
2.2.2 Diseño experimental.....	13
2.2.3 Análisis sensorial	14
2.2.4 Análisis proximal	14
2.2.5 Determinación del pH	14
2.2.6 Determinación de la actividad de agua (aw).....	14
2.2.7 Determinación de humedad por el método de la estufa	14
2.2.8 Determinación de cenizas	15
2.2.9 Determinación de proteína	15
2.2.10 Determinación de grasa.....	16
2.2.11 Determinación de fibra.....	17
2.2.12 Análisis de carbohidratos totales.....	19
2.2.13 Análisis de textura.....	19
2.2.14 Análisis de rancidez oxidativa	19
2.2.15 Análisis microbiológico	20
CAPITULO III	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	21
3.1.1 Análisis sensorial	21
3.1.1.1 Olor	23

3.1.1.2	Color.....	23
3.1.1.3	Sabor	24
3.1.1.4	Textura	24
3.1.1.5	Aceptabilidad	25
3.1.2	Análisis de textura con Brookfield CT3.....	25
3.1.3	Análisis proximal de las galletas.....	26
3.1.4	Análisis de rancidez oxidativa	28
3.1.5	Análisis microbiológico	30
CAPITULO IV.....		32
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
4.1	Conclusiones	32
4.2	Recomendaciones.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía de la chía	2
Tabla 2.	Taxonomía del trigo (Triticum)	7
Tabla 3.	Formulación de las galletas sustituidas parcialmente con chía.....	13
Tabla 4.	Tratamientos con diferentes porcentajes de la presentación de la chía.....	14
Tabla 5.	ANOVA de los atributos sensoriales de las galletas.....	22
Tabla 6.	Prueba de Tukey del atributo color	22
Tabla 7.	Prueba de Tukey del atributo sabor.....	22
Tabla 8.	ANOVA de las características dureza y fracturabilidad	25
Tabla 9.	Prueba de Tukey del atributo dureza.....	25
Tabla 10.	Resultados del análisis del mejor tratamiento.....	26
Tabla 11.	Valores de IP acorde a la temperatura y presión del equipo Oxitest	29
Tabla 12.	Tiempo de vida útil estimado a 25°C	29
Tabla 13.	Resultado de los análisis microbiológicos a los 40 días de almacenamiento de la mejor formulación	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de una galleta de trigo sustituida parcialmente con chía.....	12
Figura 2. Análisis sensorial del blanco y las tres formulaciones de galleta.....	22
Figura 3. Regresión lineal entre la temperatura y el logaritmo natural del periodo de inducción.....	29
Figura 4. Elaboración de las galletas	39
Figura 5. Desarrollo de los análisis fisicoquímicos y proximal.....	39
Figura 6. Desarrollo de los análisis reológicos	40
Figura 7. Desarrollo del análisis de rancidez oxidativa	40
Figura 8. Desarrollo del análisis microbiológico	41
Figura 9. Resultados de grasa, fibra dietética y proteína elaborada por LACONAL42	

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	15
Ecuación 2	15
Ecuación 3	16
Ecuación 4	16
Ecuación 5	17
Ecuación 6	18
Ecuación 7	18

RESUMEN EJECUTIVO

Las galletas son de los productos más populares y consumidos en el Ecuador. Sin embargo, el ritmo de vida acelerado de los consumidores crea la necesidad de alimentos de fácil acceso, rápido consumo y beneficien a su salud. La chía (*Salvia hispánica* L.) es un pseudocereal con diversas propiedades funcionales, nombrada como un super alimento por su alta cantidad de proteína, antioxidantes, fibra y ácidos grasos, provechosos para el ser humano.

Esta investigación tiene la finalidad de solucionar este problema social, generando una galleta con una mayor cantidad de proteína, fibra y vitaminas. Se propuso 3 formulaciones con una sustitución parcial del 10 por ciento de harina de trigo. Se mezclaron los ingredientes para formar una masa que sería laminada y horneada. Se determinó la mejor formulación a través de un análisis sensorial y se desarrolló un análisis proximal y análisis de rancidez oxidativa a la misma. Se midió dureza y fracturabilidad entre los tratamientos.

El análisis sensorial determinó a la formulación 544 como la mejor, destacando diferencias significativas en los atributos de color y sabor entre los 3 tipos de galletas. El análisis proximal señaló un incremento de proteína y fibra en la mejor formulación, indicando un enriquecimiento de nutrientes. El análisis reológico presentó un incremento en la dureza del tratamiento 197 a comparación del resto. Finalmente, el análisis de rancidez oxidativa determinó un tiempo de vida útil de 304 días en la mejor formulación con un análisis microbiológico que garantiza la inocuidad del producto durante su almacenamiento.

Palabras clave: Industria alimentaria, productos de pastelería, pseudocereales, harinas no convencionales, vida útil de alimentos, chía.

ABSTRACT

Cookies are among the most popular and consumed products in Ecuador. However, the fast pace of life of consumers creates a need for foods that are easy to access, quick to consume, and benefit their health. Chia (*Salvia hispanica* L.) is a pseudocereal with diverse functional properties, named as a superfood for its high amount of protein, antioxidants, fiber and fatty acids, beneficial to humans.

This study aims to solve this social problem by generating a cookie with a higher amount of protein, fiber, and vitamins. Three formulations were proposed with a partial substitution of 10 percent of wheat flour. The ingredients were mixed to form dough that was laminated and baked. The best formulation was determined through sensory analysis, and proximate and oxidative rancidity analyses were developed. Hardness and fracturability were measured between the treatments.

Sensory analysis determined formulation 544 to be the best, highlighting significant differences in color and flavor attributes among the three types of cookies. Proximal analysis showed an increase in protein and fiber contents in the best formulation, indicating nutrient enrichment. Rheological analysis showed an increase in the hardness of treatment 197 compared to the other treatments. Finally, oxidative rancidity analysis determined a shelf life of 304 days in the best formulation with a microbiological analysis that guarantees the safety of the product during storage.

Keywords: Chia, cookie, wheat, shelf life, non-conventional flours, bakery products

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Galletas

Una galleta se define como un producto alimenticio procesado de alto contenido energético y densidad calórica (Vázquez et al., 2020). El nombre de galleta es procedente del francés “galette” la cual significa pastel horneado, elaborada con una pasta conformada por harina, mantequilla, huevos y azúcar (Aritizabal & Dominguez, 2020).

Las galletas se han constituido con el paso de los años como un producto versátil clasificado de consumo masivo en la industria. La industria galletera a pesar de que en la actualidad se ha visto opacada por productos más populares como los bocadillos, chips y bebidas gaseosas continúa innovando acorde a la demanda del consumidor. Esto lo logra sustituyendo la harina de trigo por cereales como la avena, arroz, cebada o incluso frutas como el higo y la banana, buscando así reducir la cantidad de gluten y azúcares refinados que una persona consume en una galleta. Estas harinas son esenciales para las características de calidad de las galletas, como su esparcimiento, granulosis superficial, compactación, fragilidad y fuerza. La galleta sustituida parcialmente con otras harinas se convierte en un alimento idóneo para la suplementación saludable de una comunidad por su aporte proteico y vitamínico de alta calidad, fácil elaboración, acceso y consumo (Cali, 2016).

1.1.2 Galletas sustituidas

El desarrollo de la tecnología de alimentos ha permitido la generación de harinas de distintos orígenes. En cuanto a galletería se refiere, se han llevado a cabo diversos estudios donde las harinas que sustituyen al trigo son de origen andino como la oca, el camote (Toapanta, 2023) o frutas como el higo (Quelal, 2023). Todo esto con el objetivo de ofrecer al mercado una opción alterna a las galletas de trigo y que aporte un beneficio en su salud por el enriquecimiento con nutrientes de mejor calidad.

Al momento de reemplazar la harina de trigo por harinas integrales de mejor composición nutricional la galleta adquiere un aumento de proteína y fibra dietética principalmente. Un ejemplo son las galletas elaboradas a partir de la harina de oca y camote de **Toapanta (2023)** que presentó un valor proteico de 4,56 % y 4,94% y fibra en un 7,30% y 15,40% respectivamente, las cuales comparando con una galleta de trigo (4,59% en proteína y 3.04 en fibra dietética) denotan una diferencia entre ambos tipos de galleta (**Méndez & Delahaye, 2007**).

1.1.3 Chía

La chía, conocida científicamente como *Salvia hispánica* L, es una planta herbácea anual originaria del sur de México y el norte de Guatemala. Su nombre científico es *Salvia hispánica* L y su taxonomía se indica en la Tabla 1. La chía crece principalmente de sus semillas y genera flores blancas como purpuras, su tamaño varía entre 3 a 4 mm y son hermafroditas. La planta es sensible a la luz del día, puede crecer hasta un metro de alto, sus hojas son peciolados al reverso y aserrado, midiendo entre 4 – 8 cm de longitud y su ancho de 3 a 5 cm. La semilla de chía es pequeña generalmente tiene una forma ovalada de 2 mm de longitud, un ancho de 1 – 1.5 mm y un espesor de 1 mm. El color de estas semillas varía entre negro, gris, negro con manchas y blancas. En cuanto a morfología, las semillas blancas son más gruesas, largas y amplias que las semillas de chía negras (**Hrnčič et al., 2020**).

Tabla 1

Taxonomía de la chía

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	<i>Salvia</i>
Especie	<i>S. hispánica</i>
Nombre científico	<i>Salvia hispánica</i> L
Nombre común	Chía

Fuente: (Hrnčič et al., 2020; Inciso, 2019)

La diferencia de color entre las semillas de chía negras y blancas tiene un impacto mínimo en su valor nutricional. Por ejemplo, se reporta que las semillas de chía negras y blancas tienen un contenido de proteína del 16.5% y un contenido de fibra del 32.4%, respectivamente (**Hrnčič et al., 2020**).

