

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

---

**“Pan de molde enriquecido con alga (*Chondracanthus Chamissoi*), Semillas de *Linum usitatissimum* y *Salvia hispánica*“**

---

---

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero  
Agroindustrial**

**Autores:**

**Bach. Alegría Rodríguez, Rony Martin  
Bach. Vásquez Bacilio, Evelyn Fabiola**

**Asesora:**

**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta  
DNI. N°: 19096335  
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874**

**Co-asesor:**

**Ms. Sc Villanueva López, Eudes  
Código ORCID: 0000-0001-9737-5156**

**Nuevo Chimbote - Perú  
2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**CARTA DE CONFORMIDAD DE ASESOR**

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objeto propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, de acuerdo a la denominación siguiente:

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO**  
**AGROINDUSTRIAL**

**“PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (*Chondracanthus Chamissoi*), SEMILLAS DE *Linum usitatissimum* Y *Salvia hispánica*”**

AUTOR:

Bach. Alegría Rodríguez, Rony Martin

Bach. Vásquez Bacilio, Evelyn Fabiola

---

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta

ASESOR

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

DNI N°: 19096335

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

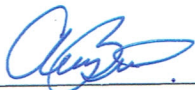
**HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado **“PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (*Chondracanthus Chamissoi*), SEMILLAS DE *Linum usitatissimum* Y *Salvia hispánica*, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **Alegría Rodríguez, Rony Martin y Vásquez Bacilio, Evelyn Fabiola**, que tienen como asesor a la **Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta** designado mediante la resolución decanal N°517-2021-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N°**

  
**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

Código ORCID: 0000-0003-3214-2698

DNI N°: 17859760

  
**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
Secretaria

Código ORCID: 0000-0002-2179-0641

DNI N°: 43775869

  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
Integrante

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

DNI N°: 19096335

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 10:00 horas del día diecisiete de marzo del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 149-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Ms. Any Berenice Córdova Chang** (Secretaria)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

**“PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (*Chondracanthus chamissoi*), SEMILLAS DE *Linum usitatissimum* y *Salvia hispanica*”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **ALEGRIA RODRIGUEZ RONY MARTIN**
- **VASQUEZ BACILIO EVELYN FABIOLA**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como Coasesor a la **M.Sc. Eudes Villanueva López**.

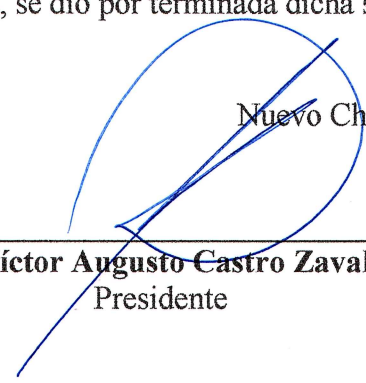
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

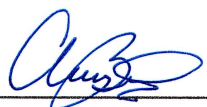
El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
<b>ALEGRIA RODRIGUEZ RONY MARTIN</b>	18	BUENO

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 17 de marzo del 2023.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
Secretaria

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
Integrante

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 10:00 horas del día diecisiete de marzo del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 149-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Ms. Any Berenice Córdova Chang** (Secretaria)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

**“PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (*Chondracanthus chamissoi*), SEMILLAS DE *Linum usitatissimum* y *Salvia hispanica*”**, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **ALEGRIA RODRIGUEZ RONY MARTIN**
- **VASQUEZ BACILIO EVELYN FABIOLA**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como Coasesor a la **M.Sc. Eudes Villanueva López**.

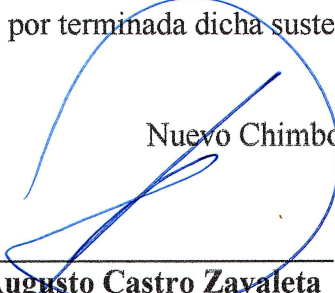
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
<b>VASQUEZ BACILIO EVELYN FABIOLA</b>	18	BUENO

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 17 de marzo del 2023.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Ms. Any Berenice Córdova Chang**  
Secretaria

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
Integrante




## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Evelyn VÁSQUEZ BACILIO  
Título del ejercicio: TESIS - MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL  
Título de la entrega: "PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (Chondracanthus ...  
Nombre del archivo: TESIS\_PAN\_DE\_MOLDE\_ALGAS\_MARINAS\_LISTO\_PARA\_EMPAS...  
Tamaño del archivo: 4.26M  
Total páginas: 120  
Total de palabras: 20,408  
Total de caracteres: 107,745  
Fecha de entrega: 20-jun.-2024 04:58p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2405858581

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

*"PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (Chondracanthus Chamissoi), SEMILLAS DE Linum usitatissimum Y Salvia hispánica"*

---

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**Autor**  
Bach. Alegría Rodríguez, Rony Martin  
Bach. Vásquez Bacilio, Evelyn Fabiola

**Asesora:**  
Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta  
DNI N°: 19096335  
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

**Co-asesor:**  
Ms. Sc Eudes Villanueva López  
Código ORCID: 0000-0001-9737-5156

NUEVO CHIMBOTE - PERU  
2023

# “PAN DE MOLDE ENRIQUECIDO CON ALGA (Chondracanthus Chamissoi), SEMILLAS DE Linum usitatissimum Y Salvia hispánica”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://digi.usac.edu.gt">digi.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1%

## DEDICATORIA

*Dedico este informe de tesis a quien guarda mi caminar a mi Padre Celestial, quien me brinda fortaleza y sabiduría para hacer frente a toda adversidad. A mis padres Vidal y Marilú por el amor y aliento que me brindan a diario.*

*Dedicado esta tesis a todos aquellos que fueron de gran apoyo para la realización de este informe, familia, amigos y docentes.*

*A mi Asesora, quien en todo el proceso siempre conté con su apoyo y motivación.*

**Evelyn Fabiola Vásquez Bacilio**



## DEDICATORIA

*A Dios, por permitirme encontrar el apoyo  
y la fuerza para lograr mis metas.*

*A mis padres, Elizabeth y Martín, por  
brindarme el apoyo incondicional en todo  
momento, por sus consejos, sus enseñanzas y  
valores.*

*A mi hermana y hermano, Kiara y Martín que son  
mi motor y motivo para seguir adelante con mis  
metas y objetivos, por su alegría y consejos que  
me dan de la vida.*

*A mis amigas Melisa y Sharo por sus consejos y apoyo  
en el desarrollo de mi tesis.*

*A mi asesora Dra. Elza Aguirre por sus constantes  
motivaciones y apoyo incondicional para terminar la tesis.*

**Rony Martín Alegría Rodríguez**

## **AGRADECIMIENTOS**

“A Dios por habernos otorgado fortaleza, perseverancia y salud para poder concluir un objetivo más en la vida.”

“A nuestras familias y amistades que nos brindaron su gran apoyo en las decisiones y proyectos que emprendimos.

“A nuestros formadores, maestros, en especial a la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas por habernos brindado su apoyo como asesora, por sus enseñanzas, por la confianza brindada, por la comprensión, las correcciones y consejos.”

“A la Universidad Nacional del Santa por brindarnos los recursos y herramientas necesarias con las cuales se hizo posible la realización del informe de investigación ya que si ello no hubiese sido posible concluir con este informe”.

“Agradecer al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), quien a través del proyecto “PNIPA-PES-SEREX-PP-000109: Fortalecimiento de las Capacidades para la Producción de Pan de Molde enriquecido con Algas Marinas, para la Población de la Región Ancash” financió el proyecto mediante el CONTRATO N°086-2019-PNIPA-SUBPROYECTOS APROBADO CON RESOLUCION N°109-2021-UNS-R”.

**Los Autores**

## INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	XII
SUMMARY.....	XIII
I. INTRODUCCION.....	14
II. MARCO TEORICO.....	16
2.1. ALGAS MARINAS .....	16
2.1.1. GENERALIDADES .....	16
2.1.2. TAXONOMIA.....	22
2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL .....	24
2.1.4. PROPIEDADES .....	26
2.1.5. IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ALGAS MARINAS.....	27
2.2. LINAZA .....	28
2.2.1. DEFINICION.....	28
2.2.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA Y PRODUCCION.....	29
2.2.3. TAXONOMIA.....	30
2.2.4. COMPOSICION QUIMICA, NUTRICIONAL Y MEDICINAL.....	30
2.2.5. BENEFICIOS NUTRICIOANLES DE LA LINAZA.....	35
2.3. CHIA .....	37
2.3.1. DEFINICION.....	37
2.3.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA Y PRODUCCIÓN.....	38
2.3.3. DESCRIPCION BOTÁNICA.....	39

2.3.4.	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	41
2.3.5.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y BIOACTIVIDAD .....	45
2.3.6.	BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LA CHÍA.....	45
2.4.	PAN DE MOLDE.....	50
2.4.1.	DEFINICION.....	50
2.4.2.	CLASIFICACION .....	50
2.4.3.	VALOR NUTRICIONAL .....	51
2.4.4.	REQUISITOS FISICOQUIMICOS DEL PAN DE MOLDE .....	52
2.4.5.	INSUMOS PRINCIPALES .....	53
2.4.6.	METODOS DE ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE .....	55
2.4.7.	PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACION DEL PAN.....	56
2.4.8.	CALIDAD DEL PAN.....	59
III.	MATERIALES Y METODOS.....	61
3.1.	MATERIALES.....	61
3.1.1.	MATERIA PRIMA.....	61
3.1.2.	INSUMOS.....	61
3.1.3.	MATERIALES DE LABORATORIO .....	62
3.1.4.	REACTIVOS .....	64
3.1.5.	EQUIPOS DE LABORATORIO.....	64
3.2.	METODOS .....	65
3.2.1.	ANALISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA.....	65

3.2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE DESODORIZACION DE LAS ALGAS MARINAS .....	66
3.2.3. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DEL PAN DE MOLDE.....	68
3.2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	73
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	75
4.1. ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LAS ALGAS, LINAZA Y CHIA .....	75
4.2. ANALISIS DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS ALGAS, LINAZA Y CHIA.....	77
4.3. ANALISIS DE MINERALES DE LAS ALGAS MARINAS.....	78
4.4. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LAS FORMULACIONES ELABORADAS.....	80
4.5. ANÁLISIS DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES FORMULACIONES DE PAN DE MOLDE .....	81
4.6. EVALUACION SENSORIAL.....	82
4.6.1 COLOR.....	84
4.6.2. APARIENCIA.....	85
4.6.3.OLOR.....	88
4.6.4. SABOR.....	90
4.6.5. TEXTURA.....	92
4.6.6.ACEPTACIÓN GENERAL.....	95
4.7. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA MEJOR FORMULACION ELEGIDA EN LA EVALUACION SENSORIAL.....	96

V. CONCLUSIONES .....	98
VI. RECOMENDACIONES.....	99
VII. REFERENCIASBIBLIOGRAFICAS .....	100
VIII. ANEXOS.....	109

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Producción mundial de algas (incluida algas marinas y microalgas).2019 .....	19
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de las macroalgas marinas Chondracanthus Chamissoi (yuyo) .....	23
<b>Tabla 3.</b> Composición nutricional en 100g en harina de yuyo .....	25
<b>Tabla 4.</b> Clasificación química en 100g en harina de yuyo (aminoácidos esenciales) .....	26
<b>Tabla 5.</b> Clasificación taxonómica de la linaza.....	30
<b>Tabla 6.</b> Composición química de las semillas de linaza.....	31
<b>Tabla 7.</b> Jerarquía taxonómica de la chía.....	40
<b>Tabla 8.</b> Contenido de vitaminas en la chía .....	43
<b>Tabla 9.</b> Contenidos de minerales presentes en la chía.....	44
<b>Tabla 10.</b> Valor terapéutico de las semillas de chía.....	48
<b>Tabla 11.</b> Aplicaciones de la semilla y aceite de chía .....	49
<b>Tabla 12.</b> Composición nutricional por 100 gramos de porción comestible de pan de molde .....	51
<b>Tabla 13.</b> Especificaciones físicas y químicas del pan de molde (%)......	52
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de insumos de pan de molde.....	69
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de materia prima por cada formulación .....	69
<b>Tabla 16.</b> Calidad de insumos .....	71

<b>Tabla 17.</b> Esquema de diseño experimental.....	74
<b>Tabla 18.</b> Análisis proximal de la materia prima.....	75
<b>Tabla 19.</b> Análisis de polifenoles totales y capacidad antioxidante.....	77
<b>Tabla 20.</b> Análisis de minerales en el alga <i>Chondracanthus Chamissoi</i> en base seca.....	78
<b>Tabla 21.</b> Estudio proximal de los diferentes tratamientos.....	80
<b>Tabla 22.</b> Análisis de Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante de las diferentes formulaciones.....	81
<b>Tabla 23.</b> Valores medios de parámetros de atributos en sus diferentes formulaciones.....	83
<b>Tabla 24.</b> Anova para el atributo color.....	84
<b>Tabla 25.</b> Anova para el atributo apariencia.....	86
<b>Tabla 26.</b> Anova para el atributo olor.....	88
<b>Tabla 27.</b> Anova para el atributo sabor.....	90
<b>Tabla 28.</b> Anova para el atributo textura.....	93
<b>Tabla 29.</b> Anova para el atributo de textura.....	95
<b>Tabla 30.</b> Análisis fisicoquímico y de minerales de la F6.....	96

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Alga marina variedad Chondracanthus Chamissoi: (yuyo).....	17
<b>Figura 2.</b> Estado y tendencias de la producción mundial en millones de toneladas de algas del año 1950 al 2019.....	18
<b>Figura 3.</b> Limites sur y norte de la distribución de Chondracanthus Chamissoi .....	21
<b>Figura 4.</b> Perú: composición por especies en la recolección silvestre de algas en 2019 .....	22
<b>Figura 5.</b> Inflorescencias de Salvia Hispánica L.....	41
<b>Figura 6.</b> Flujograma del proceso de desodorización de algas marinas.....	68
<b>Figura 7.</b> Flujograma del proceso de elaboración de pan de molde .....	72
<b>Figura 8.</b> Grafica de cajas para atributo color.....	84
<b>Figura 9.</b> Gráfico de barras para el atributo color.....	85
<b>Figura 10.</b> Gráfico de cajas para el atributo apariencia .....	86
<b>Figura 11.</b> Gráfico de barras para el atributo apariencia.....	87
<b>Figura 12.</b> Gráfico de cajas para el atributo olor .....	89
<b>Figura 13.</b> Gráfico de barras para el atributo olor.....	89
<b>Figura 14.</b> Gráfico de cajas para el atributo sabor .....	91
<b>Figura 15.</b> Gráfico de barras para el atributo sabor .....	92
<b>Figura 16.</b> Gráfico de cajas para el atributo textura.....	93
<b>Figura 17.</b> Gráfico de barras para el atributo textura.....	94
<b>Figura 18.</b> Gráfico de barras de la aceptabilidad .....	95



## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 01.</b> Determinación de humedad.....	109
<b>ANEXO 02.</b> Determinación de Cenizas .....	110
<b>ANEXO 3.</b> Determinación de grasas .....	111
<b>ANEXO 4.</b> Determinación de fibra cruda .....	112
<b>ANEXO 5.</b> Determinación de proteínas.....	113
<b>ANEXO 6.</b> Determinación de carbohidratos – Método de la ecuación .....	115
<b>ANEXO 7.</b> Determinación de polifenoles totales .....	116
<b>ANEXO 8.</b> Ficha de Evaluación Sensorial .....	118
<b>ANEXO 9.</b> Proceso de elaboración del Pan de Molde .....	119

## RESUMEN

El pan de molde es un alimento que forma parte de la dieta tradicional a nivel mundial. Constituye la base de la alimentación de la población peruana, principalmente en los sectores de nivel socioeconómico bajo. Actualmente se elaboran distintos tipos de panes los cuales varían principalmente por el tipo de harina utilizada y la técnica empleada en su elaboración, algunos ejemplos son pan integral, de centeno, molde, entre otros, por lo cual sería interesante enriquecer un pan para otorgarle mayores propiedades nutritivas. Por lo cual, en el presente trabajo de investigación se elaboró pan de molde enriquecido con distintas proporciones de *Chondracanthus Chamissoi*, *Linum Usitatissimum* y *Salvia Hispánica*. Se evaluó una muestra control y 6 formulaciones con 0, 5, 7.5, 10, 12.5 y 15 % de algas marinas, 5% de linaza y chía en todas las formulaciones. Cada tratamiento se caracterizó por análisis químico proximal y sensorialmente. Los resultados obtenidos arrojaron que la formulación de 15% de algas marinas obtuvo mayor cantidad de propiedades nutritivas, pero en la evaluación sensorial la formulación con 12.5 % de algas marinas obtuvo la mayor aceptabilidad, el cual sería recomendado para una producción masiva.

***Palabras claves:*** pan de molde, *Chondracanthus Chamissoi*, linaza, chía.

## SUMMARY

Sliced bread is a food that is part of the traditional diet worldwide. It constitutes the basis of the diet of the Peruvian population, mainly in sectors of low socioeconomic level. Currently, different types of breads are made, which vary mainly by the type of flour used and the technique used in its preparation, some examples are wholemeal bread, rye bread, mold, among others, for which it would be interesting to enrich a bread to give it greater nutritional properties. Therefore, in this research, a sliced bread enriched with different proportions of *Chondracanthus Chamissoi*, *Linum Usitatissimum* and *Salvia Hispanica* was prepared. A control sample and 6 formulations with 0, 5, 7.5, 10, 12.5 and 15% seaweed, 5% flaxseed and chia in all formulations were evaluated. Each treatment was characterized by proximal chemical and sensory analysis. The results obtained showed that the 15% seaweed formulation obtained the greatest amount of nutritional properties, but in the sensory evaluation, the 12.5% seaweed formulation obtained the highest acceptability, which would be recommended for mass production.

**Keywords:** *sliced bread, Chondracanthus Chamissoi, flaxseed, chia*

## I. INTRODUCCION

UNICEF ha clasificado la desnutrición infantil en Perú como una urgencia silenciosa que causa consecuencias extremadamente rápidas que se manifiestan durante toda la vida de una persona y no siempre se detectan. Un peso y una estatura bajos son los primeros signos de la enfermedad que causa casi la mitad de la mortalidad infantil.

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) manifiesta que para tener una buena salud física se debe tener un buen estado nutricional, lo cual dependerá de la cantidad y calidad nutricional de los alimentos que se consume, debido a esto surge la necesidad de desarrollar alimentos con un alto valor nutritivo donde las algas marinas (*Chondracanthus Chamissoi*) de alto contenido de calcio y hierro y los granos tales como la linaza chía son una alternativa como ingredientes para el enriquecimiento de un pan de molde, ya que aportan una excelente fuente de antioxidantes, ácidos grasos, omega 3 y 6, proteínas y diferentes vitaminas.

En la actualidad, existe un interés creciente por el consumo de productos funcionales; la producción de pan de molde ha sido sinónimo del estudio del enriquecimiento en proteínas, fibras y compuestos fenólicos, que ejercen un efecto benéfico sobre la salud humana; las algas marinas son fuente de compuestos nitrogenados (proteínas), sin embargo, también son fuente de nutrientes como las fibras y micronutrientes (calcio, hierro y fosforo). Por lo tanto, existe un creciente interés en el mundo de consumir productos de panificación enriquecidos, con nuevas fuentes alimenticias.

Tomado en cuenta lo dicho, surge la siguiente pregunta: ¿Qué formulación tendrá la mejor aceptación sensorial y nutricional para el pan enriquecido con algas marinas, linaza y semillas de chía?

Y se plantea la hipótesis: El enriquecimiento con algas marinas, linaza y chía si afectan de manera significativa en la aceptabilidad sensorial y nutricional del pan de molde.

Por ello como objetivo general, se elaborará un pan de molde enriquecido con algas marinas, semillas de linaza y chía y los siguientes objetivos se consideran específicos:

- Evaluar las características físico-químicas de las materias primas.
- Determinar polifenoles en las algas marinas
- Estudiar las sustituciones de harina de trigo con diferentes porcentajes de algas marinas
- Determinar minerales del pan de molde

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ALGAS MARINAS

#### 2.1.1. GENERALIDADES

La macroalga *Chondracanthus Chamissoi* o también conocida como yuyo en Perú se encuentra a lo largo las costas chilena y peruana. Esta alga es muy usada y consumida en Perú, sirviéndose como acompañamiento en comidas típicas de la costa (PRODUCE, 2017). La obtención en Perú de este recurso se da mayormente por medio de la extracción directa en las praderas por los pescadores artesanales, esta actividad ayuda económicamente a varias familias y coopera la seguridad alimentaria del país (Flores et al. 2015). Así mismo Miranda (2015) indica que las algas tienen innumerables aplicaciones industriales, pero son muy pocas veces utilizadas como fuente de nutrientes de elevada y alta calidad.

A lo largo de la costa peruana es la macroalga más prolífica, el cual ha sido usada desde la época incaica como parte de su alimentación diaria, lográndose consumir mayormente fresco (PRODUCE, 2016). En cosmética y farmacología es muy usada por sus sustancias que contiene; además es usada para el consumo directo en la elaboración de platos marinos.

Vidal (2015) en su investigación caracteriza a esta macroalga por tener un talo membranáceo entre 6 a 45 cm de altura, cuyo color cambia desde marrón rojizo y un verde oscuro, o casi negro. Está formado por varios ejes axiales cilíndricos en la base subdicómicamente, que se originan de un disco basal pequeño. Las ramificaciones son pinnadas o dísticas, las ramas adyacentes son de distinto longitud y tamaño.