La chía es una semilla que ha ganado popularidad en los últimos años debido a su alto valor nutricional. Según **Silva et al. (2021)**, la composición química de la chía por cada 100 g muestra un valor nutricional alto, proporciona conformada aproximadamente de 486 kcal, 16% de proteínas, 30% de lípidos totales, 42% carbohidratos y 34% de fibra dietética. Además, la chía es rica en micronutrientes como polifenoles, carotenoides, vitaminas y minerales. La chía también es conocida como una de las mejores fuentes vegetales de ácidos grasos omega-3 (ω -3), ácido α -linolénico (ALA) (**Ullah et al., 2016**).

Un estudio publicado en la revista científica *Nutrients* indica que la chía tiene un alto contenido de antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) que pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Además, la chía puede ser beneficiosa para personas con diabetes tipo 2 debido a su capacidad para reducir los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, es importante tener en cuenta que factores como el clima y la ubicación geográfica pueden influir en la concentración y biodisponibilidad de nutrientes en las semillas de chía (**Ullah et al., 2016**).

Composición nutricional del pseudocereal:

– **Proteína**

El contenido de proteína de la semilla de chía oscila entre 19 – 23%. Siendo este contenido mayor comparado con cereales tradicionales como el trigo (13.7%), maíz (10%), arroz (8.5%), avena (15.3%) y cebada (9.2%) (**Cruz et al., 2013**).

En adición a esto, **Grancieri et al. (2019)** afirma que la fracción rica en proteínas obtenidas de las semillas de chía ha demostrado una alta estabilidad térmica, entre 70,4 y 125,0 °C, además de buenas capacidades de retención de agua (4,06 g/g) y aceite (4,04 g/g). Esta alta estabilidad está asociada con interacciones hidrofóbicas entre aminoácidos (**Olivos-Lugo et al., 2010**). La fracción rica en proteínas tiene una alta actividad emulsionante independiente del pH, pero en pH entre 8 y 10 se ha demostrado que la estabilidad de la emulsión es la más alta, alrededor del 92%.

– Grasa

Por otra parte, **Silva et al. (2021)** destacan en las semillas de chía su alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido alfa-linolénico (ALA) y ácido linoleico (LA) representando aproximadamente el 60% y el 20% respectivamente de todos los ácidos grasos, mientras presenta una menor cantidad en ácido palmítico y oleico. Esto es beneficioso para el ser humano y los animales debido a que mejora la resistencia a la insulina, tolerancia a la glucosa, entre otras más.

– Fibra

La fibra dietética se clasifica según su origen, ya sea que provenga de las paredes celulares, naturaleza química y la solubilidad en agua, dividiéndose así en solubles (FDS) e insolubles (FDI). Las fibras solubles, como las pectinas, gomas, mucílago y ciertos tipos de hemicelulosas crean una red al entrar en contacto con el agua, atrapando el líquido y generando soluciones altamente viscosas. En contraste, las fibras insolubles, como la celulosa, lignina y algunas fracciones de hemicelulosa dan lugar a soluciones de baja viscosidad (**A. Rodríguez, 2016**).

Las semillas de chía son un ingrediente potencial dentro de la industria alimenticia debido a su contenido de fibra dietética. Según **Reyes-Caudillo et al. (2008)**, el contenido de fibra dietética total (TDF) en las semillas de chía cultivadas en diferentes regiones de México varía entre 18 g/100 g y 60 g/100 g de materia seca. El TDF incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y otras sustancias asociadas. **Vázquez-Ovando et al. (2010)** confirmaron los hallazgos anteriores y determinaron las propiedades fisicoquímicas de una fracción fibrosa de la chía. La fracción presentó un alto contenido de TDF (56,46 g/100 g), compuesta principalmente por fibra dietética insoluble (IDF) (53,45 g/100 g) con un bajo contenido de fibra dietética soluble (SDF) (3,01 g/100 g). Estos resultados demuestran como la chía es una excelente fuente de fibra comparada con cereales como el arroz, maíz, especies como la quinua, las semillas de girasol que contiene cerca de la mitad de fibra que posee la chía. Además, es importante tomar en cuenta que para toda esta fibra pueda ser asimilada en el cuerpo es necesario de una molienda o masticación previa.

– Vitaminas y minerales

Dentro de las vitaminas principales que componen las semillas de chía se encuentran niacina, vitamina C, vitamina E, tiamina, riboflavina, folato, vitamina A. En cuanto a minerales se encuentran fósforo, calcio, potasio, magnesio, hierro, zinc, manganeso y aluminio (**Kulczyński et al., 2019**).

1.1.4 Chía en la industria alimentaria

Debido a las diversas propiedades que tiene la chía, puede ser empleada en una gran variedad de tecnologías de la industria alimentaria. Una de ellas son sus propiedades hidrofílicas, las cuales permiten sustituir a productos como los huevos y la grasa. Además de ello, se encuentra su capacidad de absorción de agua, la cual le permite absorber grandes cantidades de hasta 12 veces su propio peso. También proporciona a los alimentos una consistencia especial influyendo en sus características sensoriales. Es así como hoy en día la chía se ha utilizado en la industria en diferentes presentaciones, es decir, como enteras, molidas, en forma de gel y como aceite. El gel de las semillas de chía se ha empleado como sustituto del aceite o de huevos en productos horneados, reduciendo así el contenido calórico y graso de los productos. **Bornero y Aguirre (2010)** demostraron que el gel de semillas de chía puede reemplazar hasta el 25% del aceite o los huevos en pasteles. De esta manera confirmaron que el nivel de esta sustitución llega a tener un efecto ventajoso en los atributos sensoriales y nutritivos del producto, como el color, el sabor, la textura y la aceptación general. **Campos et al. (2016)** demostrando que un engrudo hecho a base de semillas de chía puede ser utilizado como un sustituto de emulsificantes y estabilizadores en la producción de helado. Otro ejemplo también es el uso de la chía en productos horneados como el pan donde se ha empleado harina de chía sustituyendo parcialmente a la de trigo. También existen casos en donde se ha llegado a emplear la chía para la elaboración de pastas, generando de esa manera un producto cuya cantidad de grasas es menor, convirtiéndola así en un producto más saludable para el consumidor. Todo esto sin mencionar que la chía es un alimento libre de gluten por lo que es apto para consumo de personas celiacas.

Es importante destacar que, cuando las semillas de chía no se muelen para hacer harina, pueden almacenarse durante mucho tiempo. Esto se debe principalmente a la cáscara que rodea el endospermo y en segundo lugar a los altos contenidos de compuestos con potencial antioxidante que protegen los ácidos grasos contra la oxidación. Esta propiedad en especial puede ser utilizada para generar un efecto antioxidante en los alimentos donde puede ser incorporada la chía. Siendo así que, en la actualidad se elaboran varios productos a base de semillas de chía o fortificados con ellas. Estos incluyen, por ejemplo, cereales para el desayuno, galletas, pasteles, jugos de frutas, yogures, salsas, mermeladas y conservas. Sin embargo, actualmente tanto en Polonia como en otros países europeos, su consumo es relativamente bajo, lo que se debe a las regulaciones legales vinculantes, así como la tecnología para su uso **(Kulczyński et al., 2019)**

1.1.5 Trigo

El trigo es uno de los cereales más antiguos y consumidos por la humanidad. Su origen se remonta a la antigua Mesopotamia, donde se cultivaron las primeras variedades de trigo escaña y farro, hace unos 11.000 años. Estas plantas evolucionaron a partir del trigo silvestre, que sufrió una mutación o una hibridación que le dio semillas más grandes y menos quebradizas. El trigo fue uno de los pilares de la revolución neolítica, que permitió el paso de una vida nómada de cazadores y recolectores a una agricultura sedentaria y estable **(Robledo-Arratia, 2014)**.

El cultivo del trigo se extendió por todo el mundo, llegando a India, Etiopía, España e Irlanda hacia el año 3000 a.C., y a China hacia el año 2000 a.C. El trigo fue introducido en América por los colonizadores europeos, y se adaptó a diferentes climas y suelos. El trigo ha sido un alimento básico para muchas civilizaciones, que lo han utilizado para hacer pan, harina, cerveza y otros productos. El trigo también ha impulsado el desarrollo de la tecnología agrícola, como la selección de variedades, la mecanización, la fertilización y el control de plagas. Este cereal es actualmente el tercer cereal más producido en el mundo, después del maíz y el arroz, y tiene un gran valor nutricional y económico **(Luján, 2019)**.

El trigo es un cereal del grupo de las gramíneas, su nombre científico es *Triticum aestivum* L, su taxonomía se presenta en la Tabla 2. Acorde al **Index Mundi (2023)**, 1600 mil toneladas de trigo son importadas al Ecuador, siendo sus principales

proveedores Canadá, EE. UU. y Argentina los que abastecen la industria molinera. La harina es el resultado más representativo del procesamiento del trigo importado con un 78%, donde un 23% se destina a la producción de pastas y el 55% a la industria panadera y galletera (**Lizarzaburo, 2021**). Por otra parte, a causa del constante crecimiento de la población junto a la demanda actual de productos de trigo, se ha visto la necesidad de implementar tecnologías nuevas que vayan de la mano con la industrialización y las tendencias sociales, por lo que se debe adecuar la harina de estos productos (**Holguín & Alvarado, 2017**).

Tabla 2

Taxonomía del trigo (Triticum)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Triticum</i> L
Especie	<i>Aestivum</i>
Nombre científico	<i>Triticum aestivum</i> L.
Nombre común	Trigo

Fuente: (Unda & Ponce, 2022)

Por otra parte, Ecuador produce trigo de un bajo contenido de proteínas, acorde al MAGAP (Ministerio de Agricultura y Ganadería), las provincias con mayor producción de trigo son Pichincha, Imbabura, Chimborazo, Carchi y Bolívar. De las cuales la provincia de Pichincha tiene la mayor producción triguera, aportando un 27%, seguido por Imbabura con 26%, dando un total de superficie sembrada y cosechada de este cereal de 9.140 y 8.980 hectáreas respectivamente (**Viera et al., 2020**).

Aun así, la producción de trigo ecuatoriano no es lo suficiente para abastecer a la demanda actual del país (**Huiñisaca, 2018**). Es debido a ello, que existe una diferencia significativa de la cantidad de trigo importado con el producido nacionalmente. En el año 2015 se registró una producción total 6.268 TM frente a una demanda de 919.274

TM. Esto se traduce en una importación de 913.006 toneladas métricas de trigo, representado así un 99.32% de la demanda **(Holguín & Alvarado, 2017)**.

Almidón

El endospermo es donde se encuentra el almidón ya sea con granos grandes (almidón A) y pequeño (almidón B), estos están compuestos de amilosa y amilopectina principalmente **(Shevkani et al., 2017)**.

Lípidos

Los lípidos se clasifican como polares y no polares, constituyendo entre el 2% y 2.5% del grano. Siendo así, los triglicéridos y ácidos grasos libres aquellos componentes principales de los no polares **(Silva et al., 2021)**.

Proteína

La proteína es considerada como el nutriente más importante para animales y humanos, como indica el nombre de su origen (“proteios”, que significa primario en griego). El contenido de proteínas varía del 10 al 18% de la masa seca total del grano de trigo. Además de ello, las proteínas son las responsables de determinar la capacidad de la harina de trigo que se puede dispensar en diversos alimentos. Especialmente, las proteínas del trigo tienen un papel importante en la retención de dióxido de carbono, el desarrollo de la masa y la calidad de horneado debido a sus atributos cuantitativos y cualitativos. Los granos de trigo maduros contienen del 8 al 20% de proteína **(Cruz et al., 2013)**.

Vitaminas y minerales

Las principales vitaminas encontradas en el trigo son las vitaminas B5, B1, B6, B3, B8, B2, B12, K, E y A. A más de ello presentan ácido ascórbico, borano, ácido ascórbico seco, yodo, sodio y caroteno. Mientras que en minerales están calcio, hierro, potasio, magnesio, fósforo, sodio, zinc, manganeso y selenio **(Ullah et al., 2016)**.

1.1.6 Tiempo de vida útil en galletas

El tiempo de vida útil se lo define como el período de tiempo en el cual es apto el consumo de las galletas, manteniendo sus propiedades fisicoquímicas como sensoriales.

El análisis sensorial es un factor determinante en la vida útil de varios alimentos. Productos que, a pesar de tener una gran estabilidad microbiológica, como lo son las galletas, dependen de sus propiedades sensoriales para determinar su tiempo de vida útil. Incluso en productos frescos como la pasta y el yogur, tras ser almacenados por periodos de tiempo prolongados, pueden ser seguros de consumir desde el punto de vista microbiológico, mientras que desde el punto de vista del consumidor estos son rechazados debido a la degradación de sus propiedades sensoriales (Cali, 2016).

Factores que afectan la vida útil de los alimentos

El deterioro de los alimentos es relacionado con una serie de factores ambientales como lo son la luz, el oxígeno, la humedad, la temperatura y el tiempo. Siendo el tiempo el factor que determinará hasta qué punto se degradará un producto. Ya que una vez se haya alcanzado la etapa de la senescencia, las reacciones bioquímicas generan cambios en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de los productos alimenticios (Peña & Nieves, 2018).

Luz: Es la responsable de la degradación de vitaminas sensibles a esta como lo son la vitamina A, vitamina C y la riboflavina. A esto se suma, el cambio de color de los alimentos. Sin embargo, se puede proteger a los alimentos de los cambios producidos por la luz mediante los empaques (Cali, 2016).

Oxígeno: Se caracteriza por los cambios de coloración, sabor y destrucción de las vitaminas de los alimentos.

Humedad: La humedad puede resultar ser el mayor problema para los productos secos, ya que estos están propensos a absorber el agua que se encuentra en el ambiente, condensándolo en sus estructuras. Siendo el material del empaque un factor clave para la evitar que los cambios en el ambiente afecten al producto.

La humedad superficial, producto de los cambios en la humedad relativa, puede causar efectos superficiales como lo son la adhesividad, cristalización a más de apelmazamientos (Posada, 2011).

La más mínima cantidad de humedad superficial puede causar la proliferación de mohos y bacterias afectando la inocuidad del alimento (Puma Isuiza et al., 2018).

Temperatura: La temperatura es un factor para tomar en cuenta ya que dependiendo de la misma conjunto con el tiempo determinarán la velocidad con la que se degradan las propiedades nutricionales y sensoriales del alimento. Sin mencionar que promueve el crecimiento microbiano y a temperaturas relativamente altas se desnaturalizan las proteínas y enzimas (**Posada, 2011**).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Enriquecer una galleta de trigo mediante la sustitución parcial con chía (*Salvia hispanica* L)

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer la formulación adecuada para una galleta enriquecida con harina de chía (*Salvia hispanica* L) mediante un análisis sensorial.
- Determinar las características fisicoquímicas y reológicas de la galleta obtenida.
- Realizar un estudio de vida útil de la formulación óptima.

1.3 Hipótesis

Hipótesis nula (H₀): La sustitución parcial con chía no afecta las características organolépticas de la galleta.

Hipótesis alternativa (H_a): La sustitución parcial con chía afecta las características organolépticas de la galleta.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Ingredientes

- Harina de trigo
- Chía remojada
- Chía molida
- Azúcar
- Cremapan
- Huevos
- Polvo para hornear

2.1.2 Materiales de laboratorio

- Crisoles
- Mortero
- Matraces
- Pinzas
- Vasos de precipitación
- Dedales de celulosa

2.1.3 Equipos

- Balanza Analítica
- Potenciómetro
- Sistema Soxhlet
- Texturómetro Brookfield
- Horno giratorio
- Mufla
- Baño termostático

2.2 Métodos

2.2.1 Elaboración y horneado de la galleta

Para la elaboración de las galletas se utilizó el procedimiento de **Quelal (2023)** con ligeras modificaciones como se puede apreciar en la Figura 1.

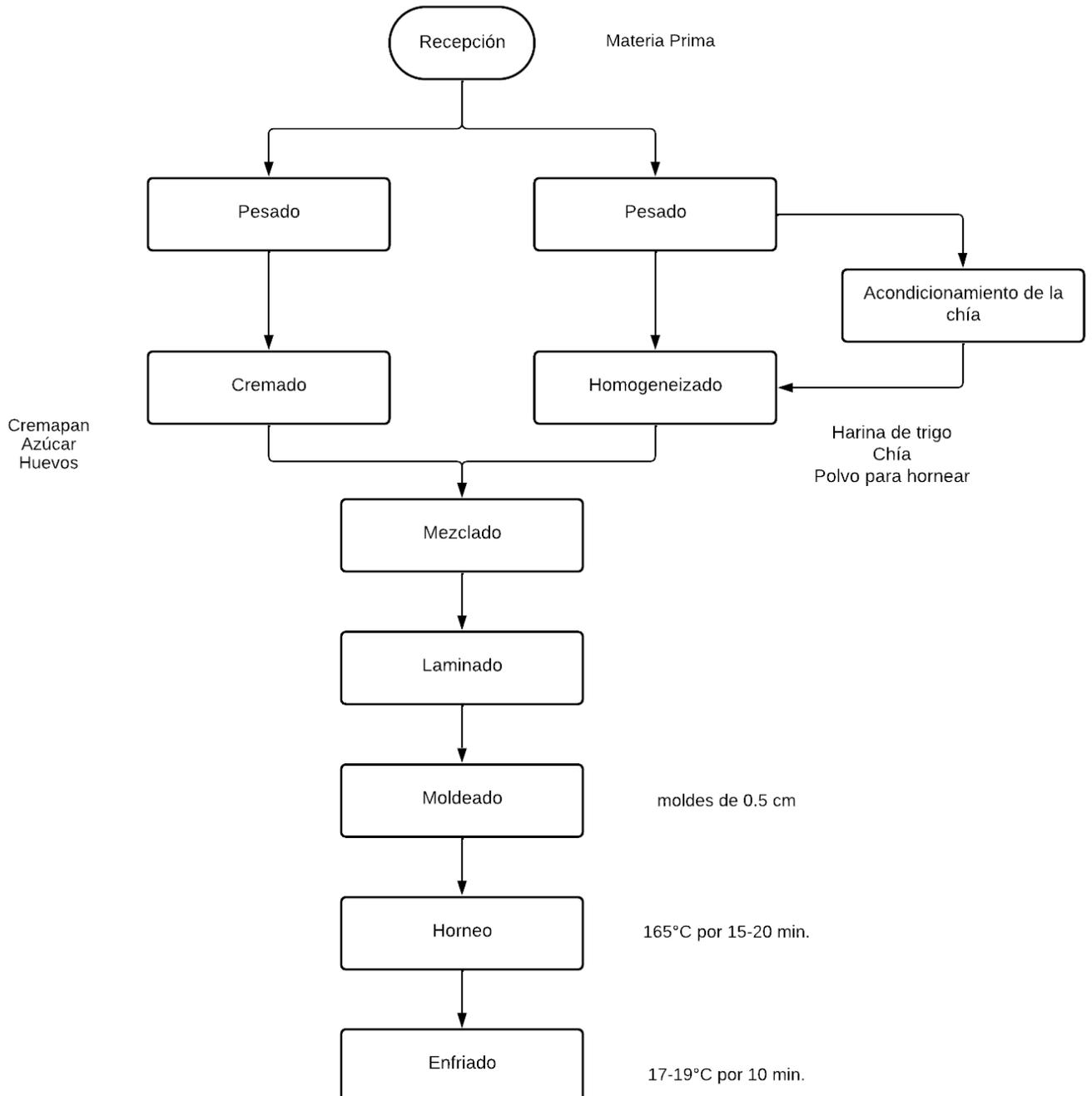


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de una galleta de trigo sustituida parcialmente con chía.