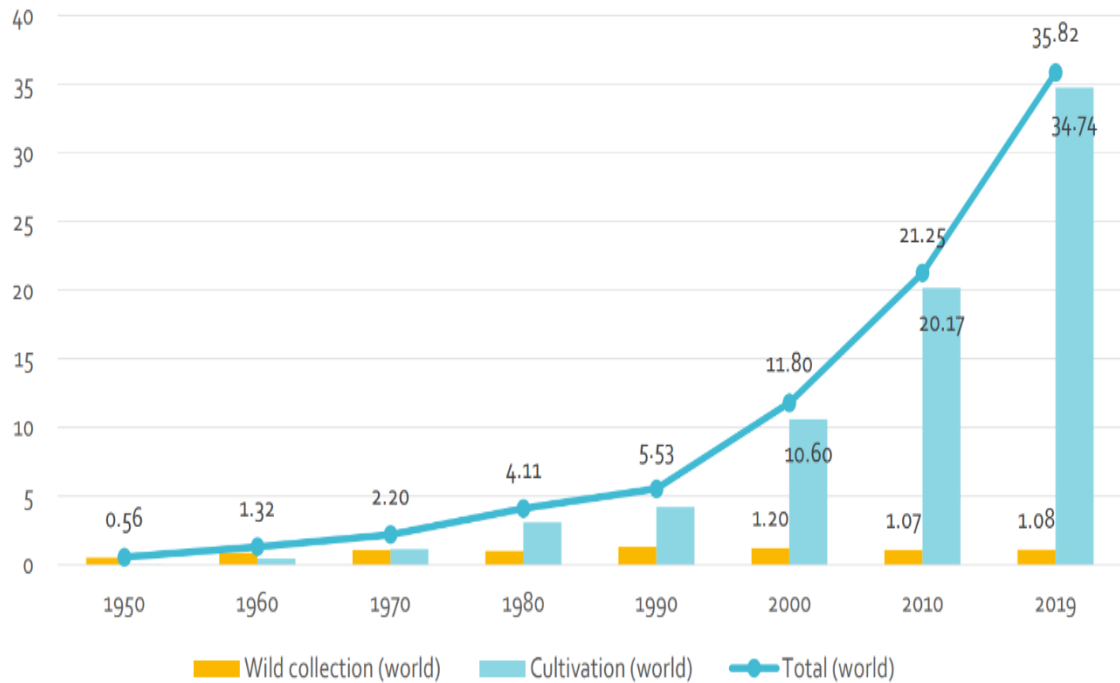
Las algas marinas desde hace miles de años por su elevado contenido de sales minerales (yodo, potasio, etc.) ha sido usada como un alimento complementario por el hombre, debido a sus propiedades coloidales inertes y viscosas son muy usadas en la preparación de alimentos a nivel industrial. Estas características que poseen las algas marinas la hacen muy demandada a nivel comercial como su gran capacidad higroscópica (capacidad de retener agua) y flexibilidad, debido a esto son secados inmediatamente luego de su recolección para prevenir su descomposición, pero recuperan su propiedad elástica al observar agua (Flora, 2009).



**Figure 1:** Alga marina - variedad *Chondracanthus Chamosoi* (yuyo)

La producción mundial de algas (incluido el cultivo y la recolección silvestre) aumento más de 60 veces desde 0.56 millones de toneladas (húmedas) en el año 1950 a

35.82 millones de toneladas en el año 2019; casi todo el crecimiento fue aportado por el cultivo (FAO, 2021).



**Figure 2:** Estado y tendencias de la producción mundial en millones de toneladas de algas del año 1950 al 2019.

En el mundo la demanda de algas marinas sigue incrementándose de US\$ 1335085 hasta US\$ 5 981 710.20, en este año. El principal importador de algas marinas es China con un 89 % del total en el año 2009. De las cuales las especies más demandadas por el país asiático son la *Macrocystis* y para uso industrial las del género *Lessonia*, cuyo precio FOB aproximadamente es US\$ 0.68 dólares/kg. Además, se recibió 50 toneladas de *Girgantina Chamissoi* (secos, congelado o fresco) para consumo humano, cuyo precio FOB fue de US\$ 2.50 dólares/kg (Bermuy, 2011).



**Tabla 1:** *Producción mundial de algas (incluida algas marinas y microalgas), 2019*

<b>País/Área</b>	<b>Total (cultivado y salvaje) producción (toneladas)</b>	<b>Parte del mundo total (%)</b>	<b>Cuota de acuicultura en producción total (%)</b>
<b>Mundo</b>	<b>35 818 961</b>	<b>100.00</b>	<b>96.98</b>
<b>Asia</b>	<b>34 881 600</b>	<b>97.38</b>	<b>99.10</b>
China	20 351 442	56.82	99.14
Indonesia	9 962 900	27.81	99.55
República de Corea	1 821 475	5.09	99.52
Filipinas	1 500 326	4.19	99.98
Rep. democrática de Corea	603 000	1.68	100.00
Japón	412 300	1.15	83.80
Malasia	188 110	0.53	100.00
<b>América</b>	<b>188 144</b>	<b>1.36</b>	<b>4.87</b>
Chile	427 508	1.19	5.28
Perú	36 348	0.10	0.00
Canadá	12 655	0.04	0.00
México	7 336	0.02	0.14
E.E. UU	3 394	0.01	7.75
<b>Europa</b>	<b>287 386</b>	<b>0.80</b>	<b>3.99</b>

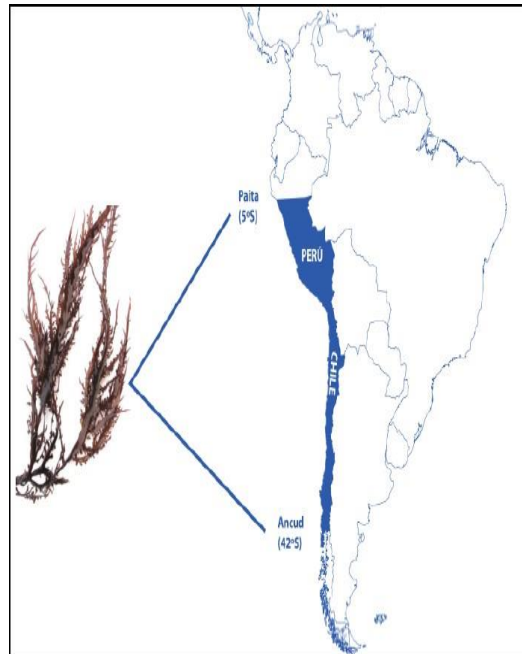
**Tabla 2: <<continuación>>**

Noruega	163 197	0.46	0.07
Francia	51 683	0.14	0.74
Irlanda	29 542	0.08	0.14
Fed. de	19 544	0.05	54.10
Rusia			
Islandia	17 533	0.05	0.00
<b>África</b>	<b>145 259</b>	<b>0.41</b>	<b>81.33</b>
Rep. Unida			
de Tanzania	106 069	0.30	100.00
Morrocó	17 591	0.05	1.55
Sudáfrica	11 155	0.03	19.32
Madagascar	9 665	0.03	91.72
<b>Oceanía</b>	<b>16 572</b>	<b>0.05</b>	<b>85.32</b>
Islas			
Salomón	5 600	0.02	100.00
P. Nuev.			
Guinea	4 300	0.01	100.00
Kiribati	3 650	0.01	100.00
Australia	1 923	0.01	0.00

**FUENTE:** FAO, 2021.

El *Chondracanthus Chamissoi*, es un alga autóctona de la costa del pacífico sur, que se distribuye entre Chiloé, Chile (42°40'S, 73°55'W) hasta Paita, Perú (5°04'S, 81°05'W), y se encuentra habitualmente en los lugares rocosos de las zonas entre mareas y debajo de estas mismas (Arakaki et al., 2021), no obstante, se ha confirmado su

presencia en las costas de Corea del Sur, Francia y Japón, a través de análisis moleculares (Yang et al. 2015).

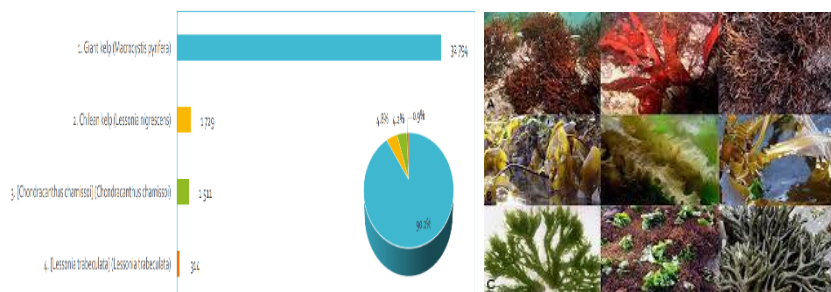


**Figura 3:** *Limites sur y norte de la distribución de Chondracanthus Chamissoi*

En la actualidad el 90% de la macroalga *Chondracanthus Chamissoi* se procesa en un alimento comestible de alto valor nutritivo llamado Suginori rojo y verde (Bernuy, 2011).

La extracción de esta macroalga comenzó en el año 2009 y ha sufrido un gran aumento hasta el 2013, donde la localidad de Cherrepe está muy afectada por esta actividad. En las zonas costeras de Monsefú y Santa Rosa los pescadores desde hace años vienen sobreexplotando el alga sin dejar que se recupere (Silvera, 2013).

En el Perú entre los meses de enero y setiembre del año 2014 la exportación de algas ya sea congeladas, refrigeradas y frescas se duplicaron respecto a lo exportado en el 2013 que fue cuatro millones de dólares (Adex, 2014).



**Figura 4:** Perú: composición por especies en la recolección silvestre de algas en 2019 (total 36 348 toneladas)

Debido al fortalecimiento de los mercados como Alemania, Estados Unidos, Noruega, China, y Canadá, se incrementó en tres dígitos las exportaciones, así mismo aparecieron nuevos mercados como México, El Salvador y Hong Kong. De los 14 mercados de exportación de algas marinas China abarca el 82%, Francia 6%, Canadá y Noruega 3% cada uno, y otros; donde se obtuvo un 205% de incremento de las exportaciones. Cabe recalcar que las exportaciones no tradicionales del sector pesquero han sufrido un incremento positivo donde en el año 2004 aumento 22%, 2005 un 34%, 2006 un 18% y en el 2007 en 56% (Adex, 2014).

Las algas marinas son en su mayoría exportadas por las empresas Algas Arequipa, Crosland Técnica y Alimentos Procesados, Crosland Técnica, Globe Seaweed International, Algas Multiexport del Perú, entre otros (ANDINA, 2014).

### 2.1.2. TAXONOMÍA

Son plantas cuyo organismo se compone de un talo (organismos que carecen de vascularización). Mayormente habitan en el bento y se adhieren a un sustrato. Son capaces de realizar fotosíntesis, lo que indica que son autótrofos.

**Tabla 2:** Taxonomía de la macroalga marina *Chondracanthus Chamissoi* (yuyo)

<b>Clasificación Botánica</b>	
Reino	Plantae
Subreino	Fanerógama
División	Spermatofhyta
Subdivisión	Rhodophyta
Clase	Rhodophyceae
Orden	Gigartinales
Familia	Gigartinaceae
Genero	Chondracanthus
Especie	C. Chamissoi
Nombre Común	“alga roja”, “yuyo”, “chicoria de mar”, “mococho”

**FUENTE:** Azalgara et al., 2012.

La *Chondracanthus Chamissoi*, un tipo de alga roja (Rhodophyta) de tonalidad café-rojiza, posee un cuerpo aplanado y ramificado, con una longitud aproximada de 20 cm según Mendis et al. (2013). Su morfología presenta una gran variabilidad. Dawson et al. (1964) optaron por clasificar las diversas formas en dos grupos morfológicos: el grupo "Lessonii", que comprende formas de talo estrecho de entre 3 y 5 mm, y el grupo "Chauvinii", que se refiere a las formas de talo ancho, de 25 mm o más, según lo descrito por Calderón et al. (2020).

Un estudio llevado a cabo por Calderón et al. (2020) reveló que las características de este recurso incluyen un talo con una textura que varía entre membranosa y cartilaginosa, con una gama de colores que van desde rojo purpúreo hasta verde oscuro. Este talo puede alcanzar dimensiones de hasta 1 cm de ancho y 36 cm de largo. Además, está compuesto por un pequeño disco basal de fijación que puede tener un diámetro de

hasta 3 mm. La especie posee un ciclo de vida isomórfico y trifásico, con alternancia entre gametofitos y tetrasporofitos erectos. Los gametofitos son dioicos.

### **2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL**

#### **- Composición fisicoquímica**

De manera general, las algas contienen una cantidad significativa de macroelementos como magnesio, calcio, fósforo, potasio y sodio, que se estima representan entre el 8% y el 40% de su peso seco. Además, también contienen una variedad de minerales traza como yodo, hierro, cobre, cadmio, níquel, mercurio y zinc, entre otros, según lo informado por el USDA en 2017

Estas algas contienen una abundancia de minerales, lo que las destaca como una fuente valiosa de sales, especialmente para la producción industrial de alimentos enriquecidos con yodo, calcio y otros minerales. Este aporte nutricional es significativo dentro de los estándares dietéticos, como señalado por Ortiz V. J. en 2011.

La fibra dietética presente en las algas rojas consiste principalmente en galactanos sulfatados, como carragenanos y agar, y en menor proporción xilanos, mananos y celulosa.

En algas rojas como *Chondracanthus Chamissoi* (yuyo), se encuentran polisacáridos complejos conocidos como fecocoloides, específicamente carragenanos, cuyas propiedades están fuertemente influenciadas por los cationes a los que se asocian. Estos carragenanos pueden formar geles sólidos en presencia de potasio (K-carragenano) o fracciones no gelificantes (A-carragenano) debido a su alto nivel de sulfatación, según

lo señalado por Salas et al. (2009). Además, desde el punto de vista nutricional y en comparación con otras fuentes de alimentos, el yuyo se distingue por su contenido elevado de proteínas (12 g), fibra (47.5 g) compuesta principalmente por mucílagos y ácido algínico, conocido por su capacidad de desintoxicación de metales pesados. También es rico en calcio (1160 mg %), hierro (32 mg %) y yodo (150 mg %), aunque contiene cantidades relativamente altas de sodio (3.45 mg %), según se detalla en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3:** *Composición Nutricional en 100g. en harina de yuyo*

<b>Composición Nutricional</b>	
<b>Energía y Macronutrientes</b>	
Calorías	85 Kcal
Proteína	12 g
Grasa	0.27 g
Fibra	47.5 g
Carbohidratos	8.67 g
Minerales	
Hierro	32 mg
Calcio	1 160 mg
Fosforo	142.2 mg
Zinc	1.6 mg
Magnesio	1 015 mg
Manganeso	1 130 mg
Yodo	490 mg
Potasio	3.46 mg
Sodio	3.45 mg

**FUENTE:** Momberg, 2007

**Tabla 4:** *Composición Química en 100 g. en harina de yuyo*

<b>Composición Nutricional</b>	
<b>Aminoácidos Esenciales</b>	
Histidina	140 mg
Isoleucina	386 mg
Leucina	560 mg
Metionina	320 mg
Fenilalanina	230 mg
Treonina	500 mg
Triptófano	90 mg
Valina	500 mg
<b>Aminoácidos no Esenciales</b>	
Ac. Aspártico	1 150 mg
Ac. Glutámico	1 138 mg
Serina	600 mg
Glicina	570 mg
Cistina	1 830 mg
Alanina	800 mg
Arginina	590 mg
Ac. Fólico	1.68 mg
Tirosina	370 mg

**FUENTE:** Momberg, 2007

#### **2.1.4. PROPIEDADES**

Las algas marinas ofrecen una amplia gama de propiedades y beneficios que abarcan desde aspectos nutricionales hasta aplicaciones en cosmética:

- Son ricas en vitaminas como la B-12 (que combate la anemia), vitamina E y K (que actúan como antihemorrágicos), así como en vitamina A y C.



- Poseen propiedades bactericidas debido a su contenido de polisacáridos, lo que les permite actuar como agentes descontaminantes.
- Son una fuente energética natural.
- Contienen una variedad de minerales como yodo, fibras, calcio, magnesio, zinc, cobre, selenio, fósforo, entre otros.
- Son efectivas para tratar el estreñimiento y otras dolencias estomacales debido a su capacidad laxante.
- Contienen proteínas, fósforo, calcio (beneficioso para fortalecer huesos y cabello), clorofila, yodo y aminoácidos esenciales.
- Ayudan en programas de pérdida de peso al moderar el apetito y su contenido de yodo puede influir positivamente en la función tiroidea.
- Son ricas en fibra y combaten el raquitismo.
- Contribuyen a la eliminación de toxinas y parásitos intestinales.
- Se utilizan en el tratamiento del hipotiroidismo y tienen propiedades diuréticas.

Estos beneficios han sido destacados por Inkanat en 2016.

#### **2.1.5. IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ALGAS MARINAS**

- La composición nutricional de las algas sugiere que su inclusión en las dietas podría favorecer la consecución de una alimentación balanceada.
- A partir del análisis de los niveles séricos, se puede inferir que la integración de las algas en la dieta no afecta la función hepática ni renal.
- Dada la inconsistencia en los resultados obtenidos sobre la actividad de las disacaridasas y los niveles de glucosa, se requieren investigaciones específicas

para comprender mejor el impacto de las algas en la regulación glucémica en una dieta que las contenga.

- El consumo de algas pardas o rojas mejora la capacidad antioxidante del cuerpo, alterando la actividad y el equilibrio de las enzimas antioxidantes, lo que puede crear ambientes antioxidantes en órganos como el hígado, el corazón y la mucosa intestinal, proporcionando así un efecto protector en las células correspondientes.
- La inclusión de algas en la dieta podría mitigar e incluso eliminar ciertas deficiencias nutricionales, así como añadir compuestos que promuevan una alimentación más saludable.

Estas observaciones fueron reportadas por Millan Lence en 2015.

## **2.2. LINAZA**

### **2.2.1. DEFINICIÓN**

La planta herbácea de lino da una semilla llamada linaza, que crece entre 0.3 y 1 metro de altura y se reproduce por semilla, gracias a su composición de fibra y aceite de elevada composición nutricional es cultivado desde épocas ancestrales (Flax Council of Canadá, 2015).

Así mismo la linaza son semillas planas y ovaladas (Shim, et al. 2015), que tiene una longitud de 4 a 5 mm cuyo color es marrón brillante (Ambrosio et al., 2018; Guerrero, 2018), que consta de un embrión y dos cotiledones envueltos por una cáscara marrón brillante, los oleosomas son cuerpos oleosos que se encuentran en los cotiledones y endospermo (Parikh et al., 2018).

## **2.2.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN**

En la actualidad el lino es cultivado principalmente en Europa oriental y occidental, donde las mayores superficies sembradas están en Europa oriental (Rusia, Ucrania, Bielorrusia y Polonia), sin embargo, con mayores rendimientos agronómicos y tecnológicos en Europa occidental (Francia, Bélgica, Países bajos) (CABI, 2018).

La gran mayoría del lino (96%) se siembra entre los 49° y los 53° de latitud norte. Donde los más altos rendimientos se dan en condiciones de temperatura fría a moderada, con 150 a 200 mm de lluvia durante el tiempo de crecimiento (abril-junio), suelos bien drenados y fértiles con un pH entre 6.6 y 7.0, altitudes entre 0 y 2400 metros. (CABI, 2018).

En la base de datos de la FAO, la mayor producción de linaza en el año 2020 fueron los países de Kazajistán, Rusia y China con aproximadamente 1.06, 0.79 y 0.58 millones de toneladas respectivamente. En la región sudamericana el mayor volumen de producción de semilla de linaza lo obtuvo Argentina con 10 mil toneladas y Uruguay con 5 mil toneladas (FAO, 2021).

En el Perú, la producción se concentra principalmente en los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Cuzco, Arequipa, Ayacucho, Apurímac, Huancavelica y Junín, según lo indicado por Castillo en 2017. Dentro de las variedades más notables en el país se encuentran la linaza marrón y la linaza dorada, como señaló Vizcarra en 2013.

### 2.2.3. TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica de la especie *Linum Usitatissimum* L. es la siguiente:

**Tabla 5:** *Clasificación taxonómica de la linaza.*

<b>Clasificación Botánica</b>	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Linales
Familia	Lináceas
Genero	<i>Linum</i> L.
Especie	<i>Linum Usitatissimum</i> L.

**FUENTE:** USDA-NRCS, 2018

### 2.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA, NUTRICIONAL Y MEDICINAL

La información sobre la composición química de la linaza se presenta en la tabla 6. Es importante destacar que esta composición puede variar según la variedad, la región de cultivo, el momento de la cosecha, entre otros factores.

**Tabla 6:** *Composición química de las semillas de linaza, referida a 100 g de producto*

<b>Composición Nutricional</b>	
Energía	534 kcal
Carbohidratos	28.88 g
Azucares	1.55 g
Fibra dietética	27.3 g
Proteína	18.29g
Grasa	42.16 g
Saturada	3.663 g
Monoinsaturada	7.527 g
Polinsaturada	28.730 g
Omega-3	22.8 g
Omega-6	5.9 g
<b>Vitaminas</b>	
Tiamina (B1)	1.644 mg
Riboflavina (B2)	0.161 mg
Niacina (B3)	3.08 mg
Ácido Pantoténico (B5)	0.985 mg
Vitamina (B6)	0.473 mg
Folato	0 ug
Vitamina C	0.6 mg
<b>Minerales</b>	
Calcio	255 mg
Hierro	5.73 mg
Magnesio	392 mg
Fosforo	642 mg
Potasio	813 mg
Cinc	4.34 mg

**FUENTE:** USDA-ARS, 2018

La linaza contiene aproximadamente un 40% de lípidos, un 26% de fibra dietética y un 20% de proteína. La mayor parte de los lípidos (87%) y la proteína (76%) de la semilla se encuentran en los cotiledones, mientras que solo un 17% de los lípidos y un 16% de la proteína están presentes en el endospermo, según Figuerola et al. (2008) y Rubilar et al. (2010), citados por Ampuero en 2011.

Las semillas de linaza tienen 40% de lípidos como el ácido oleico, esteárico, linoleico, etc. y 20% de proteínas formado por aminoácidos como ácido alanina, leucina, lisina, asparagina, treonina, prolina, valina, serina, aspártico y glutámico. También contiene nicotanamida, B-sitosterol, goma o mucilago, edestina, aleurona, ácido galacturónico, linustatina, linamarina, fibra dietética, glucósidos cianogenéticos, linusitamarina, ácido manurónico y neolinustatina (Magro, 2016).

La linaza cuenta con varios compuestos bioactivos además del ALA, incluyendo péptidos cíclicos, glucósidos cianogénicos (CG), lignanos, fibra soluble e insoluble y proteínas de lino. Las formas más comunes de consumo incluyen linaza molida, linaza entera, harina de linaza parcialmente desgrasada y aceite de linaza (Parikh et al., 2018).

- **Lípidos.** Representan del 32% al 45% de la masa de la semilla, del cual el 15-18% es ácido linolénico y 55 al 57% es ALA (alfa linolénica). La harina de linaza desgrasada representa del 55 al 68% de la masa de la linaza, el cual queda después de la extracción del aceite. Normalmente se usa en alimentación animal, pero también en pinturas, barnices y tintas; sin embargo, a su elevada cantidad de ácidos grasos esenciales de origen vegetal cada día más se usa como alimento funcional. (Parikh et al., 2018)

La linaza es una semilla rica en grasas, destacando su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido alfa-linolénico (ALA), un ácido graso esencial omega-3, y el ácido linoleico, un ácido graso esencial omega-6. Estos ácidos grasos son vitales para el organismo humano y deben ser obtenidos a través de la ingesta de grasas y aceites en la dieta, ya que el cuerpo no los produce por sí mismo. Según Daun y Declereq en 1994, y Daun et al. en 2003, citados por Ampuero en 2011, el ALA y el ácido linoleico representan el 57% y el 16%, respectivamente, del total de ácidos grasos presentes en la semilla de linaza.

- **Carbohidratos.** La mayor parte de los carbohidratos pertenecen al grupo de la fibra dietética, destacándose por ser una excelente fuente de fibra tanto soluble como insoluble. Esta fibra puede representar hasta el 28% del peso seco total de la semilla, con una relación variable entre fibra soluble e insoluble que oscila entre 20-80 y 40-60. En la fracción soluble, se encuentra un hidrocoloide conocido como mucílago. Sin embargo, existe escasa información sobre la variabilidad del contenido de fibra dietética entre las diferentes variedades y según las condiciones de cultivo.