En primera instancia se realizó una recepción de la materia prima, se pesó la harina de trigo, las semillas de chía, azúcar impalpable, cremapan, huevos y polvo para hornear. Una porción de chía se acondicionó en agua durante 30 minutos, otra porción de chía seca fue molida en una licuadora por 2 min. La preparación de la galleta comenzó por un proceso de cremado mediante la homogenización de la cremapan (margarina sin sal) y el azúcar impalpable. Luego se mezcló en un bowl la harina de trigo con la chía y el polvo para hornear. Se llevó a la batidora industrial todos los ingredientes para ser mezclados a una velocidad baja durante 1 min y más adelante a velocidad media por 2 min. Dependiendo de la consistencia que adoptaba la masa se adicionó entre 1 hasta 3 huevos. Consecuentemente, se realizó un laminado hasta que la masa adopte una consistencia manejable. Luego de ello, se llevó a cabo un proceso de moldeo para transportar las galletas a un horno precalentado a 160°C. Finalmente, se horneó durante un tiempo de 20 minutos.

En la Tabla 3, se indica el porcentaje de cada uno de los ingredientes para la elaboración de las galletas

Tabla 3

Formulación de las galletas sustituidas parcialmente con chía

Materia prima	Porcentajes (%)
Harina de trigo	100
Chía	10
Azúcar	45
Cremapan	50
Huevos	1.6
Polvo para hornear	2

2.2.2 Diseño experimental

Como diseño experimental se planteó un diseño completo de bloques al azar donde la variable independiente es la presentación de la chía mientras que la variable dependiente es la cantidad de Chía que la masa acepta para obtener una lámina manejable de galleta.

Tabla 4.

Tratamientos con diferentes porcentajes de la presentación de la chía

Tratamientos	Presentación de la chía	
	Chía molida (%)	Chía remojada (%)
T1	0	10
T2	10	0
T3	5	5

2.2.3 Análisis sensorial

Para evaluar las propiedades sensoriales se empleó una escala hedónica de 5 puntos (1-me disgusta mucho; 2-me disgusta, 3-no me disgusta ni me gusta, 4-me gusta y 5-me gusta. En cuanto al recurso humano, se requirió de un panel de 18 catadores semi-entrenados provenientes de la Universidad Técnica de Ambato propiamente de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, siendo las características sensoriales evaluadas el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad. Finalmente, el análisis se llevó a cabo facilitando a los jueces un vaso de agua en condiciones ambientales para aclarar su paladar (Toapanta, 2023).

2.2.4 Análisis proximal

2.2.5 Determinación del pH

Para la determinación de pH se usó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana 526 (NTE INEN 526, 2013), para lo cual se utilizó un potenciómetro que indicó los resultados de una lectura directa

2.2.6 Determinación de la actividad de agua (aw)

Se determinó la actividad de agua a través de un medidor de actividad de agua (AQUALAB 4TE), los resultados se reflejaron con una lectura directa (Labuza et al., 1976).

2.2.7 Determinación de humedad por el método de la estufa

Se determinó la humedad mediante el método gravimétrico detallado en la norma AOAC 925.10 (2019). Por lo tanto, se colocó 2 g de muestra sobre un crisol y se llevó

a un horno a 105°C por 4 horas. Se dejó enfriar en el desecador por 20 min. Finalmente, para la determinación de la humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} \times 100$$

Ecuación 1

m1: peso del crisol vacío (g)

m2: peso del crisol con la muestra inicial (g)

m3: peso del crisol con la muestra final (g)

2.2.8 Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se llevó a cabo en base a la normativa **NTE INEN 520 (2013)**. Se agregó 3 g de la muestra a un crisol para ser llevado a una mufla a 550°C durante 5 horas hasta generar cenizas de color totalmente blanco. Se dejó enfriar en un desecador por 30 min. Para la determinación del porcentaje de cenizas se empleó la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} \times 100$$

Ecuación 2

m1: peso del crisol vacío (g)

m2: peso del crisol con la muestra inicial (g)

m3: peso del crisol con la muestra final (g)

2.2.9 Determinación de proteína

La determinación de proteína se realizó en base al método **AOAC 2001.11 (2002)**. Este método consta de tres fases, en la primera denominada digestión, se pesó 1 g de la muestra molida y homogeneizada, se colocó en tubos Kjeldahl con un catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se lo llevó a digestión a 420°C por 60 min. Posteriormente, se dejó enfriar a temperatura ambiente por 15 min. Para la siguiente fase, se adicionó 200 mL de agua destilada y colocó en un soporte de destilación, se añadió una solución concentrada de hidróxido de sodio 10 N. La última

fase, se realizó por medio de volumetría ácido – base, para ello se utilizó ácido clorhídrico y el indicador azul de metileno hasta alcanzar el viraje de color de azul claro a plateado claro.

El contenido de proteína se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\%Nitrogeno = \frac{1.4 * (V_1 - V_2) * N}{P}$$

Ecuación 3

$$\%Proteína = \%Nitrogeno * F$$

Ecuación 4

P: Peso de la muestra (g)

V1: Volumen de ácido clorhídrico para valorar la muestra (mL)

V0: Volumen de ácido clorhídrico para valorar el blanco (mL)

N: Normalidad de ácido clorhídrico

F: factor de conversión (6.5)

2.2.10 Determinación de grasa

La determinación de grasa se llevó a cabo en base al método **AOAC 2003.06 (2006)**. Se llevó cartuchos de dedal de celulosa a un desecador y se tomó los pesos en una balanza analítica. Se adicionó 1 g de la muestra triturada y homogeneizada. Se colocó un tapón de algodón en la parte del dedal superior. Después de ello, se introdujo el dedal en un vaso de precipitación en el equipo automático de extracción. Para la primera etapa, se añadió 50 mL de disolvente orgánico (hexano) por 40 min para realizar la inmersión de la muestra a una temperatura de 125°C. Mas adelante, el solvente es reducido automáticamente en la etapa de “removing”. En la etapa de lavado, el disolvente fluyó a través de la muestra, recolectando así la grasa durante un periodo de 60min. Siguiendo a ello, el solvente se recupera y recolecta durante 30 min, mientras los recipientes se enfrían y los dedales son retirados. Para finalizar, las muestras se llevaron a una estufa a 105°C por 1 hora para remover completamente el disolvente, se dejaron enfriar las muestras en un desecador y se registraron sus pesos.

Para la determinación de grasa se realizará por medio de la fórmula:

$$\%Grasa = \frac{m2 - m0}{m1} * 100$$

Ecuación 5

G: cantidad de grasa en el alimento en porcentaje de masa

m1: masa del matraz de extracción y la materia grasa extraída (g)

m2: masa del matraz de extracción vacío (g)

m0: masa de la materia seca tomada (g)

2.2.11 Determinación de fibra

La determinación de fibra dietética total se realizó en base al método enzimático **AOAC 985.29, (2003)**. Se tomaron dos muestras (m1 y m2) de 1.000 ± 0.005 g cada una y se colocaron en matraces previamente tarados. Las muestras se corrieron junto a dos blancos (b1 y b2).

Se adicionó 40 mL de solución tampón buffer fosfato a pH 8.2 a todos los matraces. De igual forma se colocaron celdas de agitación en cada uno de los matraces. Se realizó una medición y calibración de pH a 6 ± 0.2 a cada uno de los matraces. Se agregó 50µL de α -amilasa, se cubrió los matraces con papel aluminio para ser llevados a un baño María con agitación a 100°C durante 30 min. Una vez transcurrido el tiempo, se retiraron las muestras y se enfriaron a temperatura ambiente por 20 min. Se realizó un ajuste de pH a 7.5. Seguido a ello, se adicionó 100 µL de la enzima proteasa y se llevó a calentamiento a una temperatura de 60°C con una agitación constante por 30 min. Luego de ello, se retiraron las muestras y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Se ajustó el pH a 4.5 y se agregó 200 µL de la enzima amiloglucosidasa para llevar las muestras a baño María a una temperatura de 60°C por 30 min con agitación continua.

Para la precipitación de la fibra dietética se adicionó a cada muestra y blanco, 225 mL de etanol al 95% a 60°C, se cubrieron con papel aluminio y se dejaron reposar hasta que precipite por 60 min aproximadamente.

El contenido de los matraces fue filtrado en vasos de precipitación con un embudo y papel filtro. Más adelante se retiró el residuo con alícuotas de 15 mL de etanol al 78%, seguido de etanol al 95% y acetona.

El residuo fue colectado en crisoles y se los trasladó a un horno a 105°C durante una noche, se dejó enfriar los crisoles en un desecador a temperatura ambiente y se registró el peso residual de las muestras (r1 y r2) con los blancos (rb1 y rb2).

$$\text{Blanco} = \frac{rb1 + rb2}{2} - bc - ba$$

Ecuación 6

rb1: residuo del blanco (g)

rb2: residuo del blanco (g)

bc: cenizas rb1 (g)

ba: proteína rb2 (g)

Para la determinación del contenido de fibra dietética total se corrigió con el contenido de proteína, ceniza y blanco mediante la ecuación siguiente:

$$\%Fibra = \frac{\frac{r1 + r2}{2} - C - P - B}{\frac{m1 + m2}{2}} * 100$$

Ecuación 7

m1: muestra 1 (g)

m2: muestra 2 (g)

r1: residuo de m1 (g)

r2: residuo de m2 (g)

C: cenizas de r1

P: proteína de R2

B: Blanco

2.2.12 Análisis de carbohidratos totales

El contenido de carbohidratos totales se determinó mediante una diferencia entre los valores de proteína, grasa, ceniza y fibra que se obtendrá.

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (hu + pr + gr + fi + ce)$$

hu = %humedad

pr = %proteína

gr = %grasa

fi = %fibra

ce = %cenizas

2.2.13 Análisis de textura

En cuanto a la determinación de la textura, se utilizó la metodología establecida en el manual de uso del equipo texturómetro Brookfield CT3 para galletas. Se aplicó compresión para lograr una deformación de valor meta del 20% a una velocidad de 1 mm/s, empleando la sonda TA7. Estos parámetros tienen el fin de simular la mordida de un consumidor promedio. Además, se realizó la evaluación en condiciones de temperatura ambiente por cada una de las muestras por triplicado. De esta manera, se evaluó el porcentaje de deformación, dureza y fracturabilidad (**BROOKFIELD AMETEK, 2022**).