-**Fibra.** La linaza contiene un 9% de fibras insolubles y un 20% de fibras solubles, que están principalmente en la cascara. La fibra insoluble se compone de celulosa (7-11%), lignina (2-7%) y fibra detergente acida (10-14%) y la fibra soluble incluye polisacáridos ácidos compuestos por D-xilosa (29.1%), L-fructosa (8.4%), L-galactosa (11.7%) y L-ramnosa (25.3%) y neutros como D-xilosa-D-galactosa (76%) y L-arabinosa (20%) (Parikh et al., 2018)

**-Proteínas.** El contenido de proteínas de la semilla de linaza es elevado en arginina. Entre el 56 al 70% de la arginina se encuentra en los cotiledones y el 30% en el endospermo y la cubierta de la semilla (Parikh et al., 2018).

La linaza es abundante en aminoácidos como la arginina, ácido aspártico y ácido glutámico, pero carece en lisina, metionina y cisteína, que son aminoácidos esenciales limitantes. En contraste con otras semillas, las globulinas y las albuminas representan el 77% y el 27%, respectivamente, de la proteína total. Los procesos de procesamiento, como la eliminación de la grasa, pueden afectar el contenido proteico del producto derivado de la linaza. La cáscara de la linaza tiene un bajo contenido proteico, por lo que la harina sin cáscara y desgrasada tiene un alto valor proteico, según Figuerola et al. en 2008 y Morris en 2003, citados por Ampuero en 2011.

**-Lignanos.** Los lignanos está formado por compuestos fenólicos que poseen una estructura de 2,3-dibencilbutano, según Thompson en 2003. La linaza destaca como la fuente alimenticia más abundante en los precursores de lignanos, que son fitoestrógenos. Estos compuestos, tras ser procesados por el ácido gástrico y la glucosidasa bacteriana presente en el tracto digestivo, muestran una capacidad antioxidante superior a la de sus precursores. El contenido de lignanos en la linaza está principalmente determinado por factores genéticos, aunque también puede ser influenciado en menor medida por las condiciones ambientales, según Figuerola et al. en 2008.

Los lignanos de la linaza son beneficiosos para la salud esto se debe a su capacidad antioxidante, actuando como secuestradores de radicales hidroxilos, así como en sus propiedades estrogénicas y anti estrogénicas.



**-Ácidos graso alfa linoléica.** La linaza es reconocida como una de las principales fuentes de ácido alfa-linolénico (ALA), un ácido graso omega-3 que se encuentra principalmente en los cotiledones de la semilla. Se ha comprobado que el ALA reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, lo que convierte a la linaza en una valiosa fuente de lípidos para mejorar la proporción entre ácidos grasos omega-6 y omega-3. Sin embargo, la opinión de los expertos sobre el valor del consumo de ALA es variada, ya que la conversión de ALA en ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) en los seres humanos es baja, oscilando entre el 0.2% y el 6%, según Figuerola et al. en 2008.

**-Otros compuestos.** El perfil mineral de la semilla es notable por su contenido de magnesio, calcio, potasio, fósforo, hierro y zinc. Además, la semilla contiene vitaminas del grupo B. Al igual que muchas otras semillas oleaginosas, también contiene tocoferoles y tocotrienoles, y su contenido está estrechamente relacionado con la presencia de ácido alfa-linolénico, según lo mencionado por Oohma en 2003.

**-Compuestos Anti nutricionales.** La linaza posee ciertos compuestos anti nutricionales, como el ácido fítico y los glucósidos cianogénicos, al igual que muchas otras plantas. Sin embargo, hasta el momento no se han reportado efectos adversos atribuidos al consumo de linaza en la literatura, según Figuerola et al. en 2008.

## **2.2.5. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LA LINAZA**

De la linaza se extrae la fibra que es usado en alimentos funcionales debido a sus beneficios medicinales y potenciales para la salud (Shim, et al. 2015). Actualmente las semillas de linaza se agregaron a alimentos nutre acéticos o ingredientes alimentarios para aumentar su calidad nutricional (Dong, et al. 2016; Moura, et al. 2016).

**-Desórdenes mentales.** En la actualidad los trastornos mentales son un problema de salud muy importante ya que son una de las principales causas de discapacidad en todo el mundo, dado que esto representa una importante carga económica, social y sanitaria. Como bien se sabe un importante pilar para la salud física es una buena nutrición, lo cual cada día es más reconocida su importancia en la salud mental ya que juega un papel crucial en el desarrollo del cerebro, trastornos psiquiátricos y salud mental (Melzer et al., 2021).

Los ácidos grasos polinsaturados omega-3 son muy importante en la salud física y mental que cada día es más evidente. Los ácidos grasos omega-3 están involucrados en varias funciones fisiológicas vinculadas con la neurotransmisión, neuro inflamación y neurogénesis, debido a esto son muy importantes en la función, desarrollo y el envejecimiento del cerebro (Lange & Nakamura, 2020).

La linaza es rica en ácidos grasos omega-3 por lo que es una buena opción para las enfermedades mentales que fue demostrado en varios estudios realizados, también fue demostrado en un metaanálisis que las personas con esquizofrenia tenían una deficiencia muy alta de PUFA (ácidos grasos polinsaturados) en las membranas del eritrocito, menor cantidad de EPA y DHA que los controles sanos. Estudios realizados demostraron que un menor consumo de ácidos grasos omega-3 eleva las posibilidades de padecer esquizofrenia y que una mayor ingesta reduce la probabilidad de contraerla (Parfait et al., 2021).

**-Cáncer.** La linaza es reconocida por su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, debido a esto es utilizado en la alimentación de pacientes con cáncer (Buckner et al., 2019).

La enzima desaturasa de cadena larga transforma a los ácidos grasos saturados en poliinsaturados n-6 o n-3 y las enzimas elongasas en ácido docosahexanoico (DHA; 22:6N-3) y eicosapentanoico (EPA; 20:5N-3), del cual se cree que tienen muchos efectos anticancerígenos (Parfait et al., 2021).

Un elevado consumo de semillas de linaza dio como resultado niveles altos de ALA, EPA y DHA que son muy beneficiosos para la salud y debido a sus efectos anticancerígenos se demostró que el tratamiento con aceite de linaza disminuyó significativamente el desarrollo de varios tipos de líneas celulares de cáncer mientras que las líneas celulares no cancerosas tuvieron un crecimiento celular mejorado (Buckner et al., 2019).

**-Diabetes y enfermedades cardiovasculares.** Investigaciones tanto en personas como en animales con suplementos dietéticos de linaza se evidenció cambios en el perfil de lípidos séricos el cual está relacionado directamente con los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares (Dayimu et al., 2019).

Estudios realizados sobre la linaza y sus componentes demostraron tener muchos beneficios, incluidos antidiabéticos y hipocolesterolemicos en pacientes prediabéticos y mujeres posmenopáusicas (Parfait et al., 2021)

## **2.3. CHIA**

### **2.3.1. DEFINICIÓN**

La chía llamada también como (Salvia Hispánica) especie de planta herbácea originaria del centro y sur de México que pertenece a la familia de las lamiáceas, Colombia, cultivada principalmente por sus semillas. (León, 2020)

Hoy en día, la chía es una auténtica novedad en el mercado. Desde el año 3.500 a.C., se han utilizado la semilla y sus subproductos. Para las sociedades mesoamericanas, era uno de los cultivos más importantes, sólo superado por el maíz, las judías, el amaranto y los frijoles. Estas culturas utilizaban la semilla como alimento, medicina, sacrificio a los dioses y como materia prima para elaborar un aceite que servía de base para ungüentos cosméticos y hermosas pinturas. (Carrillo, 2017)

Debido a que contienen sólo un 20% de ácidos grasos omega 6 (ácido linolénico) y entre un 25% y un 40% de aceite y un 60% de ácidos grasos omega 3, también conocidos como ALA (ácido alfa linolénico), las semillas de chía (Salvia Hispánica) son cada vez más conocidas y apreciadas desde el punto de vista nutricional. Además, las semillas contienen una cantidad significativa de fibra dietética; sólo 100 gramos contienen hasta 33,9 gramos de fibra, de los cuales el 53,4% es fibra insoluble que ayuda a mejorar el tránsito intestinal y a disminuir el apetito. Además, las semillas contienen 17 gramos de proteínas, una cantidad significativa en la dieta. (León, 2020)

### **2.3.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN**

En todo el mundo, zonas como el sudeste asiático, Norteamérica, Sudáfrica y Centroamérica albergan cultivos de chía. Sin embargo, en algunos países donde el clima es desfavorable para el cultivo en campo abierto, debe cultivarse en invernaderos. Argentina, México, Bolivia, Ecuador, Guatemala y Australia son las naciones con mayores niveles de comercialización de cultivos de chía. Con 750 hectáreas plantadas y 1.700 hectáreas de cultivo potencial en 2009, Australia representó dos tercios de la producción mundial de

semillas de chía en 2008. Australia fue el líder mundial en producción de semillas de chía. (García, 2017)

Arequipa y Cuzco fueron los principales productores en 2012, representando el 98,5% de la producción de semillas de chía del país, según el Censo Nacional Agropecuario de Perú. Las ventas de semillas de chía en Perú alcanzaron los 6 millones de dólares en el primer trimestre de 2017, a un precio por kilogramo de dólares, con un precio de mercado por kilogramo de 2,61 dólares. Panamá es el mayor comprador de semillas de chía, con la mitad del total. (García, 2017)

Esta semilla no soporta las bajas temperaturas, como las heladas, porque prospera en climas tropicales y subtropicales. Además de necesitar una alta concentración de nutrientes y humedad para la germinación de las semillas, crece bien en suelos arenosos, arcillosos y limosos. (García, 2017)

### **2.3.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

Con más de 900 especies, el género *Salvia*, que incluye esta semilla, forma parte de la familia de las lamiáceas. (Serrano, 2020). La jerarquía taxonómica detallada de las semillas de chía se muestra en la Tabla 7.

Las regiones tropicales y/o subtropicales ofrecen las mejores condiciones para su cultivo. Debido a su escasa tolerancia al frío y a su sensibilidad al fotoperiodo, la latitud a la que se plante determinará el éxito de su cultivo (Serrano, 2020).

La planta de chía alcanza una altura de 1 a 1,5 metros (m). Está formada por un tallo hueco y ramificado de forma cuadrangular. Sus hojas miden de 80 a 100 mm de largo y de 40 a 60 mm de ancho. Sus flores son azules o blancas. Sus frutos tienen forma ovalada y un tamaño que oscila entre 1 mm y 1,5 mm. Sus frutos no se abren espontáneamente cuando alcanzan la madurez para liberar sus semillas. (Serrano, 2020).

**Tabla 7:** Jerarquía taxonómica de la chía.

Jerarquía	Descripción
Reino	<i>Plantae</i> – Planta
Subreino	<i>Tracheobionta</i> – Planta vascular
División	<i>Magnoliophyta</i> – Angiosperma
Clase	Magnoliopsida – Dicotiledónea
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	Lamiales
Familia	<i>Lamiaceae</i> – Menta
Genero	<i>Salvia L</i> – Salvia
Especie	<i>Salvia hispánica L.</i>

Según la variedad, pueden ser de color negro o blanco. A pesar de sus similitudes, sus tamaños provocan una ligera variación en su composición. El contenido proteínico de las semillas de chía negras es del 16,9% y el de fibra del 32,6%, mientras que el de las blancas es del 16,5% y el de fibra del 32,4%. (Serrano, 2020).



**Figura 5:** Inflorescencias de *Salvia hispanica* L.

*Nota.* Las imágenes 1 y 2 muestran las inflorescencias de las hojas y las semillas de la *Salvia hispanica* L, la imagen 3 muestra las semillas de chía.

#### 2.3.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Esta semilla es un ingrediente de gran interés para la nutrición y la salud humana debido a su composición química y nutricional. (Grancieri, Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits, 2019), debido a su alto valor nutritivo y a las cualidades terapéuticas que se le atribuyen para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. (Serrano, 2020).

Este pseudocereal ha presentado tal relevancia económica, sanitaria y social que ha sido reconocido como alimento natural en muchos países del mundo. Puede añadirse libremente como ingrediente en la elaboración de diversos productos. En el 2009 se le reconoce como *alimento Nuevo* por medio de la Unión Europea; como *Semilla Segura* en los Estados Unidos y como *Alimentos Naturales para la Salud* en Canadá (Melo, 2019).

En general, se puede decir que la chía contiene muchos macro y micronutrientes. (Grancieri, 2019)

**-Proteínas.** Con las prolaminas como principales proteínas, la chía se considera un alimento crucial en muchos países, ya que contiene entre un 20% y un 34% de proteínas. (Melo, 2019).

La presencia de globulinas (7S y 11S) en los ingredientes puede afectar a las características nutricionales y fisiológicas de los alimentos que dependen de su secuencia estructural y propiedades fisicoquímicas; además, cabe mencionar que los aislados de proteína de chía demostraron una buena capacidad de retención de agua (Capitani, 2013, citado en Serrano, 2020).

**-Aminoácidos.** La chía contiene todos los aminoácidos esenciales los que suelen carecer de las proteínas vegetales, por lo que puede considerarse un pseudocereal con un valor biológico comparable o superior al de las proteínas animales. La chía no es un obstáculo para que los adultos la incluyan en su régimen alimentario. Puede incorporarse a su régimen alimentario y combinarse con otros cereales para crear una fuente equilibrada de proteínas (Díaz, 2015, citado en Serrano, 2020).

Todos los aminoácidos necesarios para la nutrición humana están presentes en los granos de chía: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, histidina y valina (Capitani, 2013 citado en Serrano, 2020).

**-Lípidos.** Las semillas de chía son una rica fuente de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), incluyendo omega 3 y omega 6 (ácido  $\alpha$ -linolénico y linoleico), con una tasa de participación de 62 % a 64 % (Pandurangan, 2020).

El desarrollo de enfermedades cardiovasculares está estrechamente relacionado con el contenido en ácidos grasos de este pseudocereal. Dietas ricas en AGPI, cuyos efectos



terapéuticos se han relacionado con una reducción de los niveles de colesterol, de LDL y de HDL (Pandurangan, 2020).

**-Vitaminas y Minerales.** La composición macro y micro nutricional de esta semilla es similar a la de otras fuentes de proteínas vegetales como las legumbres. Contiene muchas vitaminas A y B, complejos minerales como el niacina, la tiamina y el ácido fólico. Cuando se utiliza como ingrediente en la elaboración de nuevos productos enriquecidos o funcionales, no se altera el contenido de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre (Díaz, 2015).

La chía contiene más calcio, fósforo, magnesio y hierro que otros alimentos como la avena, el maíz y el trigo (Grancieri et al., 2019).

En la tabla 8 se presenta la composición de vitaminas y minerales de la semilla de chía:

**Tabla 8:** *Contenido de vitaminas presentes en la chía*

<b>Vitaminas</b>	<b>Semilla de chía entera</b>
<b>Vitaminas (mg/100g)</b>	
Niacina	0.63
Tiamina	0.18
Riboflamina	0.04
Vitamina A	44 UI

**Fuente:** (Capitani, 2013 citado en Serrano, 2020)

**-Fibra.** En particular las fibras insolubles, es otra cualidad de la chía. La principal función de este tipo de fibra es controlar el tránsito intestinal, retardar el nivel de glucosa en sangre y reducir la absorción de colesterol (Serrano, 2020).

En comparación con alimentos tradicionales como la avena, el trigo, la cebada y el arroz, la chía tiene un alto contenido en fibra, del 18 % al 30 %. (Silva, 2015, citado en Serrano 2020)

**Tabla 9:** *El contenido mineral de la chía*

Nutriente	Semilla de chía entera
<b>Macroelementos (mg/100g)</b>	
Calcio	714
Potasio	700
Magnesio	360
Fósforo	1067
<b>Microelementos (mg/100 mg)</b>	
Aluminio	2
Boro	-
Cobre	0.2
Hierro	16.4
Manganeso	2.3
Molibdeno	0.2
Sodio	-
Zinc	3.7

**FUENTE:** (Capitani, 2013 citado en Serrano, 2020)

Las fracciones de fibra de chía demuestran una gran capacidad para retener y absorber agua, así como para emulsionar y estabilizar. (Capitani, 2013, citado en Serrano 2020).

### **2.3.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y BIOACTIVIDAD**

La capacidad antioxidante de un producto o alimento se basa en sus interacciones con distintos compuestos y en sus diferentes mecanismos de acción. Por ello, es necesario utilizar diversos métodos para evaluar los distintos mecanismos de acción con el fin de determinar dicha capacidad. Entre estos mecanismos de acción se encuentran el FRAP (poder antioxidante reductor de orina), el DPPH (reducción del óxido de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), el ABTS (reducción del ácido 2, 2'-azinobis-3-etil-benzotiazolina-6-sulfúrico) y el CUPRAC (poder antioxidante reductor de orina). Los polifenoles son eficaces como antioxidantes en la mayoría de los métodos, por lo que es importante utilizarlos en los estudios. (García, 2017).

Sin embargo, se considera que los componentes bioactivos de una nutrición son sustancias que aportan ventajas sanitarias superiores a las consideradas en la nutrición básica. Los alimentos vegetales y ricos en lípidos contienen algunas cantidades de estos compuestos (García, 2017).

### **2.3.6. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LA CHÍA**

Como ya se ha indicado, las altas concentraciones que llevan estas semillas son las que caracterizan sus buenos efectos para la salud. Los alimentos con chía añadida presentan mejores cualidades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales. Hoy en día, esta semilla se consume entera, molida en harina, utilizada como componente de pasteles, barras de granola, recetas de pan, bebidas e incluso añadida a productos como ensaladas, yogures y batidos (Grancieri et al., 2019).

Numerosos estudios han demostrado la relación entre la actividad antioxidante de las semillas de chía y su composición fitoquímica, así como sus potentes efectos nutraceuticos. Además, al contener isoflavonas, que ofrecen protección contra el daño oxidativo al consumidor, puede incluirse como alimento en una dieta habitual, lo que lo convierte en un alimento funcional (López & Aguinaga, 2018).

Las ventajas dietéticas de la chía ponen de relieve el uso de esta semilla como elemento alimentario tanto para personas como para animales. Debido a su valor nutritivo, actualmente se utiliza en el sector agroindustrial para producir alimentos y bebidas energéticas (Bari et al., 2018)

**-Antiinflamatorias.** El estrés oxidativo y la inflamación están estrechamente relacionados porque ambos provocan que el otro se vuelva más activo, creando un círculo vicioso. La prolina, la histidina, la tirosina y los aminoácidos hidrofóbicos son péptidos que incluyen más grupos ionizables que potencian la actividad antioxidante al eliminar los radicales libres. A la inversa, los macrófagos son un tipo de células que también intervienen en el proceso de inflamación (Grancieri et al., 2019).

La chía ofrece sustancias químicas fenólicas, que han demostrado tener propiedades antiinflamatorias y pueden ser utilizadas por el ser humano de forma natural. El concentrado de proteína de chía tiene fuertes propiedades antiinflamatorias y un alto valor inhibidor (Cárdenas, 2016 citado en Serrano, 2020). Se ha demostrado que el consumo de semillas de chía aumenta los niveles de SOD y la expresión de ARNm. Este alimento tiene un efecto protector en las dietas ricas en grasas (da Silva et al., 2019).

Los estudios han demostrado que los compuestos de las semillas de chía, cuando se digieren, tienen efectos positivos sobre los macrófagos. Concretamente, disminuyen los

niveles de marcadores vinculados a la inducción de procesos inflamatorios y aterosclerosis, así como la secreción de citoquinas, principalmente TNF- $\alpha$ , que es el principal mediador inflamatorio que segregan los macrófagos cuando son estimulados por LPS in vitro. Además, las sustancias químicas apuntan al beneficio potencial del DTP y el DPF en las semillas de chía para prevenir la ECV mediante la modificación de la aterosclerosis y los procesos inflamatorios (Grancieri et al., 2019).

Además, los estudios sobre ensayos clínicos indican que la capacidad de las semillas de chía para influir en el microbiota intestinal especialmente en la disbiosis intestinal, que puede influir en el inicio y el curso de la AR- explica sus propiedades antiinflamatorias (Mohamed et al., 2020).

**-Antihipertensivas.** Según ciertas investigaciones, las semillas de chía también pueden reducir el riesgo de afecciones cardiovasculares como la hipertensión. Esto se debe a que las semillas contienen una cantidad significativa de ácidos grasos Omega 3, que tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, además de ejercer un efecto enzimático sobre la presión arterial (Grancieri et al., 2019).

Se ha demostrado en estudios que las fracciones de globulina y albúmina presentes en los péptidos que llevan las semillas de chía tienen una EC50 de 148,233 ug/ml, que es significativamente inferior a la de los péptidos de globulina de otras semillas, como el amaranto, y por tanto más eficaz para reducir la actividad de la ECA. Dado que impiden la síntesis de angiotensina II, también se ha demostrado que los residuos hidrofóbicos de la proteína de chía funcionan de forma similar a los inhibidores sintéticos de la ECA (Grancieri et al., 2019).

**-Ventajas adicionales de las semillas de chía.** Se mostrarán en las tablas 10 y 11 que se presentan a continuación:

**Tabla 10:** *Valor terapéutico de la semilla de chía.*

---

<b>Valor terapéutico</b>
1. Protector cardiaco
2. Ayuda al control de diabetes
3. Recursos de péptidos, repara el daño tisular
4. Control de dislipidemia
5. Potencial para disminuir colesterol LDL e incrementa los beneficios de HDL
6. Control de hipertensión y triglicéridos
7. Actividad antioxidante
8. Semilla no alergénica
9. Antiplaquetaria, anti carcinogénica, hipotensora, tratamiento de anemia, mejoría en dermatitis, analgésico
10. Antineoplásico
11. Enfermedad celiaca, constipación y vasodilatación
12. Enfermedades celiacas, constipación y vasodilatación
13. Desórdenes renales
14. Antiviral

---

**FUENTE:** (Nereida et al., 2020)

**Tabla 11:** *Aplicaciones de la semilla y el aceite de chía.*

<b>Producto</b>	<b>Concentración/aplicación</b>	<b>Uso del producto final</b>
Helados	10 – 20%	Helado
Queso cheddar	10 – 20%	Pizza, sándwiches, aderezos
Omega-3 nutraceúticos	10 – 30%	Yogurt, productos de panadería
Aceite de chía parcialmente hidrogeno	Cocina, aceite para freír, manteca para panadería	Galletas, panadería
Omega-3 para enriquecer galletas escolares	Aceite de chía, fracción de oleína, fracción de estearina	Pasteles, galletas
Aceite de cocina	100% de aceite de chía o combinado con aceite de soja canola, algodón o girasol en diferentes proporciones	Aceite para freír, cocinar
Suplemento de Omega-3	5 – 20% dependiendo del suplemento	Para afecciones de piel, anti edad, agente antidiabético, disfunción renal.
Alimento para aves	1 – 2% para huevos enriquecidos con omega-3	Salud de la comunidad
Alimento para ganado	Incrementa la concentración de omega-3 en leche y productos derivados. Puede utilizarse de 5 – 10%	Leche funcional y productos derivados
Cosméticos	5 – 20%	Bloqueador

**FUENTE:** (Ramadan, 2019).

## 2.4. PAN DE MOLDE

### 2.4.1. DEFINICIÓN

El pan se elabora horneando una masa compuesta principalmente de harina, agua, levadura y sal. Es un alimento básico que se consume en grandes cantidades, sobre todo en los países en desarrollo (Mancebo et al., 2017). El pan se considera un producto fermentado cuya estructura de miga celular le confiere una textura distinta tras la cocción. Cada poro del pan está conectado por una red de filamentos llamados gluten coagulado, que dispersa gránulos de almidón. Cuando se aplica presión a la miga y luego se retira, la fuerza hace que la miga recupere su forma (Arp, 2018).