2.2.14 Análisis de rancidez oxidativa

Para la determinación de vida útil se aplicó la metodología indicada en el manual de uso del equipo VELP Oxitest (oxidation test reactor) para galletas. Se pesó 60 g de la muestra de galleta de chía y se la distribuyó equitativamente en 6 platos de titanio, mismos que fueron depositados en el dispositivo Oxitest. Posteriormente, se calibró a través del software del equipo, los valores de temperatura de 90°C, 100°C y 110°C a una presión estándar de 6 bares (oxitest velp). Los resultados fueron obtenidos por medio de una gráfica de periodo de inducción (IP) donde se mostró el tiempo requerido para alcanzar el punto inicial de oxidación (**Santos, 2018; VELP Científica TV, 2012**).

2.2.15 Análisis microbiológico

Para los análisis microbiológicos se utilizó la norma **NTE INEN 2085 (2005)** como referencia. Se realizó un recuento de mohos y levaduras para evaluar el tiempo de vida útil del mejor tratamiento. La galleta será sometida a condiciones de almacenamiento normales a una temperatura ambiente de 25°C por un periodo de tiempo de entre 4 a 6 semanas.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Análisis sensorial

Se presenta en la Figura 2 los resultados del análisis sensorial aplicada a las 3 formulaciones de galletas de chíá más un blanco (galleta de trigo). Es posible observar que la formulación (5% chíá remojada – 5% chíá molida) cuyo código es 544, sobresale en las categorías de sabor, aceptabilidad y textura. Por otra parte, las formulaciones 846 (10% chíá molida) y 197 (10% chíá remojada) se encuentran en gran parte de las categorías por debajo de los resultados del blanco. Esto puede deberse a que la gente asocia un alimento con una sensación o emoción, por lo tanto, presentar una propuesta de galleta nueva ante una galleta de trigo que ha generado una sensación u emoción a lo largo de los años es más probable a ser rechazada por el consumidor (Téllez, 2019).

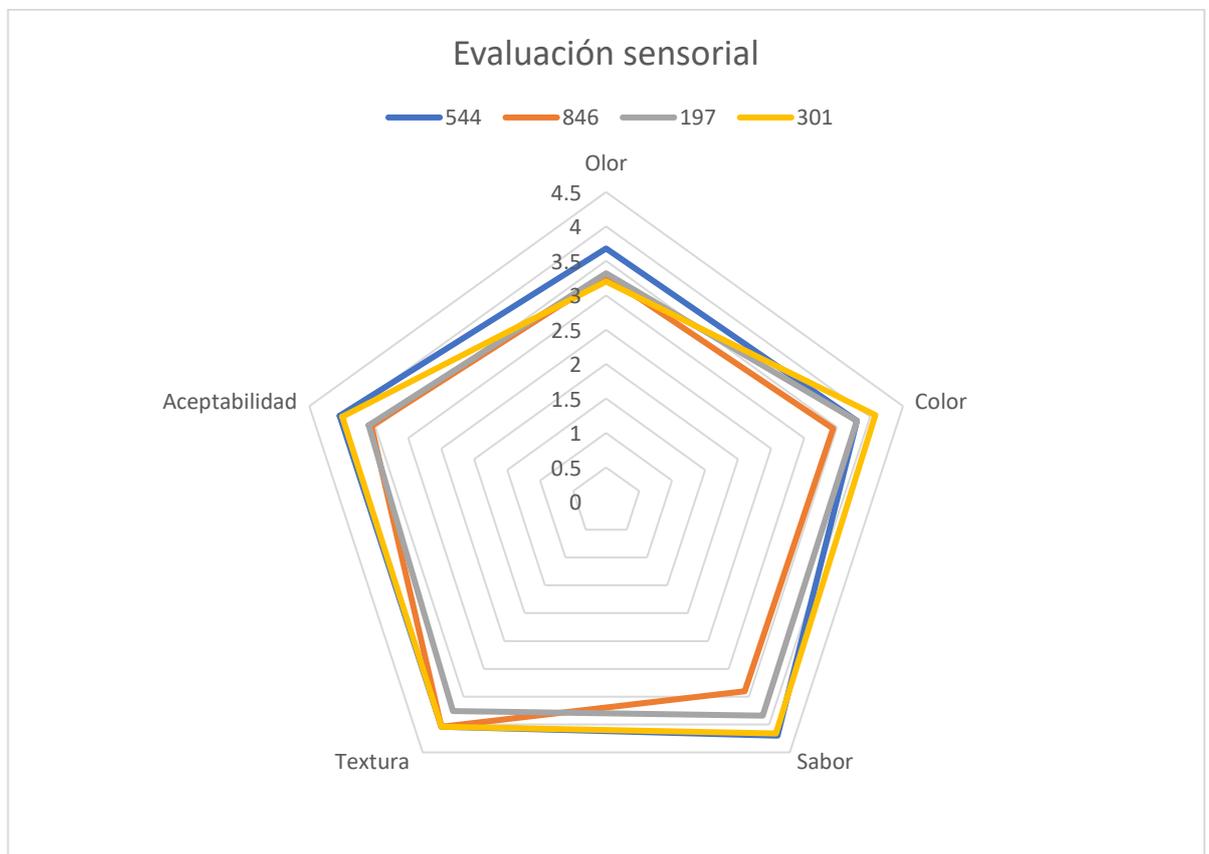


Figura 2. Análisis sensorial del blanco y las tres formulaciones de galleta

Según la INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2020), la evaluación sensorial tiene como propósito medir las propiedades sensoriales y determinar su importancia, con la finalidad de predecir la aceptación del consumidor ante un producto alimenticio.

Los resultados del análisis sensorial fueron sometidos a una prueba de varianza, con la finalidad de encontrar una diferencia significativa en los diferentes tipos de galletas respecto a cada atributo sensorial. La Tabla 5 muestra diferencias estadísticamente significativas en los atributos de color y sabor, pues, su valor de p es menor al 0.05, lo cual hizo necesario una consecuente prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre muestras.

Tabla 5

ANOVA de los atributos sensoriales de las galletas

Atributo	P - valor
Olor	0.2605
Color	0.0366
Sabor	0.0062
Textura	0.5298
Aceptabilidad	0.0598

Tabla 6

Prueba de Tukey del atributo color

Grupo 1	Grupo 2	P - valor
Galleta de trigo (blanco)	Galleta 846	0.0198

Tabla 7

Prueba de Tukey del atributo sabor

Grupo 1	Grupo 2	P - valor
----------------	----------------	------------------

Galleta de trigo (blanco)	Galleta 846	0.0047
Galleta 846	Galleta 544	0.0389

3.1.1.1 Olor

En la Figura 2, se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial para el atributo olor, donde la formulación 544 obtuvo el más alto valor de 3.68, valor que significa en la escala hedónica como “ni me gusta ni me desagrada”. Sin embargo, el valor de la formulación 544 es mayor a la del blanco de 3.2, por lo que es posible sugerir que el olor de la galleta de chíá 544 es apreciada y tiende a un me gusta. Por otra parte, las formulaciones 846 y 197 presentan puntajes de 3.28 y 3.32 respectivamente, valores muy similares al blanco, que en la escala hedónica se interpretan como “ni me gusta ni me desagrada”, de esta manera se hace hincapié que las galletas presentan un olor agradable. **García (2019)** sugiere que ingredientes como la ralladura de la cáscara de naranja y jengibre dotan de un olor agradable a una galleta, por lo que se puede tomar en cuenta para mejorar esta característica sensorial.

3.1.1.2 Color

El color de la corteza de la galleta puede ser definida como la carta de presentación al consumidor ya que una apariencia extremadamente oscura o demasiado pálida puede generar un rechazo del producto según **Salvatierra-Pajuelo et al. (2019)**. En la Figura 2 se reflejan los resultados del atributo color, señalando a la formulación 301 (blanco) con la mejor puntuación de 4.08, misma que en la escala hedónica se interpreta como “me gusta”. Superando así a las formulaciones 544 (5% chíá remojada – 5% chíá molida) y 197 (10% chíá remojada) que obtuvieron un valor de 3.8 que en la escala hedónica significa “ni me gusta ni me desagrada” aunque tienden más al “me gusta”. Este no es el caso del tratamiento 846 (10% chíá molida) que recibió la menor puntuación de 3.44 interpretándose como “ni me gusta ni me desagrada”, pero con tendencia a no me gusta, esto puede deberse a que este tratamiento tiene la tonalidad más oscura si se la compara con las demás. El análisis estadístico señaló la existencia de una diferencia significativa por lo que se realizó una prueba de Tukey para determinar la interacción de los tratamientos. Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre la galleta de trigo (blanco) y la formulación 846 (10% chíá molida), p-valor de 0.019. Este fenómeno del color en las galletas se explica

a través de las reacciones de Maillard, las cuales se describen como reacciones entre los azúcares reductores y aminoácidos en presencia del calor que generan pigmentos pardos que oscurecen al producto (**Frazier & Hartel, 2012; Velásquez et al., 2014**)

3.1.1.3 Sabor

En cuanto al atributo sabor, se observa en la Figura 2 que la formulación de mejor calificación es el tratamiento 544 (5% chía remojada – 5% chía molida) con 4.2, que en la escala hedónica significa “me gusta”, mostrando así una potencial aceptación del producto en cuanto al sabor comparándola con el blanco que recibió una puntuación de 4.16, que en la escala hedónica se interpreta como “me gusta”. Por otra parte, se encuentran las formulaciones 846 (10% chía molida) y 197 (10% chía remojada) con sus respectivas valoraciones de 3.4 y 3.84 respectivamente. El análisis estadístico reportó diferencias significativas, por lo que se realizó una prueba de Tukey donde se comprobó una diferencia estadísticamente significativa entre el blanco y formulación 846 (10% chía molida) y entre la formulación 544 – 846 (10% chía molida). La razón de este comportamiento puede ser explicado por las reacciones de Maillard, las cuales generan cambios tanto en la tonalidad de la galleta como el sabor de esta (**Velásquez et al., 2014**). Siendo la formulación 846 (10% chía molida) la que más cambios presentó en el sabor y que menos agradó tuvo por parte de los panelistas.