El pan de molde es definido por la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 como el resultado de la cocción en moldes, de una masa fermentada compuesta mayoritariamente por harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y mantequilla, con la posibilidad de componentes y aditivos adicionales aprobados. El principal atributo que deben poseer es una miga esponjosa que no contenga partes amiláceas, que tenga un color uniforme que varíe según el tipo de harina utilizada y no sea pegajosa ni desmenuzable (INACAL, 2016).

### 2.4.2. CLASIFICACIÓN

El pan de molde se categoriza de la siguiente manera según la norma técnica peruana NTP 206.004 (INACAL, 2016) en función del nivel de extracción de la harina utilizada:

**-Pan Integral.** Elaborado con harina de trigo integral, este pan se corta en rebanadas.



**-Pan Blanco.** Pan que ha sido cortado utilizando harina que no ha tenido más de un 82% de extracción.

**-Pan Actual:** Pan de molde preparado con harina que ha sido extraída en un grado del 82% al 86%.

**-Pan Tostado De Molde.** Pan de molde que ha sido tostado o secado, bajo circunstancias cuidadosamente controladas.

### 2.4.3. VALOR NUTRICIONAL:

Tiene que ver con la cantidad de harina refinada y fortificada durante la fabricación. El pan de molde tiene un mayor contenido en proteínas, grasas y fibra (Moreiras, 2013 citado en, Carranza Escudero, 2018).

**Tabla 12:** Información nutricional por cada 100 gramos de pan de molde.

	Por 100g de porción comestible	Por 2 rebanadas (40g)	Req. Dia- hombres	Req. Dia- mujeres
Ca (mg)	130	52.0	1.000	1.000
Carbohidratos	52	20.8	375-413	288-316
Colesterol (mg/1000kcal)	Tr	Tr	Menor a 300	Menor a 230
Energía (Kcal)	287	115	3.000	2.300
Fibra (g)	3.2	1.3	>35	>25
Fósforo (mg)	78.2	31.3	700	700
Hierro (mg)	2.3	0.9	10	18
Humedad (g)	32.3	12.9	2.500	2.000
Linoleico ( $\omega$ -6) (g)	1.137	0.455	10	8
Lípidos totales (g)	4.5	1.8	100-117	77-89

**Tabla 32: <<continuación>>**

Mg(mg)	31	12.4	350	330
Niacina (mg)	3.4	1.4	20	15
$\omega$ -3 (g)	0.068	0.027	3.3-6.6	2.6-5.1
Potasio (mg)	110	44.0	3.500	3.500
Proteínas (g)	7.75	3.2	54	41
Riboflavina (mg)	0.1	0.04	1.8	1.4
Selenio ( $\mu$ g)	28	11.2	70	55
Sodio (mg)	550	220	<2.000	<2.000
Tiamina (mg)	0.23	0.09	1.2	0.9
Zinc (mg)	0.7	0.3	15	15

**FUENTE:** Tablas de Composición de Alimentos (pan blanco de molde). (Moreiras, 2013 citado en, Carranza Escudero, 2018).

#### 2.4.4. REQUISITOS FISICOQUÍMICOS DEL PAN DE MOLDE.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INACAL, 2016), el pan de molde debe cumplir con estándares químicos específicos, los cuales se detallan en la Tabla 13.

**Tabla 13:** *Especificaciones físicas y químicas del pan de molde*

<b>Especificaciones físicas y químicas</b>	<b>Valor máximo</b>
Humedad	40%
Acidez	0.5% (base seca)
Cenizas	4% (base seca)

**FUENTE:** (INACAL, 2016).

#### 2.4.5. INSUMOS PRINCIPALES

**-Harina de trigo.** Dado que la harina blanca se elabora a partir de trigo molido y contiene las dos proteínas primarias conocidas como gliadina y glutenina que se combinan con el agua para producir la estructura del gluten-, es necesario utilizar esta harina al hornear. El gluten es el responsable de la viscoelasticidad de la masa, que le permite estirarse formando una membrana fina y continua (Cauvain S, 2015).

Debido a las cualidades del gluten que confieren al pan una mejor calidad como el volumen deseable, una estructura de miga más fina y más blanda, este elemento influye en la elaboración del pan de molde y puede dar al pan la consistencia necesaria formada en la masa (Cauvain, 2015).

**-Agua.** El segundo ingrediente más importante en la elaboración del pan, después de la harina, es el agua. El agua alcalina se utiliza sobre todo en panadería porque hidrata la harina, ayuda a la formación del gluten y confiere a la masa de pan cualidades como cohesión, elasticidad, plasticidad y tenacidad (Mesas & Alegre, 2022).

**-Sal.** Es una combinación química formada por Na y Cl. Su principal función en panadería es potenciar enormemente el sabor del pan. Sin embargo, también influye en la formación de la estructura del gluten al mejorar la capacidad de la masa para retener el gas y el agua. En relación con la existencia de harina, los niveles de sal sugeridos son del 1,5% al 3,0% (Cauvain, 2015).

La sal fortalece y refuerza la red de gluten, además de añadir sabor al pan al inhibir la actividad de la levadura, que se utiliza para regular la microflora de la masa (Cauvain, 2015).

**-Azúcar.** Es un compuesto químico formado por C, H y O. La sacarosa o azúcar de caña se utiliza en panadería. Sirve de sustrato para la levadura durante el proceso de elaboración del pan. Gracias al proceso de caramelización, contribuye a la rápida formación del panecillo y a su coloración, permitiendo que la temperatura de la sartén no penetre directamente en el panecillo y permitiendo la cocción. También influye en el dulzor del producto y su presencia reduce la actividad del agua, lo que puede afectar a la vida útil del producto horneado (Cauvain, 2015).

**-Leche.** Se puede añadir leche al pan, normalmente se utiliza leche en polvo porque es fácil de almacenar y no se refrigera. La lactosa, el disacárido presente en la leche en polvo, hace posible la caramelización para colorear la corteza, dándole un color amarillento a la miga, pero sobre todo aporta enriquecimiento y un mejor sabor (Cauvain, 2015).

**-Grasas.** Las grasas modifican las características nutricionales del pan, dándole una miga más blanda y al mismo tiempo, una modesta mejora de la vida útil del producto. Por eso las grasas pueden describirse como agentes enriquecedores de los panes (Cauvain, 2015).

Según su procedencia, las grasas pueden clasificarse en:

- La grasa de cerdo o manteca: Brinda al pan un buen sabor.
- La mantequilla: Es la grasa que se separa de la leche mediante la cocción.
- Los aceites vegetales: Hechos de semillas (girasol, maní, ajonjolí, etc.) que se prensan.

**-Levadura.** La levadura *Saccharomyces Cereviseae* se utiliza en panadería. Su función principal en el proceso de panificación es facilitar la fermentación. Su temperatura óptima de funcionamiento es de 30 °C y su intervalo ideal de pH es de 4,5-6 (Cauvain, 2015).

Las enzimas proporcionan a la levadura el principio activo que necesita para metabolizar (Rodríguez & Lom, 2006, citado en, Gutiérrez, 2022).

Tal es el caso de:

- Invertasa: Produce dextrosa y levulosa a partir del azúcar de caña.
- Maltasa: Convierte la maltosa en sacarosa.
- Zimasa: Produce alcohol y gas a partir de azúcar simple.
- Proteasa: Facilita la extracción de las moléculas de nitrógeno que necesita la levadura para ablandar el gluten acondicionado actuando sobre las proteínas.

#### **2.4.6. MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE**

Los principales sistemas utilizados en la fabricación de pan de molde (Gutiérrez, 2022).

**-Método de masa directa.** Describe un procedimiento en el que todos los componentes se mezclan en un solo paso, a excepción de la levadura, que se introduce justo después de establecer el tiempo de amasado. La principal ventaja de este método es que se minimiza el contacto de manipulación, lo que reduce significativamente el margen de error por no mencionar la reducción de los costes de mano de obra debido al ahorro de tiempo. (Gutiérrez, 2022).

**-Método de esponja.** Con este método, la esponja, o masa madre, se elabora inicialmente combinando los ingredientes fundamentales, harina (30-40%), agua, sal y

levadura. Tras unos días de fermentación, se añaden la harina y el agua restantes, y se procede a la cocción como con el método de masa directa, con la posibilidad de corregir los errores cometidos durante el segundo amasado (Gutiérrez, 2022).

#### **2.4.7. PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAN**

A continuación, se indican los pasos principales del proceso de elaboración del pan de molde:

**-Mezclado y amasado.** Se realiza para garantizar que la gliadina, la glutenina y el agua se mezclan uniformemente y que se obtiene la mejor producción de gluten posible. La mezcla mecánica se realiza en un recipiente cerrado que tiene una o más palas mezcladoras que se mueven a través de él con un movimiento predeterminado a medida que se añaden los componentes. Los cuencos y las palas mezcladoras tienen distintos diseños, pero todos se fabrican teniendo en cuenta la dispersión (Cauvain & Young, 2009, citado en Gutiérrez, 2022).

La transferencia de energía a la masa a lo largo del proceso de panificación es tan importante que puede considerarse un insumo en sí mismo. Dicho de otro modo, cuanta más energía se imparta a la masa durante el proceso de mezclado, mejor será la retención y, en consecuencia, mayor será el volumen del pan. No obstante, hay algunas circunstancias en las que no puede calificarse de "sobre mezclado" (Cauvain & Young, 2009, citado en Gutiérrez, 2022).

Las amilasas se activan en este paso y comienzan a actuar sobre el almidón dañado, que es el más importante porque es el que incorpora más aire bajo las diminutas burbujas que formarán el alveolado final del pan. Como resultado, se producen mono y disacáridos

azúcares fermentables que, junto con los azúcares de la masa, sirven de sustrato para la acción de la levadura. Estos azúcares serán convertidos por las levaduras en dióxido de carbono, alcohol y otras pequeñas moléculas que afectarán al aroma final del pan. El CO<sub>2</sub> producido permanece originalmente en una solución acuosa, pero cuando el agua se satura, entra en las burbujas de aire que se generan durante el proceso de amasado. En conclusión, este procedimiento mejora las características físicas de la masa y hace que se expanda, lo que facilita el laminado y la producción de piezas (Edel & Rosell, 2007, citado en Gutiérrez, 2022).

**-Fermentado.** En la panificación deben producirse dos fermentaciones: una para la masa o bola antes del moldeado final de las piezas y otra para el molde una vez que la pieza ya ha sido moldeada. Mientras que el único objetivo de la segunda es hacer los moldes más grandes para generar un pan esponjoso, la primera se centra en facilitar la manipulación, el moldeado o la mecanización que afectarán a la calidad del pan producido (Edel & Rosell, 2007, citado en Gutiérrez, 2022).

Las enzimas amilasa de la harina descomponen el almidón en el disacárido maltosa. A continuación, la maltosa se descompone en glucosa (dextrosa) por maltasa. A continuación, el complejo zimasa fermenta la glucosa y la fructosa para producir dióxido de carbono y alcohol (Rosentrater & Evers, 2018).

Para conseguir un inflado adecuado de la miga, en esta fase debe producirse una cantidad suficiente de gas. La cantidad de azúcares solubles en la harina y su poder diastásico determinan la cantidad de gas que se produce; además, la proteína de la harina especialmente el gluten debe ser lo suficientemente extensible para permitir que la masa

suba y, al mismo tiempo, lo suficientemente fuerte para evitar que el gas se escape con demasiada facilidad (Rosentrater & Evers, 2018).

La importancia del proceso de fermentación y su desarrollo en el momento oportuno, ya que en exceso podría perjudicar a la red de gluten al producir demasiado CO<sub>2</sub>, lo que provocaría su ruptura (Edel & Rosell, 2007 citado en, Gutiérrez, 2022).

- Aumentar dos o tres veces el volumen de las masas.
- Obtener una textura ligera y fina
- Aportar aromas que impregnen los panes de cualidades únicas.

Dependiendo del método utilizado, esta fase requiere una temperatura específica, pero para los rangos de pan suele oscilar entre 27 y 33°C. Hay que tener en cuenta que también es necesario un nivel de humedad adecuado, aproximadamente entre el 75 y el 90% de humedad relativa, para evitar que la masa se seque, lo que daría lugar a cortezas menos brillantes y uniformes (Edel & Rosell, 2007 citado en, Gutiérrez, 2022).

**-Horneado.** La primera respuesta es un aumento de volumen provocado por varios factores: En primer lugar, al aumentar la temperatura, los gases atrapados en el interior de los moldes de masa se expanden. En segundo lugar, el etanol y el agua de la masa se evaporan, pasando a los alvéolos y favoreciendo una mejor expansión. Por último, las levaduras activas de la masa siguen produciendo una cantidad importante de CO<sub>2</sub> mientras haya azúcares fermentables, incluso después de que la masa alcance los 60°C (Edel & Rosell, 2007 citado en, Gutiérrez, 2022).

Las melanoidinas se crean durante el proceso de cocción de la masa, que da lugar sobre todo a reacciones de Maillard que dan color. No obstante, se ha descrito de que estas sustancias afectan tanto al sabor como al aroma. Esta serie de reacciones comienza con la



condensación de azúcares reductores y aminoácidos, tanto libres como polimerizados en forma de proteínas. Las reacciones de caramelización de las azúcares generadas a altas temperaturas también están relacionadas con este fenómeno (Edel & Rosell, 2007 citado en, Gutiérrez, 2022).

En términos generales, un producto Amadori se produce cuando una amina primaria se combina con un grupo carbonilo para formar una molécula inestable conocida como base de Schiff. Estas sustancias pueden combinarse para crear compuestos más complicados, pero también pueden descomponerse para producir pigmentos llamados melanoidinas, reductonas, furfurales y azúcares anhidros, que dan a los panes su color tostado (Lupano, 2013).

Los componentes deben enfriarse tras la cocción para poder envasarlos sin correr el riesgo de condensación, lo que sería malo para la proliferación de microbios. Como la miga de los panes recién horneados es muy pegajosa y gomosa y no puede cortarse limpiamente, la amilosa retrograda y la miga se forma y estabiliza al enfriarse, lo que permite cortar las piezas con precisión (Edel & Rosell, 2007 citado en, Gutiérrez, 2022).

#### **2.4.8. CALIDAD DEL PAN**

La matriz gluten-almidón del pan le confiere su calidad estructural, y la sustitución de la harina de trigo por otros elementos puede dar lugar a resultados tecnológicos inferiores. Por ello, varios estudios intentan predecir la calidad del pan analizando las características de la masa (Al-Sheraji, 2013, citado en Gutiérrez, 2022).

Los estudios de Bigne realizados en el 2018 confirmaron, desde una perspectiva microestructural, que el desarrollo de masas sustituidas para productos horneados da como

resultado óptimo una red de gluten adecuada. Evaluaron la cohesividad, la adhesividad y el comportamiento reológico que lograron causar un efecto negativo a medida que aumenta la sustitución. En otras palabras, el uso de harinas distintas a la de trigo indica un desafío tecnológico para obtener resultados aceptables en la formación de la masa y una hidratación adecuada, que tienen un impacto directo en la calidad de la miga y el volumen del pan (Bigne et al., 2018).

El tamaño, la cantidad y la distribución de los alvéolos en la miga suelen determinar las propiedades interiores del pan. La miga cambiará según el tipo de pan, con una red de hilos interconectados rodeando cada alvéolo (Cauvain, 2015).

Entre las características importantes del pan que desean los consumidores se encuentran el sabor y la textura, que se crean durante la cocción y son el resultado de reacciones térmicas como las reacciones de Maillard y de caramelización. Las reacciones enzimáticas y la fermentación también afectan al sabor de la miga de pan (Bigne et al., 2015 y Wang, 2015). Las características mecánicas de la miga de pan, como su dureza y elasticidad, están vinculadas a criterios de masticabilidad y palatabilidad que se determinan modificando los métodos físicos de medición. Por estas razones, la textura de la miga de pan es importante (García, 2011, citado en Gutiérrez, 2022).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

El presente estudio se realizó en la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y el Laboratorio de Bioprocesos del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.

#### **3.1.MATERIALES**

##### **3.1.1. MATERIA PRIMA**

- Harina de trigo para panificación Nicolini, adquirido del minimarket pirámide, villa maría, nuevo Chimbote
- Algas marinas (*Chondracanthus Chamissoi*) proveniente del litoral de la región Ancash
- Linaza (*Linum Usitatissimum*) se adquirió en el mercado Buenos Aires, Nuevo Chimbote
- Chía (*Salvia Hispánica*) se adquirió en el mercado Buenos Aires, Nuevo Chimbote

##### **3.1.2. INSUMOS**

- Azúcar refinada. Obtenida en el centro comercial Áncash sac. Chimbote
- Levadura seca-instantánea (*Sacharomyces Cerevisiae*). “Fleishman”. Se adquirirá en Nuevo Chimbote comercial Pirámide E.I.R.L.
- Manteca vegetal. Se adquirirá en el centro comercial Julissa E.I.R.L.
- Sal de cocina – yodada. Adquirida en el mercado mayorista la Perla de Chimbote.

- Huevos pardos “la Calera” se adquirió en el mercado mayorista la Perla de Chimbote.
- Emulsionante en polvo. Se adquirió en el centro comercial Áncash S.A.C. Chimbote
- Anti moho. Se adquirió en el centro comercial Julissa E.I.R.L. Nuevo Chimbote.
- Mejorador de masa. Se adquirió en el centro comercial Julissa E.I.R.L. Nuevo Chimbote.

### **3.1.3. MATERIALES DE LABORATORIO**

- Tubos de ensayo de 100 ml
- Bandejas de acero inoxidable
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Bureta graduada
- Agitador de vidrio
- Probeta de 100 ml
- Papel toalla
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio (lejía)
- Campana de desecación
- Baldes de plástico (5 L y 8 L)
- Jarras de plástico (250 ml y 500 ml)
- Crisoles de porcelana (40 mm de altura y 45mm de diámetro)
- Matraz Erlenmeyer (1.5 ml y 10 ml)

- Placas Petri (15x100 mm)
- Vasos precipitados (500 ml)
- Pinzas de metal
- Mesa de acero inoxidable
- Cernidores cuchillos
- Espátulas
- Bolsas de polipropileno de baja densidad
- Moldes para pan 10 x10 x 30 cm
- Guardapolvo
- Guantes
- Tapabocas
- Tocas
- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos lapiceros
- Platos descartables y marcador
- Matraces aforados de 25 ml y 10 ml
- Matraces de 100 y 250 ml
- Pipetas de 5 y 10 ml
- Tubos de ensayo con tapón
- Micropipeta 50, 100 y 1000 ul
- Viales de vidrio
- Fiolas de 10, 25, 50 y 100 ml
- mortero

### **3.1.4. REACTIVOS**

- Ácido gálico, Sigma-Aldrich
- Reactivo Folin-Cicolteau, Supelco
- Carbonato de sodio (7%), Supelco
- Radical 2,2-difenil-1-pierilhidrazilo (DPPH), Sigma-Aldrich
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), Milipore
- Agua destilada
- Metanol grado HPLC
- Solución de hidróxido de sodio NaOH 35%
- Ácido sulfúrico 96%
- Ácido clorhídrico 37%
- Ácido bórico solución al 4%
- Rojo de metilo
- Carbonato de calcio
- Etanol 96°C
- Éter de petróleo

### **3.1.5. EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Cámara de Fermentado. En la marca Nova. Modelo: Max 1000. Capacidad: 40 Kg. Serie 0516001. Ubicada en la Planta piloto de la E.A.P Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Horno Rotativo. Marca: Nova. Modelo: Max – 100

- Rebanadora de pan: Marca: Nova. Modelo: Reb, N serie:0461013, N motor:803006, H.P: 0,6 Voltios: 220, Fases 3v, Ciclos:60 Hz, Peso: 90 kg.
- Estufa. Modelo: SW-17TC. Marca: POL-EKO, Serie: SW-1990. E.E.U.U.
- Mufla. Modelo:347 034 984. Marca: Thermolyne. Alemania.
- Soxhlet. Marca: Pyrex, Capacidad: 250 ml
- Balanza analítica. Marca: Precisa, Modelo: XB4 200 C. Serie: 321LX. Suiza.
- Texturometro. Modelo: CT3-4500. Marca: BROOKFIELD.Serie:85 55940. USA.
- Farinografo. Modelo: SQ 810161. Marca: BRABENDER. Alemania.
- Extensografo: Modelo:8607 23. Marca: BRABENDER. Alemania.
- Sobadora o Amasadora: Modelo: K23. Marca: Nova. Capacidad: 40kg. Serie: 0528028. Ubicado en la Planta Piloto de la E.AP. Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA**

- Determinación de humedad: Se realizó por medio del método de la NTP 206.011:1981, en una estufa. (Anexo 1)
- Determinación de cenizas: Se realizó por incineración en mufla, a través del método NTP 206.012 1981. (Anexo 2)
- Determinación de grasas: Se realizó por el método de asociación oficial de químicos analistas, con ayuda del equipo extractor de grasa (Foss, modelo SOXTECTM 2034, China), usando éter de petróleo como solvente según (AOAC) 963.15.2005. (Anexo 3).

- Determinación de fibra cruda: se realizó por el método de Asociación Oficial de Químicos Analistas AOAC (930-10) (Anexo 4)
- Determinación de proteínas: se realizó mediante el método Kjeldahl AOAC 984.13:2012, con el factor de conversión de nitrógeno en proteína = 6.25 (Anexo 5)
- Determinación de carbohidratos: se realizó por medio de la diferenciación de materia seca (MS-INN) (Anexo 6)
- Determinación de acidez (Anexo 7)
- Determinación de volumen específico: (Anexo 8)
- Determinación de polifenoles totales: Cálculo de los polifenoles totales: este reactivo de Folin-Ciocalteu contiene tungstato sódico y molibdato, que reaccionan con las sustancias químicas fenólicas para generar complejos fosfomolibdico-fosfotungstato. Esta reacción se basa en la característica que presentan los fenoles cuando reaccionan con agentes oxidantes. La cantidad de polifenoles totales se indica en mg GAE/g de muestra (Anexo 9)
- Método de análisis de la actividad antioxidante: se crea mediante el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, o técnica DPPH. El método DPPH cuantificará la capacidad antioxidante en unidades de uml ET/g de material (Anexo 10)

### **3.2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESODORIZACIÓN DE LAS ALGAS MARINAS**

Durante esta fase del procesado, los ácidos grasos libres y las sustancias químicas volátiles que se encuentran en el aceite alimentario crudo se eliminan mediante



el proceso de destilación al vapor conocido como desodorización. Estos ingredientes indeseables repercuten negativamente en el sabor, el olor, el color y la estabilidad del producto acabado.

**-Recepción.** Proceso donde se verificó que la materia prima se encuentre en buenas condiciones.

**-Selección.** La selección es un proceso de limpieza donde se retiró todo material extraño que sea ajeno a la materia prima, como algas ajenas a la variedad.

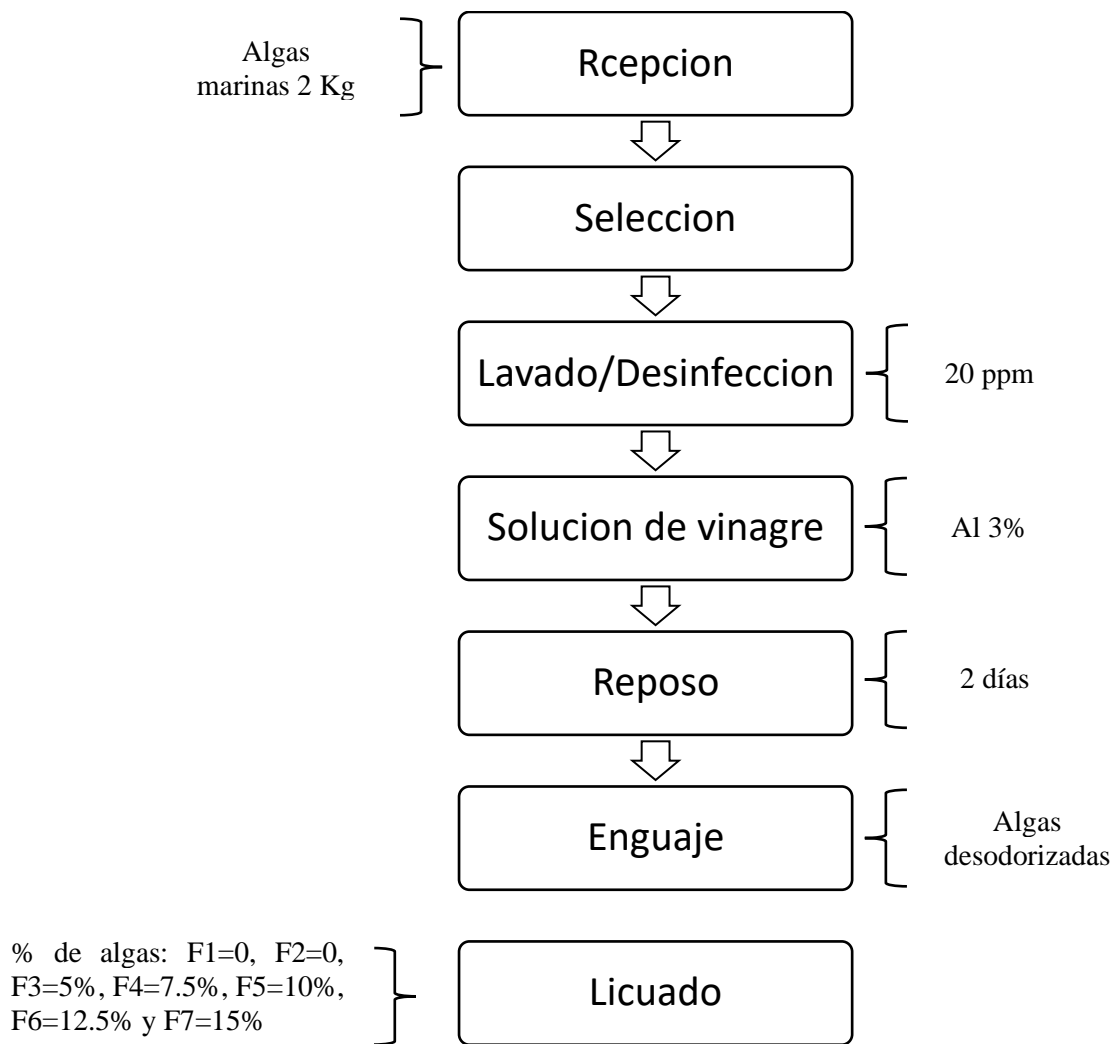
**-Lavado y desinfectado.** Se lavó la materia prima y se añadió una solución de cloro 20 ppm, proceso donde se realizará la desinfección de la materia prima

**-Solución de vinagre.** Se utilizó dicha solución para desodorizar las algas marinas, en una solución al 30% (agua + vinagre).

**-Reposo.** El tiempo de reposo se realizó por un par de días o hasta que haya desaparecido el olor característico de las algas marinas.

**-Enjuague.** Este proceso de enjuague se realizó una vez que se tuvo la certeza que el olor característico de las algas marinas haya desaparecido.

**-Licuado.** El proceso de licuado de las algas marinas se realizó de acuerdo a los porcentajes para cada tratamiento establecidos.



**Figura 6:** Flujograma de proceso de desodorización de algas marinas

### 3.2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN DE MOLDE

**-Recepción.** Proceso donde se recibieron los materiales e insumos.

**-Formulación.** Los tratamientos que se realizaron fueron en función de la harina de trigo.

**Tabla 14:** *Cantidad de insumos de pan de molde*

<b>Insumos</b>	<b>%</b>	<b>Kg</b>	<b>g</b>
Harina especial	100	3.00	3000
Mejorador enzimático	1	0.03	30
Anti moho	0.3	0.01	9
Sal	2	0.06	60
Azúcar rubia	8	0.24	240
Agua	50	1.50	1500
Levadura instantánea	2	0.06	60
Manteca vegetal	10	0.30	300
Emulsionante	1	0.03	30
Linaza	5	0.15	150
Chía	5	0.15	150
Esencia de vainilla	0.33	0.01	10

**Tabla 15:** *Porcentaje de materia prima por cada formulación*

<b>Formulación</b>	<b>% Trigo</b>	<b>% Algas</b>	<b>% Linaza</b>	<b>% Chía</b>
F1	100	0	0	0
F2	100	0	5	5
F3	95.0	5.0	5	5
F4	92.5	7.5	5	5
F5	90.0	10.0	5	5
F6	87.5	12.5	5	5
F7	85.0	15.0'	5	5

**-Dosificación.** El proceso de dosificación consistió en pesar insumos y materia prima que se incorporaron a la mezcla para asegurar que las proporciones sean

adecuadas. Cada formula lleva una cantidad determinada de materias primas e insumos, por lo que se deberá realizar el pesado de acuerdo a la formulación establecida.

**-Amasado.** Una vez pesado los insumos y materia prima, se procedió a mezclarlos de manera ordenada: 1er mezclado, se añadió semillas de chía, linaza y harina de trigo, de acuerdo a las cantidades establecidas para cada tratamiento aproximadamente 1º minutos. Hasta que se consiguió una homogenización, posteriormente se añadió la manteca y se amasó por 3 minutos más 2do mezclado se añadió levadura y se prolongó el amasado 5 minutos más. 3er mezclado, en un recipiente aparte, se preparó una solución de agua + sal + azúcar, de acuerdo al cuadro de la formula y se añadió en pocas cantidades a la mezcla para que vaya tomando consistencia; posteriormente se agregó todos los ingredientes faltantes, (mejorador enzimático, anti moho, esencia de vainilla, emulsionante), incluyendo las algas marinas si el tratamiento lo requiere, se mezcló la masa aproximadamente 20 a 35 minutos en 2 velocidades hasta que se obtuvo una masa homogénea y elástica.

**-Cortado.** Una vez que se finalizó el amasado se procedió a dividir las piezas según capacidad de los moldes:

Molde (10x10x30 cm)

Piezas= 8 bolillos por Cada tratamiento 1bolillo = 650 g

Bolear y reposar 10 minutos

**-Formado.** Se procedió a formar los panes y rebozar los bolillos ligeramente en harina antes de colocarlos en los moldes y estos en las bandejas para ser colocados en el Bach.

**-Fermentación.** Las levaduras, que son microorganismos que consumen hidratos de carbono y los convierten en dióxido de carbono (gas) y alcohol, son los agentes de la

fermentación. Este procedimiento se realizó durante 1,5 a 2 horas a 30°C y 75% de humedad relativa, o hasta que la masa llenó  $\frac{3}{4}$  del molde y se alcanzó el volumen deseado.

**-Horneado.** El horneado es el método de cocción que utiliza calor seco y suele hacerse en un horno. Consistió en aplicar calor a los alimentos durante un tiempo predeterminado sin utilizar un ingrediente líquido como mediador.

Las diferentes formulaciones del pan de molde, serán llevados al horno t= 45 minutos, T=140°C y H=130°.

**-Enfriamiento.** El enfriamiento de los panes se realizó después de desmoldarlos y se dejó enfriar de 3 a 4 horas, hasta que la parte interna del pan alcanzó una temperatura ambiente.

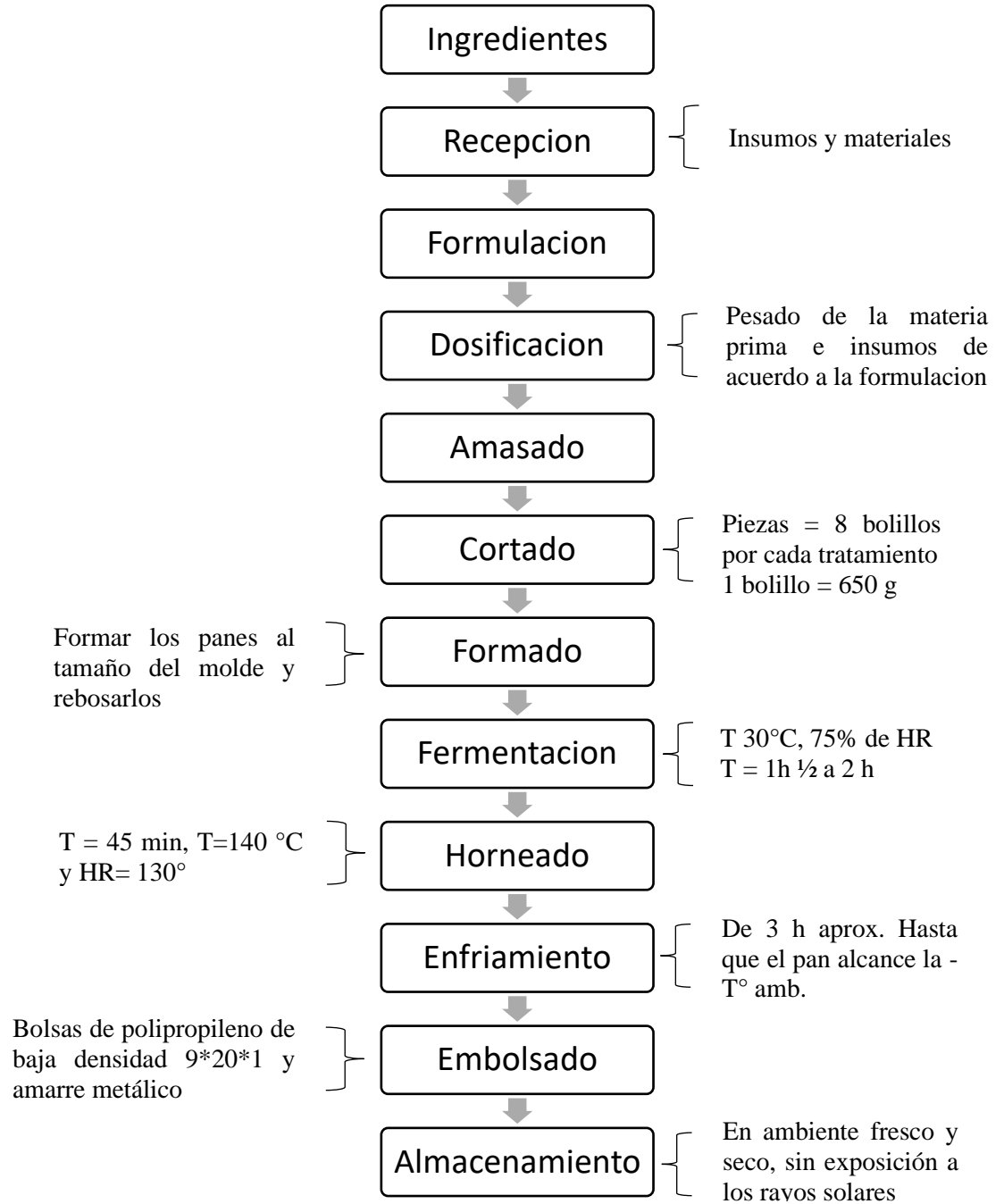
**-Embolsado.** Antes que se realice el embolsado, se realizara la preparación del conservante externo que se aplicarán a la bolsa de pan, bolsas que deberán ser de polipropileno de baja densidad 9 x 20 x 1 amarre metálico.

**-Conservante externo.** Se calentó agua en un vaso precipitado y se añadió los insumos de acuerdo a la cantidad requerida.

**Tabla 16:** *Cantidad de insumos, conservante externo*

Insumos	Cantidad
Alcohol	500 ml
Agua caliente	50 ml
Esencia de vainilla	10 ml
Anti moho	5 g

**-Almacenamiento.** Los productos terminados se almacenan en un lugar fresco y limpio, hasta el momento de su distribución.



**Figura 7:** Flujograma del proceso de elaboración del pan de molde

### 3.2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

#### **-Estrategia de estudio**

**-Recolección de información.** Se toma la medida de los parámetros de operación: porcentaje de algas. Toma de medida de la variable en estudio: análisis organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos del pan de molde y estudio de minerales de las algas y pan de molde.

**-Información de equipos y métodos.** Técnicas de procesamiento y análisis de datos. La información requerida (promedio y desviaciones estándar) se procedió a analizar en una hoja de cálculo Excel versión 2018, además el análisis de varianza (ANOVA) se realizará en el programa estadístico Minitab version 18 (Manugistics, USA).

**-Estrategia.** Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con factores o variables independientes (porcentaje de algas en harina de trigo) ya que el diseño requiere la manipulación simultanea de una variable independiente.

#### **- Tipo de investigación experimental aplicada**

Diseño de investigación

I: variable de ingreso (Independiente)

S: variable de salida (Dependiente)

X: cambios o manipulación

x  
I ----- s

La determinación del número de tratamientos está fijada en la tabla 15 donde se muestra 8 tratamientos de los cuales se encuentran 3 controles. Se trabajará por triplicado todos los tratamientos y los resultados serán analizados aun nivel de confianza del 95% ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 17:** Esquema de diseño experimental

Formulaciones	Repeticiones		
	R1	R2	R3
F1: control 1 - pan sin semillas			
F2: Control 2 – pan con semillas			
F3: 5% de algas			
F4: 7.50% de algas			
F5: 10% algas			
F6: 12.50% algas			
F7: 15% algas			

- **Modelo estadístico aditivo línea es.**

$$Y_{ij} = \mu_i + s_{ij}$$

$$Y_{ij} = \underbrace{\mu + r_i}_{\mu_i} + s_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

Donde:

$Y_{ij}$ : contenido de proteínas del pan de molde con la formulación  $i$  y la repetición  $j$ .

$\mu_i$ : Contenido promedio de proteínas del pan de molde en la formulación  $i$ .

$\mu$ : Contenido promedio de proteínas con todas las formulaciones

$r_i$ : Efecto de la formulación  $i$

$s_{ij}$ : Error experimental de la formulación  $i$  en la repetición  $j$ .



## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS ALGAS, LINAZA Y CHÍA.

**Tabla 18:** *Análisis proximal de la materia prima*

PARAMETRO	MATERIA PRIMA		
	Alga (Chondracanthus Chamissoi)	Linaza (Linum Usitatisimum)	Chía (Salvia Hispanica)
Humedad %	83.333 ± 0.045	8.313 ± 0.047	8.140 ± 0.045
Cenizas %	3.530 ± 0.078	3.840 ± 0.083	3.965 ± 0.055
Grasa %	0.408 ± 0.063	33.154 ± 0.053	31.089 ± 0.039
Proteína %	2.591 ± 0.046	19.523 ± 0.054	16.621 ± 0.034
Fibra %	3.908 ± 0.038	25.812 ± 0.064	27.47 ± 0.048
Carbohidratos %	6.233	9.358	12.715

La humedad de las algas mostradas en la tabla 18 es de 83.333 g/100 g cuya cantidad es extremadamente similar a la gama descubierta por (Marón, 2021) es 83.08 g/100 g; en la linaza se obtuvo 8.313 g/100 g cuya cantidad es superior a lo encontrada por (Conde, 2015) que varía entre 6 – 7.7% y en la chía se obtuvo una humedad de 8.140 g/100 g cuyo valor está por encima de lo encontrado por (Fili, 2012) que es 5.80% de humedad.

En las algas marinas se obtuvo 3.530 g/100 g de cenizas cuyo valor difiere con el valor encontrado por (Marón, 2021) cuyo valor es 5.57 g/100 g; en la linaza se obtuvo 3.840 g/100 g de ceniza cuyo valor está dentro del rango encontrado por (Conde, 2015) que varía entre 3.4 – 4.13 % y en la chía se obtuvo 3.965 g/100 g de cenizas lo cual está por debajo del valor encontrado por (Fili, 2012) que es 4.80%. Así mismo (Ayerza y Coates,

2004; Diario oficial de la Unión Europea, 2009) encontraron valores que varían entre 4–6% lo cual están muy por encima de los valores encontrados en los análisis realizados.

En contenido de grasa en el alga se obtuvo 0.408 g/100 g el cual es un valor que difiere con lo encontrado por (Marón, 2021) cuyo valor es 0.00 %; en la linaza se obtuvo 33.154 g/100 g de grasa cuyo valor está por debajo de lo encontrado por (Conde, 2015) que varía entre 40 – 41 % y en la chía se obtuvo 31.089 g/100 g de grasa cuyo valor está cerca al encontrado por (Fili, 2012) cuyo valor es 30.74% y de (Ayerza y Coates, 2004; Diario Oficial de la Unión Europea, 2009) que varía entre 30-35%.

La alga obtuvo 2.591 g/100 g de proteína cuyo valor es muy cercano a lo encontrado por (Marón, 2021) el cual es 2.65 g/100 g); en la linaza se obtuvo 19.523 g/100 g de proteínas cuyo valor está por debajo por lo encontrado por (Conde, 2015) que es 20% de proteína y en la chía se obtuvo 16.621 g/100 g de proteína el cual está muy cerca al valor encontrado por (Fili, 2012) el cual fue 16.54%, pero por debajo de lo encontrado por (Ayerza y Coates, 2004; Diario Oficial de la Unión Europea, 2009) el cual varía entre 19-23%.

En fibra el alga obtuvo 3.908 g/100 g lo cual difiere a lo encontrado por (Marón, 2021) el cual es 0.05 g/100 g; en la linaza se obtuvo 25.812 g/100 g de fibra lo cual está por debajo del valor encontrado por (Conde, 2015) el cual varía entre 28 – 30% y en la chía se obtuvo 27.470 g/100 g cuyo valor está por debajo del valor encontrado por (Fili, 2012) el cual es 34.40%. y dentro del rango encontrado por (Ayerza y Coates, 2004; Diario Oficial de la Unión Europea, 2009) el cual varía entre 18-30%.

La variedad, la región de producción, el periodo de cultivo y otras variables afectan a la composición química de las materias primas (Conde, 2015).

#### 4.2. ANÁLISIS DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS ALGAS, LINAZA Y CHÍA.

**Tabla 19:** *Análisis de polifenoles totales y capacidad Antioxidantes*

MATERIA PRIMA	POLIFENOLES TOTALES (MG. EAG /100 G)	CAPACIDAD
		ANTIOXIDANTE- METODO DPPH (UMOL ET/100 GRAMOS DE MUESTRA)
Alga (Chondracanthus Chamissoi)	38.80 ± 0.019	438.301 ± 0,026
Linaza (Linum Usitatissimum)	475.86 ± 0.020	2252.069 ± 0.031
Chía (Salvia Hispánica)	247.70 ± 0.030	2845.421 ± 0.034

Un estudio realizado por (Melo Saco, 2019) descubrió que el contenido de fenoles totales del alga *Codium* sp; *Ulva* sp, *Ahnfeltia* sp; *Gracilariopsis* sp, y *Macrocystis* sp, fueron: 153.28; 160.64; 150.83; 122.08; 114.28; 78.28 mg AGE/100 g de muestra respectivamente, estos estudios nos darán una idea del valor cercano que obtendremos en nuestro análisis. Además según la investigación de (Córdova Inga, 2018) el contenido de compuestos fenólicos totales de la macroalga *Chondracanthus Chamissoi* fueron 132,16 mg AG/100 g para la alga cruda y 7.40 mg para la cocida, lo cual al compararlos con nuestros resultados de la alga *Chondracanthus Chamissoi* cruda que fue 38.80 mg EAG/100 g difiere del valor reportado por el autor, esto puede deberse a varios factores como el lugar de cosecha, contaminación, rompimiento de la cadena de frío, mala manipulación, etc.

Comparando lo dicho por los autores y por (Wijensinghe, 2012) el contenido de compuestos fenólicos entre especies de algas se observó que las algas pardas tienen concentraciones más altas de polifenoles que las algas rojas y verdes.

Corona-Jiménez et al. 2016 reportan que la semilla de chía pueden contener hasta 194.06 mg AG/100 g de compuestos fenólicos en su composición, solo si es mediante una extracción metanólica asistida con ultrasonido, lo cual se llevó a cabo lo dicho por el autor pero en esta investigación se usó metanol HPLC arrojando un resultado de 247.7 mg EAG/100 g de compuestos fenólicos que está por encima del valor reportado por el autor esto puede deberse a factores de la materia prima o del disolvente usado.

#### 4.3. Análisis de minerales de las algas.

**Tabla 20:** Análisis de minerales en el alga *Chondracanthus Chamissoi* en base seca.

PARAMETRO	ALGA (CHONDRACANTHUS CHAMISSOI) (mg/100 g)
Sodio	344.95
Magnesio	124.15
Fosforo	35.88
Potasio	581.90
Calcio	113.62
Hierro	2.084
Zinc	0.206

Las algas marinas tienen incalculables aplicaciones en el sector industrial a nivel alimenticio, pero hoy en día son muy poco utilizadas como fuente alta de nutrientes y elevada calidad (Miranda, 2015). Esto puede deberse al desconocimiento de sus propiedades nutricionales o al poco hábito de consumo.