3.1.1.4 Textura

Respecto a la textura de los tratamientos, los resultados de las formulaciones 544 (5% chía remojada – 5% chía molida), 846 (10% chía molida) y 301 (blanco) se muestran en la Figura 2, se observa un valor promedio de 4.04 que en la escala hedónica equivale a “me gusta”. Mostrando así que no existe diferencia significativa incluso con el tratamiento 197 (10% chía remojada) que tuvo el menor puntaje respecto a las demás formulaciones de 3.76, que en la misma escala hedónica se sitúa como “ni me gusta ni me desagrada”. Este resultado significa que para el público al que se le presentó el producto no existe diferencias en cuanto a su textura, que fue del agrado de ellos. Esta afirmación se puede complementar con el estudio de **Aredo et al. (2014)** donde se sugiere que el atributo textura es dependiente de la cantidad de chía sustituida y el tiempo de horneado. Por lo tanto, al ser todos los tratamientos elaborados con la misma cantidad de chía sustituida y horneados al mismo tiempo no van a presentar diferencias significativas en el atributo textura.

3.1.1.5 Aceptabilidad

En cuanto a la aceptabilidad, los resultados se presentan en la Figura 2, donde el tratamiento 544 (5% chíá remojada – 5% chíá molida) se muestra como el mejor, con una calificación de 4.0, la misma que en una escala hedónica significa “me gusta” y al ser comparada con el blanco proyecta una respuesta positiva de aceptación del nuevo producto por parte de los catadores. Por otra parte, las formulaciones 846 (10% chíá molida) y 197 (10% chíá remojada) reflejan una respuesta positiva de “ni me gusta ni me desagrada” ya que sus valores de aceptabilidad son de 3.56 y 3.6 respectivamente.

3.1.2 Análisis de textura con Brookfield CT3

La textura es un atributo que puede influir en la satisfacción del consumidor ya que permite garantizar su calidad y frescura con el hecho de que sean crujientes. Los parámetros determinados y analizados para evaluar esta característica son: dureza y fracturabilidad de los tratamientos, valores que fueron analizados para determinar una posible diferencia significativa.

Tabla 8

ANOVA de las características dureza y fracturabilidad

Atributo	P - valor
Dureza	0.0029
Fracturabilidad	0.2624

Tabla 9

Prueba de Tukey del atributo dureza

Grupo 1	Grupo 2	P - valor
Galleta de trigo (blanco)	Galleta 197	0.0040
Galleta 197	Galleta 544	0.0121

Como se puede observar en la Tabla 8, existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la dureza de las formulaciones, siendo las interacciones blanco – formulación 197 (10% chíá remojada) y formulación 544 (5% chíá remojada

– 5% chía molida) - 197 (10% chía remojada) las que marcaron esa diferencia. La explicación puede deberse a que la chía al ser hidratada forma un gel conocido como mucílago el cual, a más de multiplicar su peso, puede actuar como espesante. Esta propiedad permitió no solo expandir la superficie del producto como lo detalla **Rodríguez, (2019)** sino que el mucílago llega a ocupar espacios vacíos en la masa de la galleta, la cual tras ser horneada genera una pérdida de humedad mayor que las demás formulaciones. Esta disminución de humedad es la causante de generar una mayor dureza y a la vez crocancia en la formulación 197 (10% chía remojada) cambiando a su vez la apariencia de la miga y reduciendo la cohesión gracias a la granulometría distinta de la semilla de chía.

3.1.3 Análisis proximal de las galletas

El análisis proximal de las galletas permite visualizar la composición química del alimento en porcentajes, tanto de los macronutrientes (grasas, proteínas y carbohidratos) como los micronutrientes (minerales y vitaminas). La importancia de este análisis se debe a la necesidad de cumplir con la normativa y las regulaciones a nivel industrial. Por otra parte, para el consumidor, el conocimiento de la composición del alimento es importante para elegir el que mejor se ajusta a su dieta y a sus necesidades (**Babio et al., 2013**). En la Tabla 10 se reporta los parámetros determinados para caracterizar el producto del mejor tratamiento.

Tabla 10

Resultados del análisis del mejor tratamiento

Análisis	Resultado (%)
*pH	6.94
*Actividad de agua	0.29
Humedad	2.60
Cenizas	1.12
Proteína	6.89
Grasa	26.2
Fibra total	4.92
Carbohidratos	58.27

Nota: Los análisis marcados con (*) no forman parte del análisis proximal

En primera instancia un parámetro a analizar es el pH, parámetro importante en la industria alimentaria ya que garantiza la seguridad y calidad de los productos alimenticios. Además, previene que los alimentos se contaminen por microorganismos, otorgando un mayor tiempo de vida útil y almacenamiento (Vázquez-Ovando et al., 2010). El valor obtenido fue de 6.94, el mismo que se encuentra dentro del intervalo de 5.5 - 9.5 establecido por la normativa 2085 (**NTE INEN 2085, 2005**).

En cuanto a la actividad de agua, su medición permite proyectar su comportamiento durante el almacenamiento del alimento. En general, aquellos valores cercanos al 1 representan la mayor inestabilidad del alimento dando paso a la proliferación de bacterias, levaduras y fungi, mismas que requieren mínimo una actividad de agua de 0.91, 0.88 y 0.80 respectivamente (**Alcântara Brandão et al., 2019**). El valor de actividad de agua es reportado en la Table 10, donde se observa un valor máximo de 0.29 mostrando así una alta estabilidad del alimento, garantizando la seguridad del consumidor. Este resultado es similar a aquella determinada en galleta de trigo (blanco) que mostró un valor de 0.26.

La humedad es un parámetro fundamental al momento de conservar la calidad, las propiedades sensoriales y garantizar un almacenamiento prolongado. En la Tabla 10, la humedad fue de 2.60%, valor que se encuentra por debajo del 10% establecido en la norma **NTE INEN 2085 (2005)**. Este resultado puede ser comparado con el de la galleta de trigo de 2.58% siendo de la misma manera una diferencia mínima o con otros análisis como el propuesto por **Negu et al. (2020)**, el cual reporta un valor de humedad de 9.9% en galletas de trigo, marcando así una gran diferencia con los valores experimentales reportados.

El contenido de cenizas de la mejor formulación fue de 1.12%. Se aprecia que el valor es mayor comparado con el porcentaje de cenizas de la galleta control de 1.06 %, mostrando que la galleta de chíá posee una cantidad ligeramente mayor de materia inorgánica y minerales como potasio, calcio, fósforo y hierro.

En cuanto al contenido de proteína, como se puede observar en la Tabla 10, el resultado determinado fue de 6.89%, valor que comparado con la investigación de Toapanta (2023) es menor que una galleta de trigo con un valor de 10.70%. Por otra parte, el

valor proteico de la galleta de chía supera el valor mínimo establecido por la norma 2085 (NTE INEN 2085, 2005), la misma que exige un mínimo del 3% en cuanto a proteína se refiere. Es importante destacar que el contenido de proteína puede incrementarse acorde a la cantidad de chía adicionada. Estudios como el de **Alcântara Brandão et al. (2019)**, mostraron un incremento de un 6% en contenido proteico de sus galletas sustituidas con chía. Sin embargo, la adición de más del 15% de chía en una galleta de trigo puede conllevar a la formación de acrilamida como lo menciona **Mesías et al. (2023)**. Por lo tanto, es preferible delimitar la cantidad de chía antes que correr un riesgo que podría terminar perjudicando al consumidor.

El contenido de grasa de la mejor formulación es de 26.2% como se detalla en la Tabla 10, valor que comparado con la galleta de trigo 21.53 % del estudio de **Apaza (2017)** se percibe una diferencia mínima del 4% aproximadamente. Esto indica que la galleta de chía se encuentra en un rango normal de grasa y se justifica a su vez con la cantidad de margarina adicionada (45% de la formulación). Esta afirmación se sustenta en el estudio de **Salinas & Romero, (2011)** que reporta porcentajes de grasa totales de galletas saladas (5.5% - 18.3%), galletas dulces (14.1% - 24.6%) y galletas tipo Wafer (25.4% - 26.5%).

En cuanto al contenido de fibra dietética total, el valor obtenido y presentado en la Tabla 10 es de 4.92%, valor que al ser comparado con el estudio de **Negu et al. (2020)**, para galleta de trigo 1.5% de fibra, evidencia la diferencia significativa. Según **McKeown et al. (2022)** un alimento es considerado como una buena fuente de fibra cuando este contiene 3 g de fibra por cada 100 g, mostrando de esta manera que la galleta propuesta es una buena fuente de fibra.

3.1.4 Análisis de rancidez oxidativa

La rancidez oxidativa es un proceso producto de la oxidación de los lípidos y afectan la calidad de los alimentos. Tiene un gran impacto en la calidad nutricional, sabor, cambio de color y textura en los alimentos, por lo que es importante estudiarlo para cuidar de la salud del consumidor y que sea el producto de agrado para el mismo (**Ruano, 2023**). Al estar relacionada con factores como el oxígeno, el tiempo y la temperatura, se han desarrollado pruebas como el análisis de rancidez oxidativa que buscan determinar el tiempo de vida útil de un producto, sometiéndolo a condiciones específicas de temperatura y presión. En la Tabla 11 se muestran las temperaturas y

presión de oxígeno al cual fue sometida la mejor formulación, para obtener el valor de IP (periodo de inducción).