Según Suhaila. M., 2012 el alga *Chondracanthus Chamissoi* es rica en fibras, proteínas minerales, vitaminas, antioxidantes, y ácidos grasos poliinsaturados, de bajo valor calórico. De las sales minerales más importantes se destacan: sodio, potasio, fósforo, magnesio entre otros que son de mucha importancia para el buen funcionamiento del organismo. (Vidal, 2015) por eso cuando uno realiza una intensa actividad física se produce sudor y al probarlo tendrá un sabor salado esto nos quiere decir que estamos perdiendo a través de la piel sales minerales por lo cual se debe reponer inmediatamente incluyendo en nuestra dieta alimentos que contengan elevado contenido de minerales siendo el caso uno de ellos las algas *Chondracanthus Chamissoi*. (Bradford, 2011)

Momborg, 2007, reporta que cien gramos de harina de algas marinas tiene minerales como Fósforo 142,2 mg, Zinc 1,6 mg, Magnesio 1015 mg, Hierro 32 mg, Calcio 1160 mg, Potasio 3,46 mg y Sodio 3,45 mg lo cual comparándolo con nuestros resultados se observa que 100 g tiene Hierro 2.084 mg, Calcio 113.62 mg, Fósforo 35.88 mg, Zinc 0.206 mg, Magnesio 124.15 mg, Potasio 581.90 mg y Sodio 344.95 mg lo cual se difiere ya que tiene un valor muy por debajo en comparación con lo reportado por Momborg pero tiene una cantidad muy elevada de potasio y sodio.

#### 4.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS FORMULACIONES ELABORADAS.

**Tabla 21:** Estudio proximal de los diferentes tratamientos.

PARAMETRO	TRATAMIENTOS						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Humedad %	29.194 ± 0.017	28.724 ± 0.298	29.004 ± 0.014	30.419 ± 0.029	29.830 ± 0.038	28.903 ± 0.026	30.426 ± 0.024
Cenizas %	2.013 ± 0.215	2.980 ± 0.202	3.104 ± 0.076	3.190 ± 0.256	3.146 ± 0.323	3.969 ± 0.438	4.112 ± 0.348
Grasa %	3.233 ± 0.024	4.603 ± 0.033	4.797 ± 0.024	5.069 ± 0.044	5.047 ± 0.012	5.099 ± 0.018	5.300 ± 0.017
Proteína %	10.191 ± 0.012	10.754 ± 0.062	10.860± 0.041	10.980 ± 0.031	11.157 ± 0.057	11.298 ± 0.041	11.471 ± 0.029
Fibra %	0.824 ± 0.024	2.022 ± 0.043	2.211 ± 0.214	2.306 ± 0.028	2.478 ± 0.012	2.584 ± 0.031	2.671 ± 0.047
Carbohidratos %	54.544	50.917	50.024	48.036	48.342	48.153	46.020

La NTP 206.004.1988, que se refiere a los productos tostados, pan blanco y pan integral, establece los requisitos fisicoquímicos para la humedad, con un límite máximo admisible del 40% y un contenido de cenizas del 4,0% (base seca). al observar la tabla podemos ver que la formulación F1 no cumple con lo establecido en la norma ya que tiene 2.013 % de cenizas, no obstante, las demás formulaciones si cumplen con la establecido en la norma ya que su % de cenizas se encuentran por debajo del rango.

A medida que aumenta el porcentaje de *Chondracanthus Chamissoi*, también lo hace el porcentaje de proteínas, en este caso la formulación 7 (15% de algas, 5% de linaza y 5% de chía) obtuvo el valor proteico más alto con 11.471 % seguido de la formulación F6 con 11.298 %.

El % de fibra aumento considerablemente con respecto al control debido al enriquecimiento con linaza y chía ya que tienen un considerable % de fibra, pero no ocurrió lo mismo con la adicción de algas debido a que tiene un porcentaje menor de fibra con respecto a la chía y linaza, en el caso del tratamiento 7 se obtuvo el valor de fibra en mayor cantidad con 2.671 % seguido de la F6 con 2.584 %.

El % de grasa aumento considerablemente con respecto al control debido al enriquecimiento con linaza y chía ya que estos tienen un alto contenido de grasas, pero la formulación que obtuvo un alto valor de grasa fue la F7 con 5.3 % seguido de la F6 con 5.099 %, este valor no difiere mucho de las demás formulaciones debido a que las algas tienen un bajo contenido de grasas.

#### 4.5. ANÁLISIS DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES.

**Tabla 22:** *Análisis de polifenoles totales y capacidad antioxidante de las diferentes formulaciones*

FORMULACIONES	POLIFENOLES TOTALES (MG. EAG/100G)	CAP. ANTIOX-METODO DPPH (UMOL ET/100 GRAMOS MUESTRA)
F1	23.408 ± 0.558	10.662 ± 0.905
F2	25.415 ± 0.217	159.870 ± 0.905
F3	26.385 ± 0.222	233.749 ± 0.971
F4	26.768 ± 0.680	296.276 ± 0.393
F5	27.302 ± 0.133	368.737 ± 0.829
F6	27.868 ± 0.401	428.115 ± 0.905
F7	28.370 ± 0.272	513.668 ± 0.536

Los polifenoles modulan la actividad de diferentes enzimas, interfiriendo consecuentemente en mecanismos de señalización y en diferentes procesos celulares, en partes se debe a las características fisicoquímicas de estos compuestos, que les permiten participar en diferentes reacciones metabólicas celulares de oxido- reducción. (Quiñones, 2012).

Respecto a las formulaciones dadas se observa que las formulaciones 6 y 7 son las que cuenta con mayor cantidad numerica de polifenoles totales entre las otras en un rango de  $F6 = 27.868 \pm 0.401$  y  $F7 = 28.370 \pm 0.272$  y a la vez con mayor capacidad antioxidante con un rango de valor entre  $F6 = 428.115 \pm 0.905$  y  $F7 = 513.668 \pm 0.536$ , sienten estas las formulaciones con características adecuadas para la elaboración de un pan de molde que brindan efectos positivos para la salud.

#### **4.6. EVALUACIÓN SENSORIAL.**

A partir de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el oído y el tacto se utilizaron para percibir la calidad sensorial del pan, que es un aspecto importante de la calidad total del producto. En este estudio, cincuenta panelistas semientrenados de distintas edades y sexo, participaron en la evaluación sensorial. Utilizando una escala hedónica de siete puntos, se evaluó la aceptación basada en el color, el olor, el gusto, el sabor y la textura de los panes producidos.

Los valores de las medias de cada una de los atributos evaluados se muestran en la tabla 23. Estos valores no difieren estadísticamente entre sí.



**Tabla 23:** Valores medios de parámetros de atributos en sus diferentes formulaciones

Formulación	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Color
F1	5.15 ± 1.6 bc	4.86 ± 1.5 bc	5.02 ± 1.6 b	5.71 ± 1.3 ab	5.74 ± 1.4 ab
F2	5.04 ± 1.4 bc	4.91 ± 1.5 bc	4.96 ± 1.5 b	5.49 ± 1.1 bc	5.614 ± 1.1 abc
F3	5.15 ± 1.5 bc	5.22 ± 1.4 bc	5.20 ± 1.7 b	5.79 ± 1.1 ab	5.836 ± 1.0 ab
F4	5.65 ± 1.2 ab	5.53 ± 1.5 ab	5.48 ± 1.4 b	5.63 ± 1.1 ab	5.710 ± 1.1 abc
F5	5.29 ± 1.4 bc	5.10 ± 1.4 bc	5.21 ± 1.3 b	5.39 ± 1.3 bc	5.460 ± 1.2 bc
F6	6.43 ± 0.6 a	6.33 ± 0.6 a	6.39 ± 0.6 a	6.30 ± 0.7 a	6.2780 ± 0.7 a
F7	4.77 ± 1.9 c	4.37 ± 1.8 c	4.76 ± 1.8 b	4.91 ± 1.4 c	5.046 ± 1.3 c

Desviación estándar: (±)

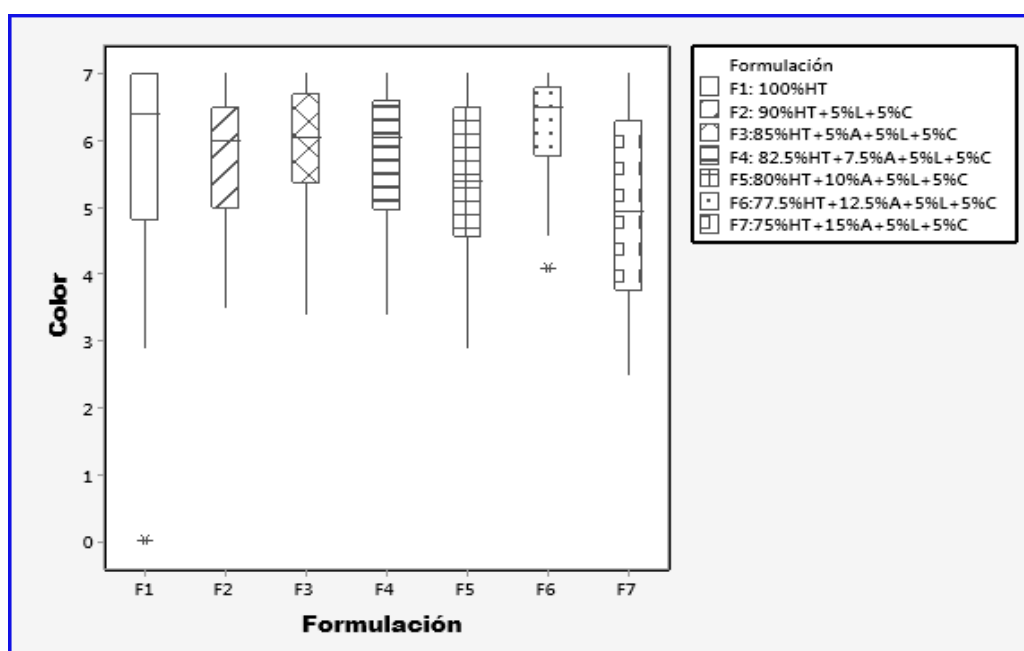
Medias seguidas con la misma letra en la columna, no difieren entre sí, Prueba de Tuckey ( $p < 0.05$ ). HT: Harina de trigo, L: semilla de linaza, C: semilla de chía. F1: 100%HT; F2: 90%HT+5%L+5%C; F3:85% HT+5%A+5%L+5%C; F4:82.5%HT+7.5%A+5%L+5%C; F5:80%HT+10%A+5%L+5%C; F6:77.5%HT+12.5%A+5%L+5%C; F7:75%HT+15%A+5%L+5%

#### 4.6.1. COLOR

Estadísticamente existe diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas según muestra la tabla 24, donde el valor P es menor al valor de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) para esta investigación.

**Tabla 24:** Atributo de Color. ANOVA.

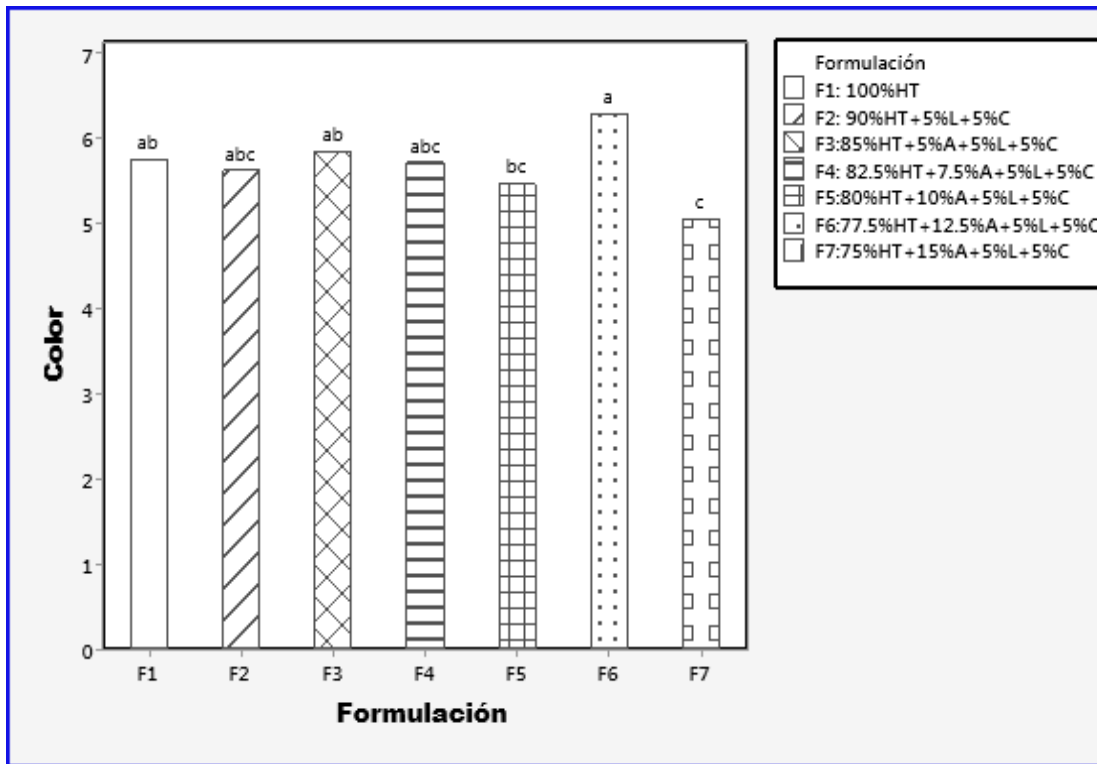
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	42.05	7.008	5.10	0.000
Error	343	471.09	1.373		
Total	349	513.14			



**Figura 8:** Atributo de color, Grafico de cajas.

En la figura 8 revela la formulación que se acercó ligeramente al puntaje de la formulación control F1 (100% harina de trigo) fue la formulación F6 (77.5% harina de trigo + 12.5% de algas + 5% semilla de linaza + 5% semillas de chía), asimismo se puede observar que una sustitución superior al 12.5% en algas marinas no fue del agrado de los

panelistas tal como el caso de la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% de algas + 5% semilla de linaza + 5% semillas de chía).



**Figura 9:** Gráfico de barras para el atributo color.

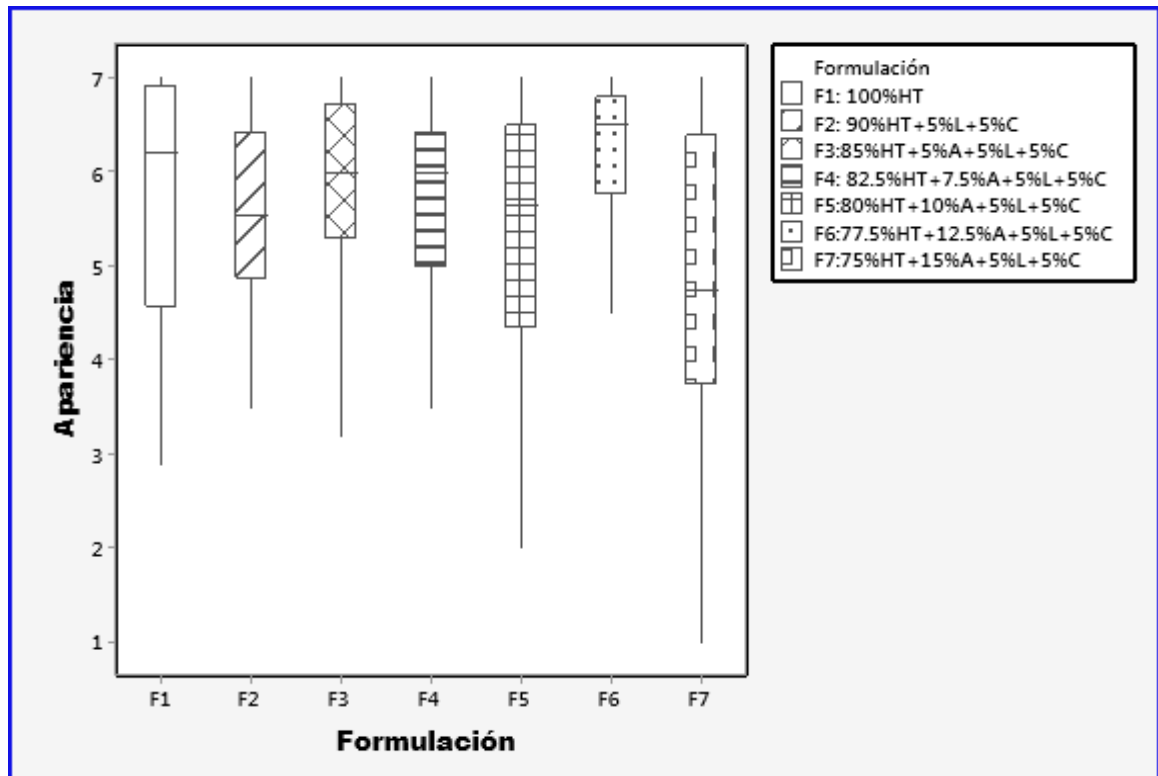
Las formulaciones F6 y F7 no comparten una letra tal como se presenta en la figura 9, lo que indica que la formulación F6 posee una media significativamente mayor que la formulación 7. Las formulaciones F2, F3, F4 y F5 estadísticamente no presentaron diferencias significativas.

#### 4.6.2. Apariencia

El análisis de varianza para el atributo olor de la tabla 25, presentó un valor p inferior al nivel de significancia otorgado en esta investigación ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando estadísticamente la presencia de diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.

**Tabla 25:** Atributo para la apariencia. ANOVA.

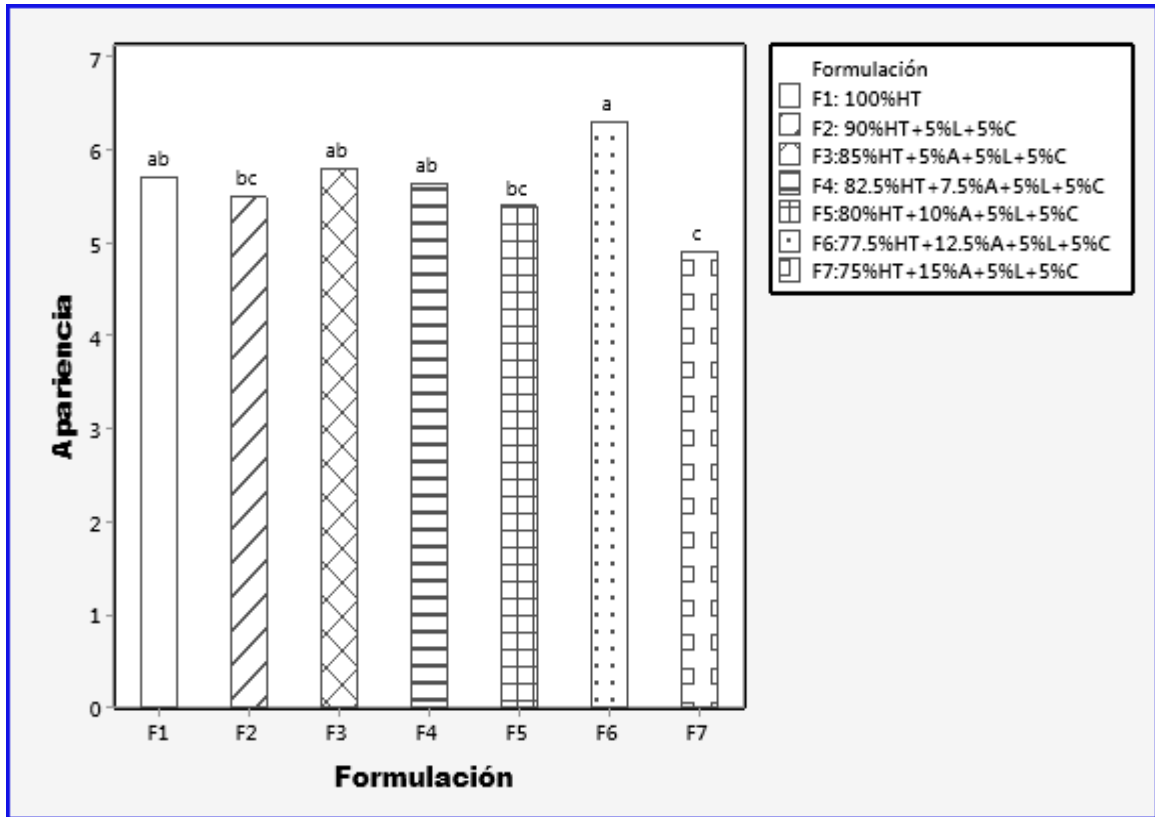
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	53.63	8.939	6.66	0.000
Error	343	460.71	1.343		
Total	349	514.34			



**Figura 10:** Grafica de cajas para el atributo apariencia.

En la figura 10 revela que, la formulación que se acercó mucho al puntaje de la formulación control F1 (100% harina de trigo) fue la formulación F6 (77.5% harina de trigo + 12.5% de algas + 5% semilla de linaza + 5% semillas de chía), asimismo se puede observar que las demás formulaciones no fueron del agrado de los panelistas con respecto

a su apariencia pero la que obtuvo el promedio más bajo fue la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% de algas + 5% semilla de linaza + 5% semillas de chía).



**Figura 11:** Grafica de barras para el atributo apariencia

Las formulaciones F6 y F7 no comparten una letra tal como se presenta en la figura 11, lo que indica que la formulación F6 posee una media significativamente mayor

que la formulación 7. Las formulaciones F2, F3, F4 y F5 estadísticamente no presentaron diferencias significativas

#### 4.6.3. Olor

En la tabla 26, se muestra el Análisis de varianza para el atributo Olor que presentó un valor p inferior al nivel de significancia otorgado en esta investigación ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando estadísticamente la presencia de diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.

**Tabla 26:** *Atributo de Olor. ANOVA.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Formulación	6	88.66	14.777	7.56	0.000
Error	343	670.74	1.956		
Total	349	759.40			

La representación de los resultados en la figura 12 demuestra que, el menor rango de variabilidad lo obtuvo la formulación F6 (77.5% harina de trigo + 12.5% de algas + 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía), por el contrario, la formulación con mayor variabilidad lo presentó la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% algas + 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía). Asimismo, se destaca el puntaje mayor frente al control F1 (100% harina de trigo).

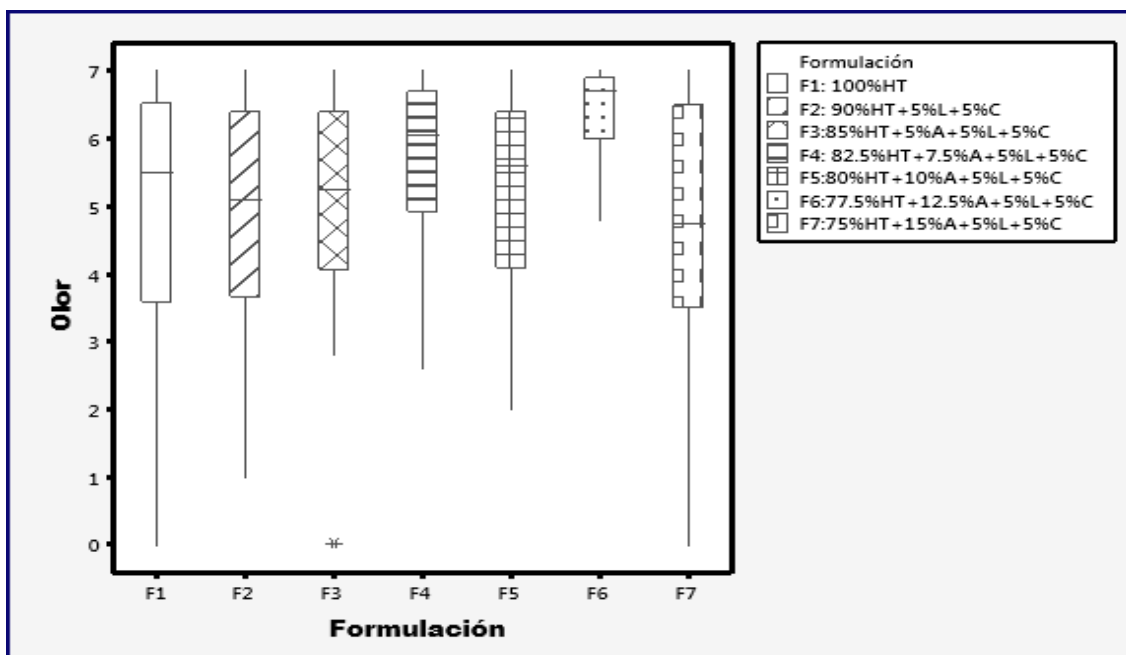


Figura 12: Gráfico de cajas para el atributo olor

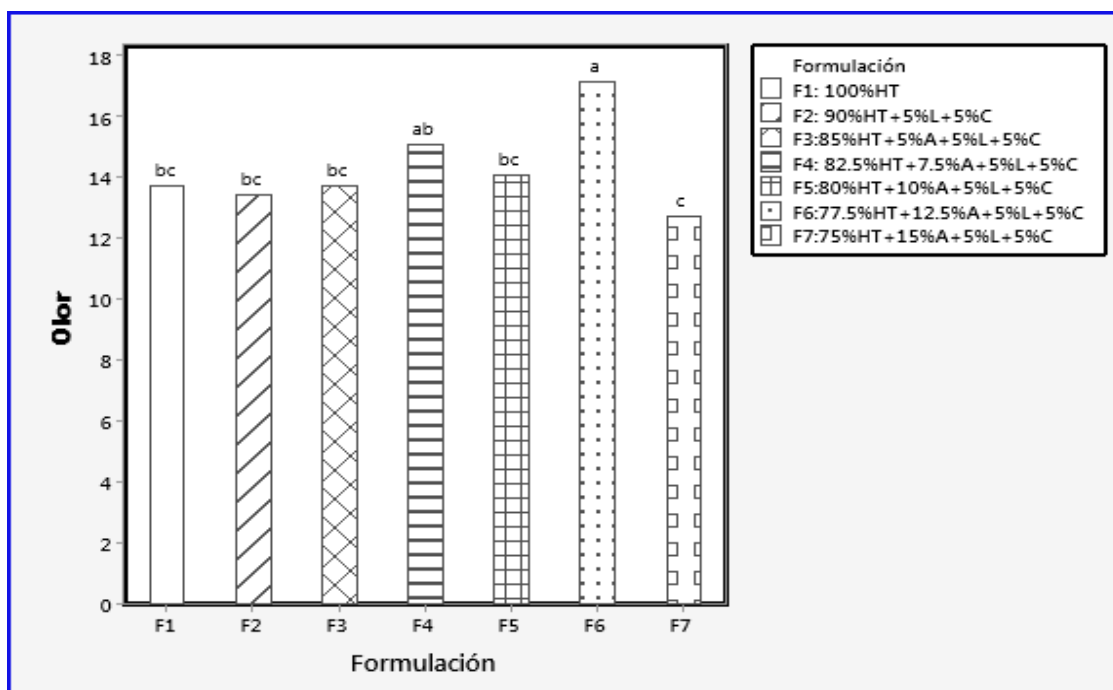


Figura 13: Gráfico de barras para el atributo olor.

De acuerdo a la figura 13, la media de la formulación F6 (77.5% harina de trigo+12.5% algas+ 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) obtuvo el puntaje más alto, caso contrario lo presentó la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% algas+5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) la cual obtuvo la menor calificación.

#### 4.6.4. Sabor

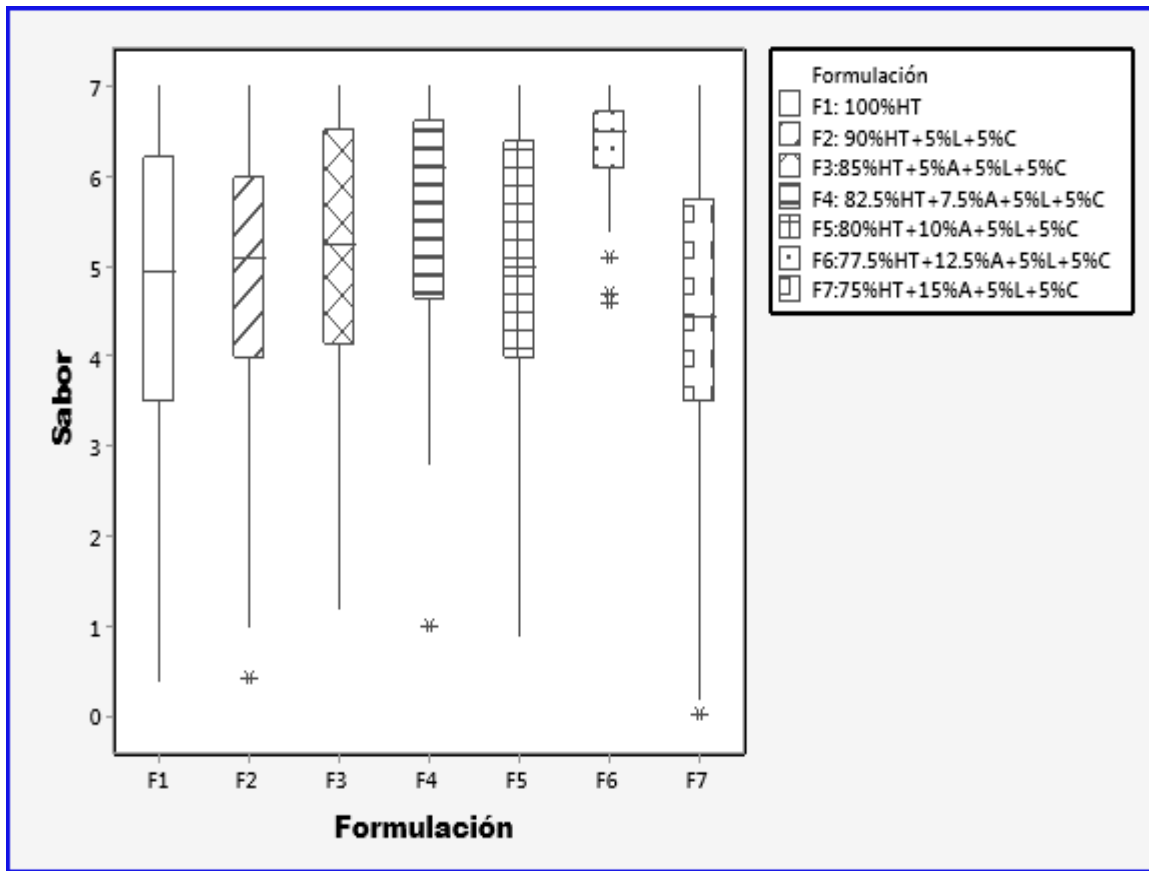
El análisis de varianza para el atributo sabor de la tabla 27, presentó un valor p inferior al nivel de significancia otorgado en esta investigación ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando estadísticamente la presencia de diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.

**Tabla 27:** Atributo del Sabor. ANOVA.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	114.5	19.087	9.21	0.000
Error	343	711.0	2.073		
Total	349	825.6			

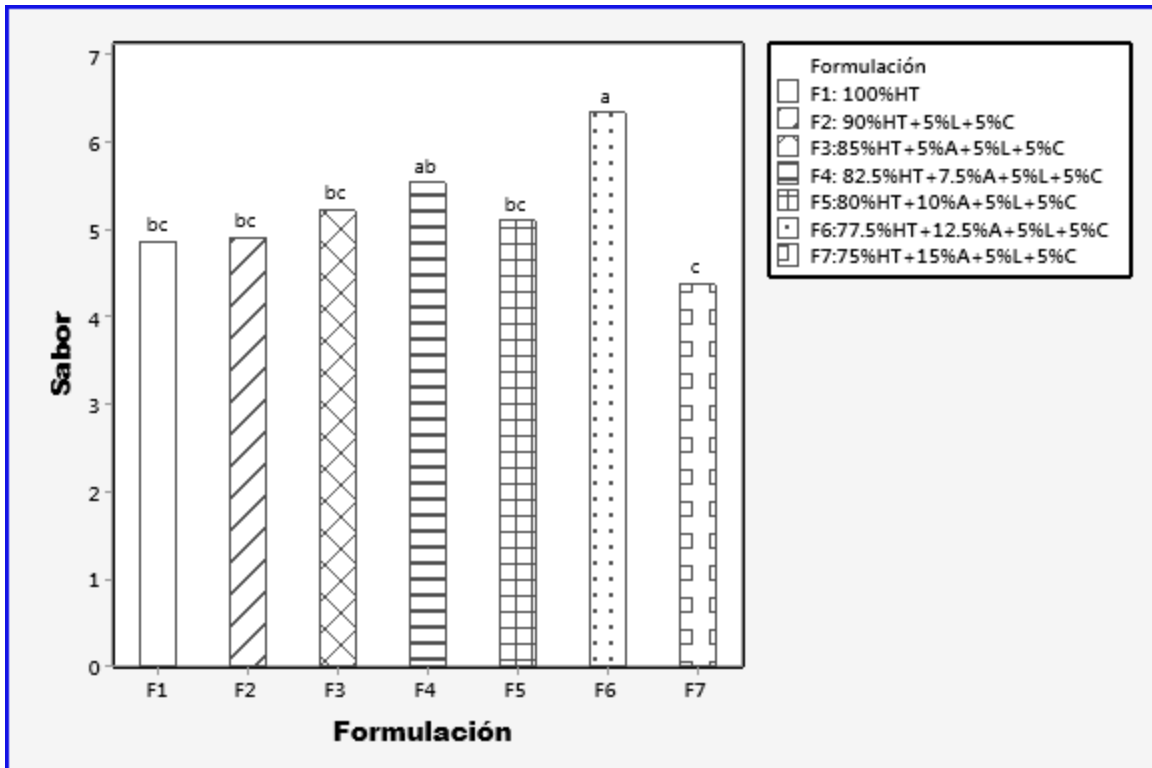
La figura 14 indica que, la formulación F6 (77.5% harina de trigo+12.5% algas+ 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) concentró los valores más altos según escala hedónica de siete puntos y con el menor rango de variabilidad. Por otra parte, la formulación que fue de menos agrado para el público evaluador fue la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% algas+5% semilla de linaza + 5% semilla de chía).





**Figura 14:** Atributo para el sabor, Grafico de cajas.

De acuerdo a la figura 15, las formulaciones F2, F3, F4 y F5 pese a que no obtuvieron los mayores puntajes estadísticamente no presentaron diferencias significativas frente a la formulación F1 (100% harina de trigo) en el atributo de sabor, lo cual es un resultado positivo en términos de aceptabilidad de nuevos productos de panadería.



**Figura 15:** Gráfico de barras para el atributo sabor.

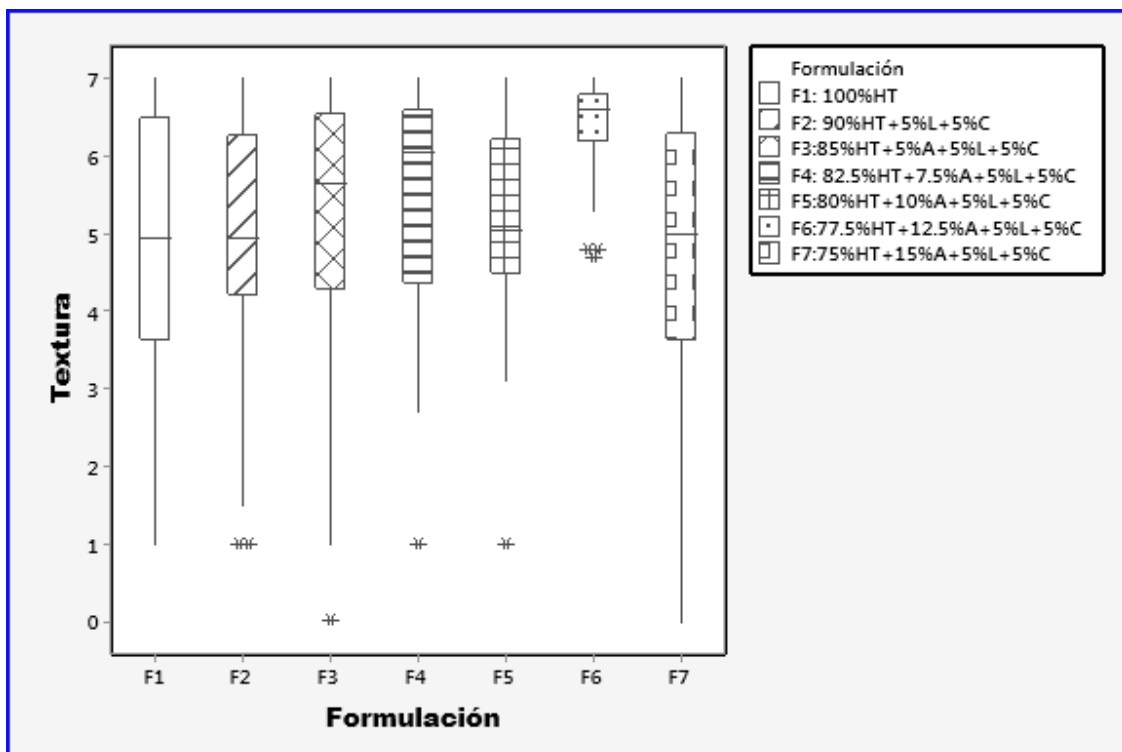
En la figura 15, podemos observar que la formulación con el más elevado puntaje lo obtuvo la formulación F6 (77.5% harina de trigo+12.5% algas+ 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) por el contrario la que obtuvo menor puntuación fue la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% algas+5% semilla de linaza + 5% semilla de chía).

#### 4.6.5. Textura

El análisis de varianza para el atributo sabor de la tabla 28, presentó un valor p inferior al nivel de significancia otorgado en esta investigación ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando estadísticamente la presencia de diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.

**Tabla 28:** ANOVA para el atributo de Textura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Formulación</b>	6	85.63	14.271	6.67	0.000
<b>Error</b>	343	733.71	2.139		
<b>Total</b>	349	819.34			



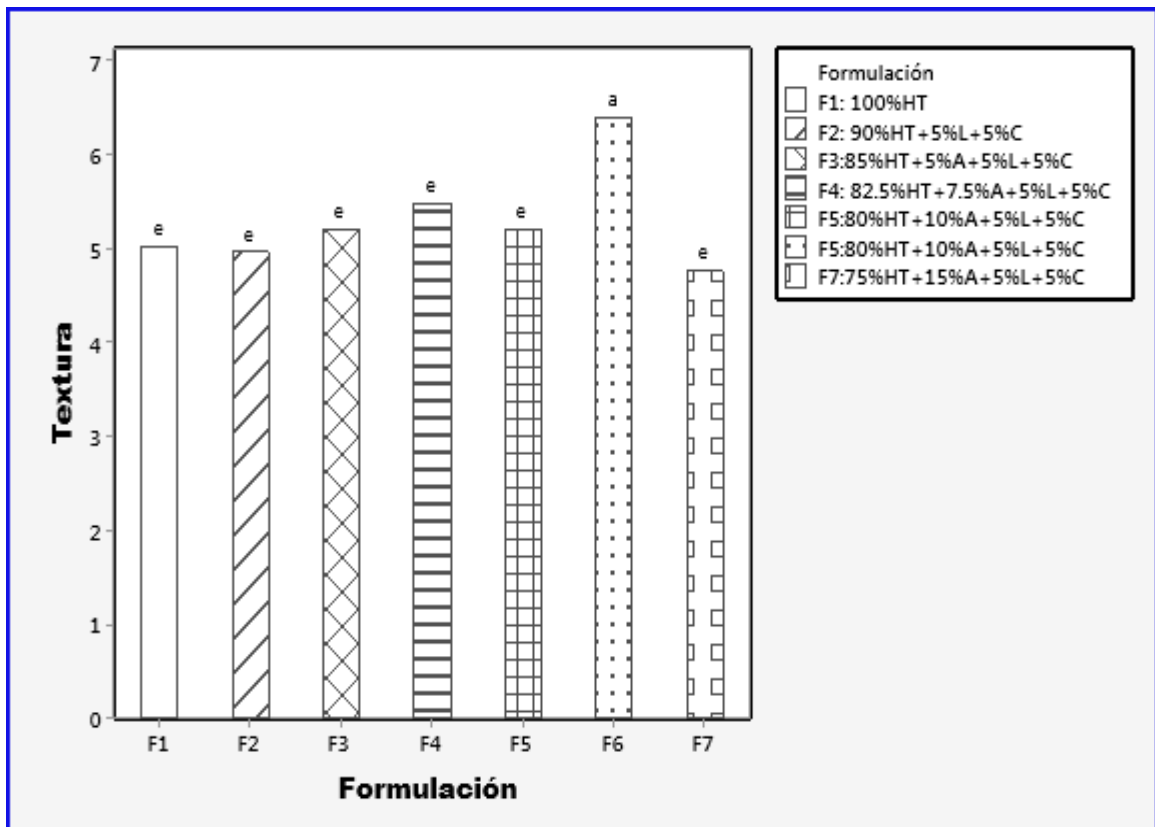
**Figura 16:** Gráfico de cajas para el atributo textura

La figura 16 indica que, la formulación F6 (77.5% harina de trigo+12.5% algas+ 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) obtuvo los valores más altos y con el menor rango de variabilidad en un atributo de importancia para el consumidor como lo es la textura. En esa misma línea, la formulación que no cumplió con las exigencias para este

atributo fue la formulación F7 (75% harina de trigo + 15% algas+5% semilla de linaza + 5% semilla de chía).

Según los resultados representados en la figura 16, no se encontraron diferencias significativas entre la formulación control F1 y las formulaciones F2, F3, F4, F5 y F7.

Por otra parte, las medias obtenidas en la figura 17 demuestran que el mayor puntaje lo obtuvo la formulación F6 (77.5% harina de trigo+12.5% algas+ 5% semilla de linaza + 5% semilla de chía) por el contrario la menor calificación fue para la formulación F7 la cual presenta el mayor porcentaje en algas marinas 15%.



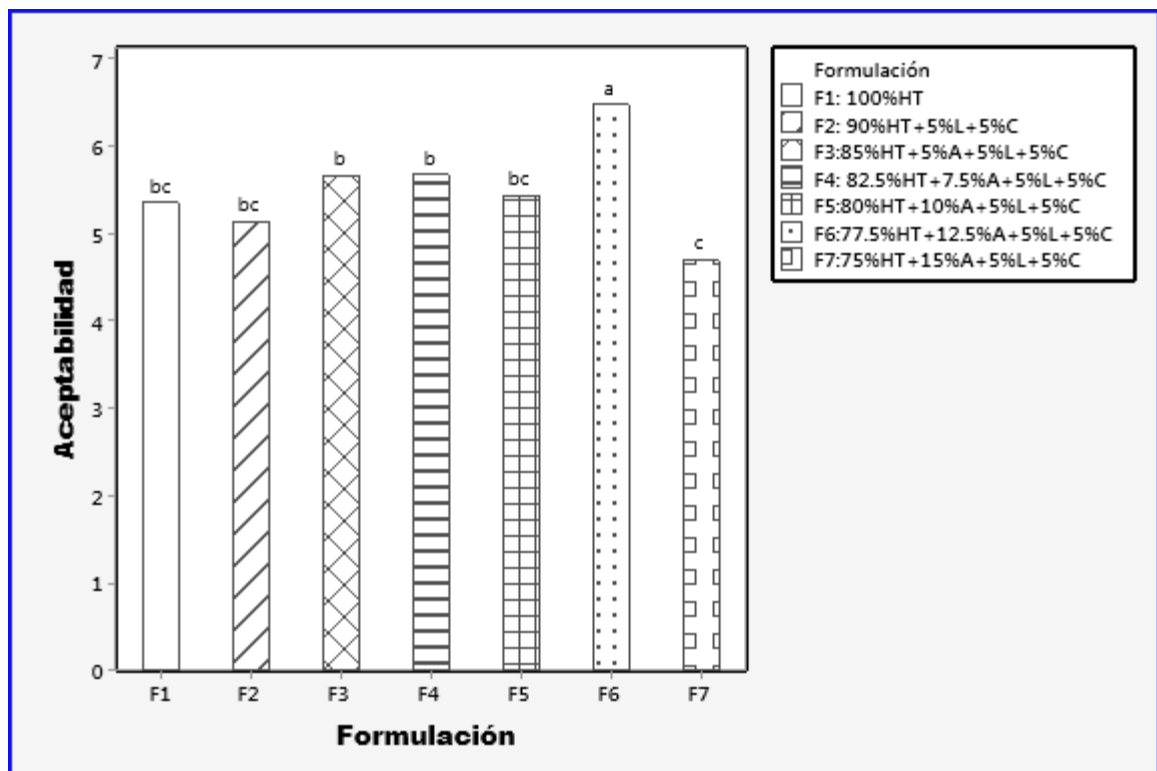
**Figura 17:** Gráfico de barras para el atributo textura

#### 4.6.6. Aceptación General

**Tabla 29:** ANOVA para el atributo de Textura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	90.02	15.003	9.16	0.000
Error	343	561.50	1.637		
Total	349	651.51			

La tabla 29 presenta el análisis de varianza para la aceptación en general, la cual obtuvo un valor p inferior al nivel de significancia otorgado en esta investigación ( $\alpha = 0.05$ ), demostrando estadísticamente la presencia de diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.



**Figura 18:** Gráfico de barras de las medias para aceptabilidad.

La figura 18 presenta a la formulación F6 (77.5% harina de trigo + 12.5% algas+ 5% semilla de linaza+5%semilla de chía) como la formulación con la mayor aceptabilidad frente a las demás incluyendo a la formulación control F1 (100% harina de trigo). Por otro lado, la formulación F7 (75 % harina de trigo + 15% algas+ 5% semilla de linaza+5%semilla de chía) fue la que obtuvo la menor aceptabilidad para los jueces.