Tabla 11

Valores de IP acorde a la temperatura y presión del equipo Oxitest

Temperatura	Presión	IP
[°C]	[bar]	[h:m]
90.0	6.00	70:27
90.0	6.00	69:33
100.0	6.00	32:02
100.0	6.00	35:35
110.0	6.00	16:06
110.0	6.00	17:23

Tabla 12

Tiempo de vida útil estimado a 25°C

IP estimado en 25,0 [°C] = **304:04:44 [h:m]**

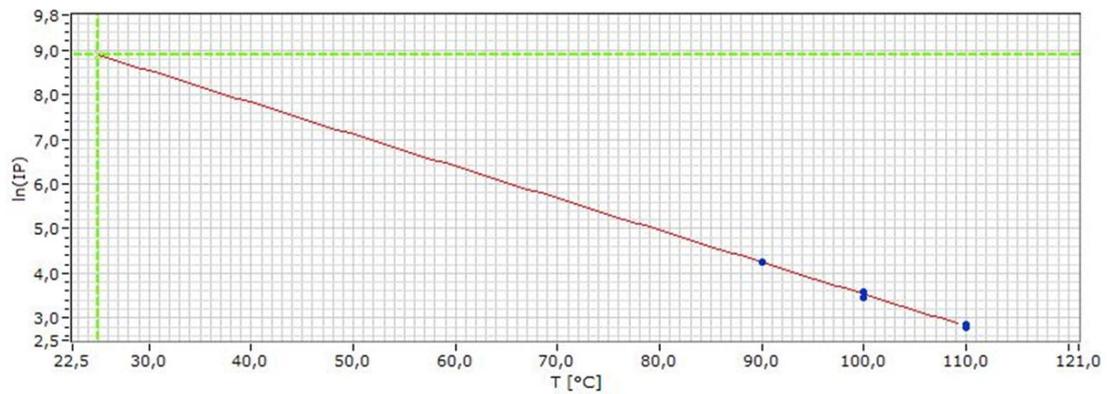


Figura 3. Regresión lineal entre la temperatura y el logaritmo natural del periodo de inducción

Para determinar el tiempo de vida útil de la galleta de chía, se realizó una regresión lineal entre el logaritmo de los valores de IP (periodo de inducción) obtenidos del equipo Oxitest y las temperaturas en °C a 25°C, temperatura ambiente que se plantea para conservar el producto. La regresión lineal posee un coeficiente de determinación R^2 de 0.99 aproximadamente. En la Tabla 11 se reporta un tiempo de vida útil de 304 días, valor mayor al reportado por **Isuiza et al. (2018)** que determinó un tiempo de vida útil de 271 días en galletas de soda. **Amato et al. (2015)** reporta un tiempo de vida útil de 849 días en semillas de chías molidas a una temperatura de 20°C, lo cual indica una mayor estabilidad. Al comparar el valor reportado por **Amato et al. (2015)** con el valor de estabilidad oxidativa del estudio realizado se puede apreciar que el tiempo de vida útil de la galleta de chía es mucho menor que el de la chía molida. Sin embargo, esta diferencia también indica que la chía posee y aporta una mayor estabilidad oxidativa a un producto. Esto puede deberse a que las semillas de chía presentan antioxidantes, los cuales pueden actuar como agentes protectores o reparadores de un sistema. Por otra parte, se debe mencionar que la chía es una matriz rica en lípidos, especialmente ácidos grasos poliinsaturados que son propensos a la oxidación, por lo que los resultados obtenidos en el OXITEST sugieren que estas grasas pueden oxidarse rápidamente si se encuentran a altas temperaturas y presiones de oxígeno elevadas.

3.1.5 Análisis microbiológico

El desarrollo de un análisis microbiológico es importante para comprobar la calidad e inocuidad del alimento. Su objetivo principal es prevenir la contaminación y deterioro de los alimentos, los cuales son causados por diversos microorganismos como mohos, levaduras y bacterias patógena (**Infinitia Research, 2021**) s. A continuación, en la Tabla 13 se puede observar el recuento de mohos y levaduras de la mejor formulación.

Tabla 13

Resultado de los análisis microbiológicos a los 40 días de almacenamiento de la mejor formulación

Parámetros analizados	Unidad	Resultado
Recuento de mohos	UPM/g	<10
Recuento de levaduras	UPL/g	<10

UPM/g: Unidades propagadoras de mohos por gramo

UPL/g: Unidades formadoras de levadura por gramo

La Tabla 13 muestra los resultados de recuento de mohos y levaduras, los mismos que son menores a 10 UPM/g y 10 UPL/g, la cual se encuentra por debajo del número máximo de unidades formadoras de colonia (UFC) (1.0×10^2) exigida en la norma ecuatoriana 2085 (**NTE INEN 2085, 2005**). De esta manera se puede demostrar la seguridad, calidad óptima y sanitaria del alimento para el consumo humano. Al comparar los resultados de los análisis microbiológicos con los reportados por **Cali (2016)**, recuento de mohos y levaduras de 2300 UFC/g en un lapso de 45 días, hace evidente que las condiciones de almacenamiento del presente estudio son idóneas y combinado con el resultado del análisis de rancidez oxidativa se puede afirmar que la galleta enriquecida con chía puede ser almacenada y consumida sin riesgo al consumidor por aproximadamente 304 días y sin emplear un conservante artificial.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se ha logrado determinar la formulación óptima para una galleta parcialmente sustituida con chía a través de un exhaustivo análisis sensorial. Entre las distintas formulaciones evaluadas, la variante 544 (5% chía remojada y 5% chía molida) destacó como la más aceptada, obteniendo la preferencia de las 18 personas que participaron en la encuesta.
- En los análisis fisicoquímicos, se destacó un notable aumento en proteínas y fibra en comparación con galletas de trigo estándar, incrementando las propiedades nutricionales. Los resultados de los análisis de humedad como actividad de agua permitieron comprender que es factible elaborar una galleta sustituida parcialmente con chía con un riesgo microbiológico bajo. En el análisis reológico, se evidenció el aumento de dureza en uno de los tratamientos lo que permitió entender que la sustitución de ingredientes como el huevo por el mucílago de la chía, modifican la dureza de una galleta dependiendo de la cantidad que sea reemplazada.
- La formulación óptima, denominada 544, garantiza una vida útil de alrededor de un año a temperatura ambiente, resultado del análisis de rancidez oxidativa. Además, el análisis microbiológico respalda la inocuidad del producto al cumplir con los estándares de la norma ecuatoriana 2085. Un almacenamiento apropiado, junto con un empaque adecuado, asegura la preservación de las galletas, la conservación de sus propiedades y la seguridad para el consumidor.

4.2 Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda investigar el efecto del mucílago de la chía en las características sensoriales y reológicas en otros productos alimenticios a los que se puede añadir esta materia prima, como las mermeladas, panes, pastas, entre otras. Con la finalidad de entender en qué medida cambian las propiedades de las matrices alimentarias.

- Se recomienda que se realicen más experimentaciones con diferentes tipos de semilla de chía con la finalidad de medir el efecto de una especie de semilla de chía sobre las características sensoriales, fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas.
- Si se desea conocer más a fondo el efecto de la generación de acrilamida en galletas de chía, se sugiere realizar nuevas formulaciones donde la cantidad de chía a ser sustituida sea mayor del 15%, esta nueva investigación puede ser ampliada a diversos productos horneados que puedan ser sustituidos parcialmente con chía como panes.

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

- Alcântara Brandão, N., Borges de Lima Dutra, M., Andrade Gaspardi, A. L., & Segura Campos, M. R. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) cookies: physicochemical/microbiological attributes, nutrimental value and sensory analysis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), 1100–1110. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-00025-z>
- Amato, M., Caruso, M. C., Guzzo, F., Galgano, F., Commisso, M., Bochicchio, R., Labella, R., & Favati, F. (2015). Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy. *European Food Research and Technology*, 241(5), 615–625. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2488-9>
- AOAC 925.10. (2019). *Solids (Total) and Moisture in Flour*.
- AOAC 985.29. (2003). *Total dietary fiber in foods*.
- AOAC 2001.11. (2002). *Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds*.
- AOAC 2003.06. (2006). *Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages*.
- Apaza, K. (2017). *Valor nutritivo y aceptabilidad de la fortificación de galletas a base de harina de trigo (*triticum aestivum*), harina de tarwi (*lupinus mutabilis*) y bazo de res, para escolares*.

- Aredo, V., Velasquez, L., Narro, O., & Domínguez, R. (2014). El Método de Superficie de Respuesta y el Modelamiento Difuso en el desarrollo de una galleta con semillas de chía (Salvia Hispánica L.). In *Agroindustrial Science Agroind Sci* (Vol. 4).
- Aritzabal, D., & Dominguez, M. (2020). *FORMULACIÓN DE GALLETAS TIPO CRACKER UTILIZANDO LEVADURA SACCHAROMYCES CEREVISIAE MODIFICADA GENÉTICAMENTE PARA LA PRODUCCIÓN DE β -CAROTENO*.
- Babio, N., López, L., & Salas-Salvadó, J. (2013). Análisis de la capacidad de elección de alimentos saludables por parte de los consumidores en referencia a dos modelos de etiquetado nutricional; estudio cruzado. *Nutricion Hospitalaria*, 28(1), 173–181. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6254>
- Bornero, R., & Aguirre, A. (2010). Chia (Salvia hispanica L.) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*.
- BROOKFIELD AMETEK. (2022). *CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions*.
- Cali, M. (2016). “Elaboración y evaluación nutricional de galletas a base de harina de trigo (*triticum aestivum*) con semilla de chía (*salvia hispánica*).”
- Campos, B., Dias Ruivo, T., da Silva Scapim, M., & Madrona, G. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chía seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT - Food Science and Technology*.
- Cruz, J., Arana, A., & Esmeralda, J. (2013). *Obtención de aislados proteicos de la semilla de chía (Salvia hispanica L.)*.
- Frazier, A., & Hartel, R. (2012). Bloom on chocolate chips baked in cookies. . *Food Research International*, 380–386.
- García, E. (2019). *Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol Honduras nutritivo*.
- Grancieri, M., Martino, H. S. D., & Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia Seed (Salvia hispanica L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits:

A Review. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 18, Issue 2, pp. 480–499). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12423>

Holguín, B. P., & Alvarado, A. (2017). Comportamiento de la producción de harina de trigo en Ecuador. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.html>

Hrnčič, M. K., Ivanovski, M., Cör, D., & Knez, Ž. (2020). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An overview-phytochemical profile, isolation methods, and application. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 1). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules25010011>

Huiñisaca, L. (2018). *Evaluación del riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.

Inciso, J. (2019). *Estudio de densidades de siembra con dos genotipos en el cultivo de chíá *Salvia hispánica* L. en la Estación Experimental Agropecuaria - Satipo*.

Index Mundi. (2023). *Ecuador wheat imports by year*.