#### **4.7. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MEJOR FORMULACIÓN ELEGIDA EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL.**

**Tabla 30:** *Análisis físicoquímico y de minerales de la F6*

<b>PARAMETRO</b>	<b>FORMULACION F6:12.5% DE ALGAS (100 g)</b>
Humedad (g)	30.903
Proteína (g)	11.298
Grasa (g)	5.099
Ceniza (g)	1.969
Fibra (g)	2.584
Carbohidratos (g)	48.153
Calcio (mg)	95.8
Hierro (mg)	11.0
Magnesio (mg)	115.1
Sodio (mg)	497.3
Fosforo (mg)	106.3
Potasio (mg)	669.5
Zinc (mg)	3.5

Según la FAO (2002) no es fácil establecer las necesidades humanas de calcio debido a que varios factores influyen en su absorción y en sus pérdidas variables que varían de una persona a otra. También durante el embarazo y la lactancia las necesidades de calcio son mayores como en

los niños en crecimiento. Los niveles diarios recomendados por la FAO son los siguientes adultos 400 a 500 mg; niños 400 a 700 mg; mujeres embarazadas y madres lactantes 800 a 1000 mg, una ración de 100 g de pan de molde cubriría la ingesta diaria entre el 20 y 23 % en adultos, en niños entre el 13 y 23 %, en mujeres embarazadas y madres lactantes entre el 9 y 12 %.

Según Gil, 2010 se denomina requerimientos de Fe a la porción o cantidad que se debe restablecer para reponer las pérdidas y las exigencias propias de organismo vivo en desarrollo.

La National Institutes of Health, 2019 nos dice que las cantidades de hierro que requiere una persona varían según el sexo y la edad, así como también es importante saber si su alimentación es de tipo vegetariana ya que este tipo de alimentación no incluye proteínas de origen animal que es la principal fuente de hierro, así mismo los requerimientos de hierro recomendada en de la infancia a la adolescencia es de 11 mg/día y en mujeres embarazadas 27 mg/día.

Así mismo, Carrero et al, 2018 nos dice que la hemoglobina está formada por una parte de hierro la cual se encarga de transferir el oxígeno a los órganos incluyendo a las neuronas cerebrales, cuando hay un déficit de este mineral altera disminuyendo el funcionamiento cognitivo a lo largo de la vida, relacionándose con un rendimiento escolar frágil.

## V. CONCLUSIONES

- Se logro confirmar la hipótesis que el enriquecimiento con algas marinas, linaza y chía en la preparación de pan de molde presento resultados satisfactorios en el aspecto nutricional y en la aceptabilidad sensorial.
- La mezcla de mayor porcentaje de algas fue la que tuvo mejor aceptabilidad sensorial, mejor apariencia, textura, color y calidad nutricional.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar una propuesta técnica para que se masifique el pan de molde con algas marinas.
- Se recomienda valorar la vida útil del pan de molde con algas marinas (*Chondracanthus Chamissoi*).
- Se recomienda desarrollar investigaciones de fortalecimiento nutricional de alimentos concentrando algas marinas, semillas de lianza y chía entre otros productos de panificación con la formulación encontrada.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Al-Sheraji, S. I. (2013). *Los prebióticos como alimentos funcionales: una revisión. Revista de alimentos funcionales*. doi:10.18684/BSAA(13)140-149
- Ambrosio U, Garnatje T, Valles J. (2018). *Linum usitatissimum L. Perú: Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales Relativos a la Biodiversidad Agrícola*.
- Arakaki N; Suarez S; Marquez D; Gil P; Tellier F. (2021). The widely distributed, edible seaweeds in Peru, *Chondracanthus chamissoi* and *Chondracanthus chamissoi* glomeratus (Gigartinaceae, Rhodophyta), are morphologically diverse but not phylogenetically distinct. *Journal of the World Aquaculture Society* Volume 52, Pages 1159-1311.
- Arp, C. C. (2018). *High-Amylose resistant starch as a functional ingredient in breads: a Technological and Microstructural Approach*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2168-4>
- Bari, M. M. (2018). *Influencia de reguladores de crecimiento sobre el establecimiento de cultivos in vitro de Salvia hispanica L. (chía) y sobre su contenido de ácidos grasos*.
- Bigne, F. P. (2018). *Mesquite (Prosopis alba) flour as a novel ingredient for obtaining a "panettone-like" bread. Applicability of part-baking technology. LWT - Food Science and Technology*, 89(November 2017), 666–673. *bread*.
- Bueno, V. (Julio de 2017). *Elaboración de un bollo dulce relleno con sangre de pollo y su aceptabilidad en preescolares. Nutrición, salud y bienestar*, 2-9. Obtenido de

<https://www.nestle.com.pe/nestle-en-la-sociedad/para-las-personas-yfamilias/nutricion-salud-y-bienestar/nutrigroup/documents/revista-nsb-045.pdf>

Buckner, A. L., Buckner, C. A., Montaut, S., & Lafrenie, R. M. (2019). Treatment with flaxseed oil induces apoptosis in cultured malignant cells. *Heliyon*, 5(8), e02251.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02251>

CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International) *Crop Protection Compendium*.

2018. *Linum usitatissimum* datasheet. Available:

<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/31053>. [2018, Feb 16,].

Calderon, M. S., Bustamante, D. E., & Boo, S. M. (2020). Red algal diversity (Rhodophyta) from Peru based on molecular analysis. *Phytotaxa*, 454(1), 1–23.

Camila, G. G. (2017). *COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, PROPIEDADES FUNCIONALES, COMPONENTES BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS VARIETADES DE SEMILLAS DE CHIA (SALVIA HISPANICA L.) DE CULTIVO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO EN EL PERÚ*. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.

Capitani, M. (2013). *Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (Salvia hispanica L.)*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata.

Cárdenas, M. (2016). *Obtención de aislados proteicos de chía (Salvia hispánica L.) y evaluación in vitro de su digestibilidad gastrointestinal actividad antiinflamatoria y antioxidante*. (Tesis de grado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.

- Carranza Escudero, M. A., & Toro Goin, J. C. (2018). “*EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) Y HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus Caudatus*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UN PAN DE MOLDE*”.  
Chimbote - Perú.
- Carrillo, G. M. (Enero - Abril de 2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *El Residente*, 12(1), 18-24.
- Castillo E. (2017). Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum* L.) aplicado en cosméticos mediante técnica de maceración dinámica. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Cauvain, S. (2015). *Tenchnology of breadmaking (5° Edition)*. Springer. doi:10.1007/978-3-319-14687-4\_12
- Cauvain, S. (2015). *Tenchnology of breadmaking (5° Edition)*. Editorial Springer. DOI 10.1007/978-3-319-14687-4\_12.
- Cauvain, S. P. (2009). Tecnología de panificación.
- Da Silva, B. T. (2019). *Effects of chia (*Salvia hispanica* L.) on oxidative stress and inflammation in ovariectomized adult female Wistar rats*. *Food & Function*.
- Dayimu, Al, Wang, C., Li, J., Fan, B., Ji, X., Zhang, T., & Xue, F. (2019). Trajectories of lipids profile and incident cardiovascular disease risk: A longitudinal cohort study. *Journal of the American Heart Association*, 8(21). <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.013479>

- Díaz, L. U. (2015). *Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo*. (Tesis doctoral), Universidad Complutense.
- Dong, D., Qi, Z. L., Hua, Y. F., Chen, Y. M., Kong, X. Z., & Zhang, C. M. (2015). Microencapsulation of flaxseed oil by soya proteins-gum arabic complex coacervation. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(8), 1785-1791.
- Edel, A., & Rosell, C. (2007). De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Hugo Báez).
- Edel, A., & Rosell, C. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. In Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Hugo Báez).
- García Gutiérrez, M. R. (s.f.).
- García Gutiérrez, M. R. (2017). *COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, PROPIEDADES FUNCIONALES, COMPONENTES BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS VARIETADES DE SEMILLAS DE CHIA (SALVIA HISPANICA L.) DE CULTIVO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO EN EL PERÚ*. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- García, D. (2011). *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Tesis de grado., Universidad Nacional de Colombia.

Grancieri, M. M. (2019). *Chia (Salvia hispanica L.) seed total protein and protein fractions digests reduce biomarkers of inflammation and atherosclerosis in macrophages in vitro. Molecular nutrition and food research.*

Grancieri, M. M. (2019). *Chia (Salvia hispanica L.) seed total protein and protein fractions digests reduce biomarkers of inflammation and atherosclerosis in macrophages in vitro. Molecular nutrition and food research.*

Grancieri, M. M. (2019). *Chia (Salvia hispanica L.) seed total protein and protein fractions digests reduce biomarkers of inflammation and atherosclerosis in macrophages in vitro. Molecular nutrition and food research.*

Grancieri, M. M. (2019). *Chia (Salvia hispanica L.) seed total protein and protein fractions digests reduce biomarkers of inflammation and atherosclerosis in macrophages in vitro. Molecular nutrition and food research.*

Grancieri, M. M. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica L.*) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*

Guerrero Ramírez T. (2018). Efecto del mucilago y harina de *Linum usitatissimum* “Linaza” en las propiedades sensoriales de galletas y su impacto en el tiempo de vida útil. Perú: Universidad Nacional Federico Villareal.

GUTIERREZ CASTILLO, C. P. (2022). “*ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE QUINUA Y TARWI*”. Lima - Perú.

INACAL. (26 de 08 de 2016). Norma Técnica Peruana NTP 206.004. (1ª Edición). 2016.

Lange, K. W., & Nakamura, Y. (2020). (PDF) The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in mental disorders.

[https://www.researchgate.net/publication/344724241\\_The\\_role\\_of\\_omega\\_3\\_polyunsaturated\\_fatty\\_acids\\_in\\_mental\\_disorders](https://www.researchgate.net/publication/344724241_The_role_of_omega_3_polyunsaturated_fatty_acids_in_mental_disorders)

León, G. &. (2020). “*Efecto del consumo de semillas de chía (Salvia hispánica L.) en la regulación del perfil lipídico*”. Lima: Universidad Científica del Sur.

López, R. y. (2018). *Salvia hispanica L. (chía): alimento funcional con propiedades medicinales. Revista Cubana De Plantas Medicinales*,. Obtenido de

<http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/>

Lupano, C. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Universidad Nacional de La Plata. Editorial Edulp. (1° Edición).

Mancebo, C., Martínez, M., Merino, C., & de la Hera, E. &. (2017). Efecto de aceite y manteca en la calidad del pan de arroz: relación entre la reología de la masa y características de calidad.

Magro Porras M. (2016). Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de haría pre-cocida a partir de semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) mediante autoclavado y tostado. Perú: Universidad Nacional del centro del Perú.

Maron, H. (2021). Aceptabilidad de galletas enriquecidas con tres diferentes concentraciones de harina de macroalga de “*Chondracanthus chamissoi* – Yuyo. Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua.

- Melo, D. M. (2019). *Chia seeds: an ancient grain trending in modern human diets. Food & Function.*
- Melzer, T. M., Manosso, L. M., Yau, S.-yu., Gil-Mohapel, J., & Brocardo, P. S. (2021). In pursuit of healthy aging: Effects of nutrition on brain function. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 5026. <https://doi.org/10.3390/ijms22095026>
- Mesas, J. A. (2002). *El pan y su proceso de elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3 (5), 307-313. *Recuperado de*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>
- Mesas, J. A. (2022). *l pan y su proceso de elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria.* Obtenido de Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>
- Mohamed, D. M. (2020). *Anti-inflammatory potential of chia seeds oil and mucilage against adjuvant-induced arthritis in obese and non-obese rats. Journal of Basic and Clinical Physiology and.*
- Moreiras. (2013). *Tablas de Composición de Alimentos. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.*
- Moura, C. M. A. d., Júnior, M. S. S., Fiorda, F. A., Caliari, M., Vera, R., & Grossmann, M. V. E. (2016). Cooking and texture properties of gluten-free fettuccine processed from defatted flaxseed flour and rice flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1495–1501.



- Nereida Marroquín, M., López Roca, B. G., & Gutiérrez Lara, N. D. (2020). *Desarrollo de productos a base de semillas de chía (Salvia hispanica L) para su aprovechamiento integral*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pandurangan, S. A.-M.-H. (2020). *Beneficial Fatty Acid Ratio of Salvia hispanica L. (Chia Seed) Potentially Inhibits Adipocyte Hypertrophy, and Decreases Adipokines Expression and Inflammation in Macrophage*. *Foods*.
- Parfait, K. E., Massounga, B. A., Xiaodong, L., Sun, Y. & Liu, L. (2021). Novel trends and opportunities for microencapsulation of flaxseed oil in foods: A review. *Journal of Functional Foods* , 87(2021), 104812. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104812>
- Parikh M, Netticadan T, Pierce GN. Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2018;314(2):H146-H159. PMID: 29101172 [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29101172/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29101172/).
- PRODUCE (Ministerio de la Produccion). (2016). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016*. Lima, Perú.
- Ramadan, M. F. ((2019).). *Fruit oils: Chemistry and functionality*. Switzerland: Springer.
- Rodriguez, C. L. (2006). *Elaboración de pan integral panufi SA de RL (Tesis de grado, Instituto Politecnico Nacional)*. Obtenido de Recuperado [dehttp://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23168](http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23168)
- Rosentrater, K. A. (2018). Bread-baking technology. In *Kent's Technology of Cereals*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100529-3.00008-6>

Serrano Cisneros, M. S. (2020). *Elaboración de un concentrado proteico a partir de chía (Salvia hispanica L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados*. Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

Shim, Y. Y., Gui, B., Wang, Y., & Reaney, M. J. T. (2015). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil processing and selected products. *Trends in Food Science & Technology*, 43(2), 162-177.

Silva, C. (2015). *Evaluación técnica comercial del aprovechamiento de la semilla de chía (Salvia hispanica L.) para la elaboración de productos alternos*. (Tesis de grado)., Universidad de las Américas., Quito.

USDA (United States Department of Agriculture), NRCS (Natural Resources Conservation Service). 2018. The PLANT database. National Plant Data Center. Baton Rouge, LA (Louisiana), USA (United States). Available:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LIUS>, [2018, Jan 29]

USDA-ARS. 2018. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. [Online] Available: [http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax\\_search.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl) Accessed: 25 May 2018.

USDA (United States Department of Agriculture) (2017a) National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Basic Report: 11669, Seaweed, wakame, raw

Wang, S. O. (2015). *Influence of quinoa flour on quality characteristics of cookie, bread and chinese steamed bread*. *Journal of Texture Studies*. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/jtxs.12128>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO I: Determinación de humedad

Se procede a pesar la placa vacía en una balanza analítica

Luego calibramos y agregamos 10 gramos, o algo más de muestra de pan de molde.

Llevamos a la estufa por un tiempo de dos horas a 100°C

Pasadas las horas, retiramos la muestra y dejamos reposar por 5 minutos

Finalmente pesamos la muestra en la placa

Calculamos el % de humedad a través de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P1: Peso de muestra más la placa.

P2: Peso de la muestra seca más peso de la placa.

M: peso de la porción de muestra

## ANEXO 2: Determinación de Cenizas

Primero se realiza el peso del crisol vacío en una balanza analítica calibrada.

Luego calibramos y agregamos 3 gramos de muestra seca de pan de molde molido en un mortero.

Quemar primeramente las muestras en la mufla de esa manera se evita la expansión de olores.

Llevamos a la mufla por un tiempo de 2 horas a 600°C

Pasadas las 2 horas retiramos la muestra dejamos enfriar por aproximadamente 15 minutos

Finalmente pesamos la muestra con el crisol

Por medio de la siguiente formula se calcula el porcentaje de cenizas.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_1 - P_0)}{P} \times 100 \times \frac{85}{100 - H}$$

Donde:

P1= Peso de las cenizas + crisol

P2= Peso del crisol

P= Peso inicial de la porción de muestra

H= Humedad de la muestra (%)

### ANEXO 3: Determinación de grasas

En papel de filtro previamente pesado, se emplearon unos 4 gramos de muestra seca y molida. Se aplicó el procedimiento de extracción con hexano.

La cámara de extracción del equipo Soxhlet se llenó con una muestra seca de materia prima contenida en papel de filtro. Se utilizó éter de petróleo bidestilado (hexano) durante 4 horas para el proceso de extracción, y la temperatura se ajustó de manera que permita sifoneo, 16 por hora. Se recibe este extracto etéreo en un vaso buchi seco.

El extracto obtenido se evapora y se seca en la estufa durante una hora a 100°C enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar.

El porcentaje de grasas se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\% \textit{grasa} = \frac{(P2 - P1)}{Pm} * 100$$

Donde:

Grasa, contenido de grasa en porcentaje de masa

Peso de la muestra en gramos (g)

P1 peso del balón vacío

P2 peso del balón más residuo seco en g

#### **ANEXO 4: Determinación de fibra cruda**

Pesar alrededor de 2 gramos de muestra libre de grasa y humedad.

Se transfiere cuantitativamente a un matraz de 500 mililitros y se añade perlas de vidrio. Tras añadir 200 mililitros de solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1,25%) en ebullición, se deja hervir la muestra durante aproximadamente media hora en una coccinilla.

Durante la ebullición el contenido del matraz debe mantenerse perfectamente mezclado. Transcurrido los 30 minutos, retirar el matraz de la coccinilla y filtrar la solución, lavar el residuo del embudo con agua hirviendo, se debe lavar hasta que salga pH neutro.

Colocar la capsula de porcelana en la mufla y conservar a 600°C aproximadamente por 30 minutos (hasta la pérdida total de materia orgánica)

Una vez destruida la materia orgánica, colocar el crisol de porcelana en un desecador hasta alcanzar la temperatura de ambiente.

Nota: el contenido de fibra cruda en el peso de la muestra corresponde a la pérdida de peso después de la incineración.

Calculo: **% Fibra Bruta = (A -B)/m**

Donde:

A: Peso del crisol con el residuo

B: Peso del crisol con el residuo calcinado

C: Peso de la muestra

## ANEXO 5: Determinación de proteínas

a) Digestión: Medir 1 g de muestra finamente molido y homogeneizado e introducir a un tubo de digestión. Añadir 10 ml de ácido sulfúrico al 95-98% y 5 g de catalizador Kjeldahl (una tableta) al tubo que contiene la muestra. Después de poner en marcha el colector de humos, coloque los tubos de digestión con la muestra dentro del Bloc-digest. Tras 30 minutos y 400°C de temperatura, realice la digestión. Dejar enfriar la muestra hasta que alcance la temperatura ambiente. Añadir gradualmente 50 ml de agua destilada a cada tubo de muestra, dejando que el agua gotee por las paredes del tubo. Dejar enfriar la muestra durante cinco minutos hasta que alcance la temperatura ambiente.

b) Neutralización y destilación: llenar un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 25 ml de ácido bórico y dos o tres gotas de indicador mixto. Colocar el Erlenmeyer en la extensión del refrigerante teniendo cuidado de sumergirlo en la solución de ácido bórico, deberá introducir el tubo con la muestra en el lado izquierdo del destilador. Después de instalar el tubo de muestra y el matraz Erlenmeyer con el ácido bórico, se dosificó con aproximadamente 40 ml de NaOH (para mostrar la cantidad de NaOH necesaria) y se inició el proceso de destilación. Es necesario prolongar el proceso de destilación durante un tiempo suficiente para que destile un mínimo de 150 mililitros, durante cinco y diez minutos.

c) Valoración: Estimar con ácido clorhídrico 0.31 N el destilado obtenido, hasta que lo solución cambie de verde a violeta. Calcular el % de proteína aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{1,4 \times (V_1 - V_0) \times N}{P}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Dónde: P=peso en g de la muestra V1= volumen de HCL consumido en la valoración (ml) N=normalidad del HCL V0= volumen de HCL consumido en la valoración de un blanco (ml) F= factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas. La mayor parte de las proteínas contienen un 16% de N2, de tal modo que el factor de conversión es 6.25 (100/16=6.25), pero se han obtenido empíricamente otros factores de conversión en función de la materia prima utilizada.



## **ANEXO 6: Determinación de carbohidratos – Método de la ecuación**

Procedimiento:

Lograr valores en porcentaje de fibra cruda, proteína, grasas, humedad y ceniza.

Conseguir el contenido de carbohidratos (%) por la siguiente ecuación:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\%F + \%P + \%G + \%H + \%Ce)$$

## **ANEXO 7: Determinación de polifenoles totales**

Basado en la característica de los fenoles cuando se combinan con productos químicos oxidantes, este reactivo de Folin comprende molibdato y tungstato sodio, que reaccionan para crear complejos fosfomolibdico-fosfotungsteno con moléculas fenólicas. Estos complejos se reducen por transferencia de electrones a óxidos de tungsteno y molibdeno en medios básicos, que son cromógenos de color azul brillante correlacionados con la concentración de grupos fenólicos en las moléculas de provecho.

Elaboración de reactivos: En una fiola de 10 ml con agua destilada realizo una preparación de Folin-Ciocalteu con 1.25 ml de folin comercial. El carbonato de sodio (20%) con 0.750 g de carbonato de sodio en una fiola de 10 ml con agua destilada, y se somete a sonificación para completar la disolución.

Elaboración de la curva de calibrado: Se diluye en una fiola de 100 ml con agua destilada, el ácido gálico con 25 mg de ácido gálico y, luego se sacará 2 ml de la solución y se vierte sobre una fiola de 10 ml y se afora con agua destilada. Se prepara concentraciones de ácido gálico de 2, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 ppm. Para realizar la lectura de la muestra se toma 100, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200  $\mu$ l de solución de concentración de ácido gálico 2400, 2300, 2100, 1900, 1700, 1500 y 1300  $\mu$ l de agua destilada respectivamente, 50  $\mu$ l de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y 100  $\mu$ l de folin, luego remover y reposar por 5 minutos. Se lectura la absorbancia en un espectrofotómetro a 726 nm.

Análisis de la muestra: se requirió 600  $\mu$ l de muestra, 50  $\mu$ l de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 1900  $\mu$ l de agua destilada y 100  $\mu$ l de folin. A la vez se realizó la preparación de los blancos por cada muestra a analizar con 600  $\mu$ l de muestra, 50  $\mu$ l de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2000  $\mu$ l de agua destilada. Se toma la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro a 726 nm.

Análisis de polifenoles totales: los polifenoles totales se expresarán en mg GAE/g muestra.

## ANEXO 8: Ficha de Evaluación Sensorial

Ficha de evaluación sensorial de aceptabilidad para pan de molde

Nombre y Apellidos: ..... Fecha: .../.../....

Instrucciones: Ante usted se presenta una muestra de pan de molde, se requiere de su calificación, en escala continua (0 = Me desagrada mucho, 3.5 = No me agrada ni me desagrada, 7 = Me agrada mucho). Por favor marque con (x) sobre la línea descrita, la puntuación que usted considere para cada característica de cada tratamiento.

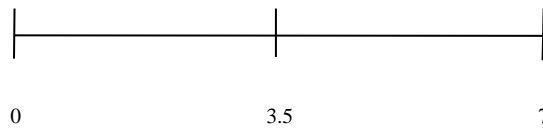
➤ Olor:



➤ Sabor:



➤ Textura:



➤ Apariencia:



➤ Color:



➤ Aceptabilidad general:



Muchas gracias



## ANEXO 9: Proceso de elaboración del Pan de Molde