Infinitia Research. (2021, October 20). *La importancia de la microbiología alimentaria en los procesos de calidad*. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/microbiologia-alimentaria-en-los-procesos-de-calidad/>

Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., & Gramza-Michałowska, A. (2019). The chemical composition and nutritional value of chia seeds—current state of knowledge. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>

Labuza, T., McCall, W., Flink, J., & Tatini, R. (1976). "Water activity determination: A collaborative study of different methods. *Journal of Food Science* 41, 910–917.

Lizarzaburo, G. (2021). *La demanda encarece el trigo*.

Luján, N. (2019). *Historia de la gastronomía* (Debate, Ed.).

McKeown, N. M., Fahey, G. C., Slavin, J., & van der Kamp, J.-W. (2022). Fibre intake for optimal health: how can healthcare professionals support people to reach

dietary recommendations? *BMJ*, e054370. <https://doi.org/10.1136/bmj-2020-054370>

Méndez, A., & Delahaye, E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). *Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 60, 4195–4212.

Mesías, M., Gómez, P., Olombrada, E., & Morales, F. J. (2023). Formation of acrylamide during the roasting of chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Food Chemistry*, 401. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134169>

Negu, A., Zegeye, A., & Astatkie, T. (2020). Development and quality evaluation of wheat based cookies enriched with fenugreek and oat flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3573–3580. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04389-3>

NTE INEN 520. (2013). *Harinas de origen vegetal. Determinación de ceniza.*

NTE INEN 526. (2013). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ion hidrogeno pH.*

NTE INEN 2085. (2005). *Galletas. Requisitos.*

Olivos-Lugo, B. L., Valdivia-López, M. Á., & Tecante, A. (2010). Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of mexican chia seed (*salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, 16(1), 89–96. <https://doi.org/10.1177/1082013209353087>

Peña, L., & Nieves, E. (2018). *Elaboración de galletas dulces a base de harina de trigo (*triticum sativum*) y chia (*salvia hispánica* L.) como complemento nutricional en la corporación APC.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Posada, C. (2011). *Recopilación de estudios de tiempos de vida útil de productos nuevos y ya existentes de la compañía de galletas Noel S.A.S.*

Puma Isuiza, G. G., Liñan Perez, J. F., Coavoy Sánchez, I., Coronado Olano, J., Salas Valerio, W. F., & Vargas Delgado, L. F. (2018). Vida en anaquel de galletas

- saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos*, 79(1), 218. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1166>
- Quelal, M. (2023). *Elaboración de galletas a base de harina de higo (Ficus carica) y harina de avena (Avena sativa) utilizando tres tipos de edulcorantes (panela, azúcar blanca y eritritol) para jóvenes adultos de 18-25 años.*
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-López, M. (2008). *Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (Salvia hispanica L.) seeds.* 656–663.
- Robledo-Arratia, L. (2014). *La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos.*
- Rodríguez, A. (2016). *Elaboración de Galletas a base de semillas de Chía (Salvia hispánica, L) utilizando Leche de Soya (Glycine Max) con aporte de fibra Polidextrosa.*
- Rodríguez, H. (2019). *Mucilago de semillas de chía como sustituto de grasas convencionales en galletas.*
- Ruano, D. (2023). *Determinación del índice TBARS como indicativo de la rancidez oxidativa en muestras de materia prima, producto en proceso y producto terminado en la empresa FINCA S.A.S.*
- Salinas, N., & Romero, L. (2011). *Tecnología de alimentos Perfil de los ácidos grasos presentes en galletas y mezclas para tortas en Venezuela The fatty acid profile in cookies and cake mixes of Venezuela.*
- Salvatierra-Pajuelo, Y. M., Azorza-Richarte, M. E., & Paucar-Menacho, L. M. (2019). Optimization of the nutritional, textural and sensorial characteristics of cookies enriched with chia (Salvia Hispánica) and oil extracted from tarwi (Lupinus Mutabilis). *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 7–17. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.01>
- Santos, S. (2018). *Estudio de la estabilidad del aceite de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa.* Universidad Técnica de Ambato.

- Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., & Kaur, A. (2017). Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. In *International Journal of Food Science and Technology* (Vol. 52, Issue 1, pp. 38–58). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13266>
- Silva, L. D. A., Verneque, B. J. F., Mota, A. P. L., & Duarte, C. K. (2021). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption and lipid profile: A systematic review and meta-analysis. In *Food and Function* (Vol. 12, Issue 19, pp. 8835–8849). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d1fo01287h>
- Téllez, B. (2019). *Factores relacionados en la elección y consumo de alimentos. 9.*
- Toapanta, E. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos (camote morado (*Ipomoea batatas* L.) y oca blanca (*Oxalis tuberosa*)) en el desarrollo de galletas dulces.*
- Ullah, R., Nadeem, M., Khaliq, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 53, Issue 4, pp. 1750–1758). Springer India. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0>
- Unda, J., & Ponce, L. (2022). *Evaluación de líneas diferenciales para royas (*puccinia graminis*) en avena (*avena sativa* L.), trigo (*triticum aestivum* L.) y cebada (*hordeum vulgare* L.) del iniap, bajo las condiciones ambientales en el campus salache utc 2021-2022.*
- Vázquez, S., García Castillo, S., Rodríguez Delgado, J., & Praena Crespo Pediatra Zona VII-Feria Albacete España, M. C. (2020). *Original Características nutricionales y composición de las galletas disponibles en el mercado español y de las galletas dirigidas a la población infantil.* www.pap.es
- Vázquez-Ovando, J. A., Rosado-Rubio, J. G., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2010). Procesamiento en seco de harina de chía (*Salvia hispanica* L.): Caracterización química de fibra y proteína. *CYTA - Journal of Food*, 8(2), 117–127. <https://doi.org/10.1080/19476330903223580>
- Velásquez, L., Victore, A., & Perez, E. (2014). Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa*),

soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroindustrial Science*, 35–42.

VELPScientificaTV. (2012, July 4). *VELP Oxidation Test Reactor OXITEST*.

Viera, P., Aguirre, D., & Monzó, J. M. (2020). Determinación de las características del fardo de paja de trigo, como desecho agroindustrial para su aprovechamiento como material de construcción. *Revista Ingeniería UC*, 27(3), 304–318. <https://doi.org/10.54139/revinguc.v27i3.150>

ANEXOS



Figura 4. Elaboración de las galletas



Figura 5. Desarrollo de los análisis fisicoquímicos y proximal



Figura 6. Desarrollo de los análisis reológicos

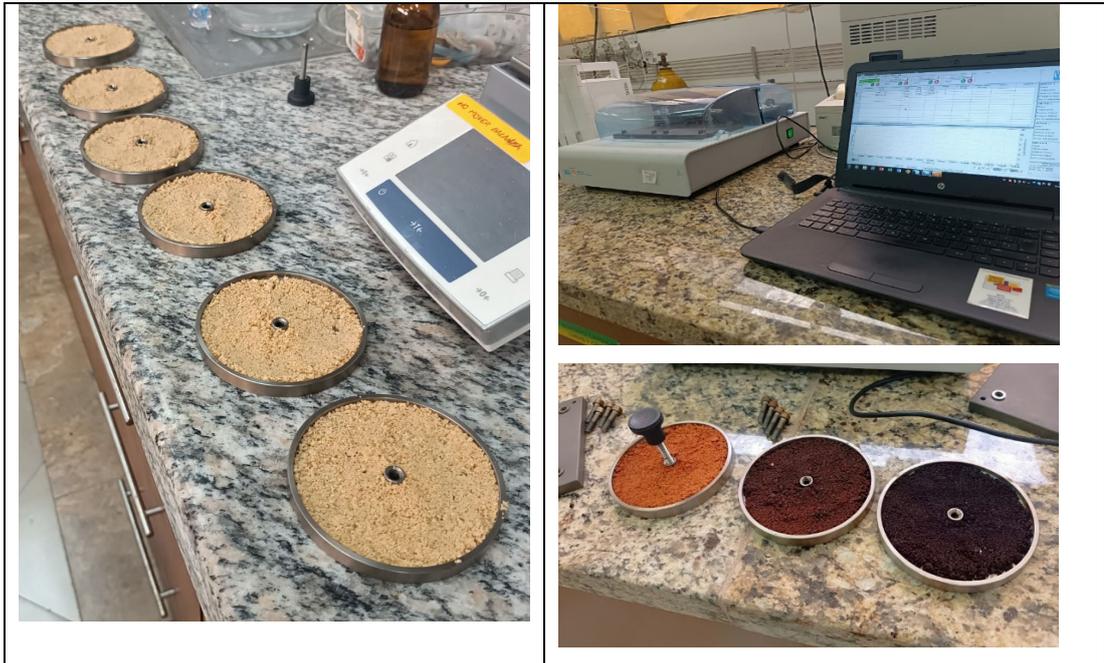


Figura 7. Desarrollo del análisis de rancidez oxidativa



Figura 8. Desarrollo del análisis microbiológico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
 LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

"Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N°: SAE LEN 10-008" **01197**

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 23-225		R01-7.8.03
Solicitud N°: 23-225		Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 14 de noviembre de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 15 al 21 de noviembre de 2023	
Información del cliente:		
Empresa:	C.I./RUC:	0604809483
Representante: Alexis Espín	Tlf:	0961623262
Dirección: Ambato	Email:	aespín9483@uta.edu.ec
Ciudad: Ambato		
Descripción de las muestras:		
Producto: Galleta de chia	Peso:	150g
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	funda plástica
Lote: n/a	No de muestras:	una
F. Elb.: n/a	F. Exp.:	n/a
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab:	30 días
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 06 de octubre de 2023	

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Galleta de chia	22523433	Ninguno	Mohos, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPM/g	<10
			Levaduras, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPL/g	<10
			*Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	6,89
			*Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	26,2
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	4,92

Conds. Ambientales: 22,3 °C; 53,0%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Ing. Gladys Risueño
 Directora de Calidad



Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 22 de noviembre de 2023

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".



Figura 9. Resultados de grasa, fibra dietética y proteína elaborada por LACONAL