

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DEL PAN BLANCO A
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MANTECA VEGETAL DE
SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao*)”**

T E S I S

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por el Bachiller:

BRYAN ANGELO VELÁSQUEZ PADILLA

Asesor:

Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS

CAJAMARCA – PERÚ

2025



Universidad
Nacional de
Cajamarca
Universidad de la Universidad Peruana

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

BRYAN ANGELO VELÁSQUEZ PADILLA

DNI: 72742572

Escuela Profesional/Unidad UNC: ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

2. Asesor:

Ing. Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS

Facultad/Unidad UNC: FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

3. Grado académico o título profesional:

Bachiller Título profesional Segunda especialidad

Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación: "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DEL PAN BLANCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MANTECA VEGETAL DE SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao*)"

6. Fecha de Evaluación: 28/08/2025

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 23 %

9. Código Documento: oid:::3117:487260386

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

FECHA EMISIÓN: 28/08/2025

<i>Firme y/o Sello Emisor Constancia</i>

_____ Ing. Dr. José Gerardo Salhuana Granados DNI: 07797881

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los doce días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 332-2025-FCA-UNC, de fecha 16 de junio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DEL PAN BLANCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MANTECA VEGETAL DE SEMILLA DE CACAO *Theobroma cacao***", realizada por el Bachiller **BRYAN ANGELO VELÁSQUEZ PADILLA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez
SECRETARIO

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL

Dr. José Gerardo Salguana Granados
ASESOR

DEDICATORIA

Para mis padres Juan y Meleni; Lucas y mi Mechita gracias por su paciencia y amor de siempre. Espero que me alcance la vida para retribuirles todo lo que han hecho por mí, porque sin ustedes no podría ser lo que soy. Los amo.

Para Luis Vargas; Rosa Cáceres y Joel Escalante, aunque ya no pueda verlos siguen conmigo eternamente.

Para Paco y Lorenzo, donde quiera que estén espero que estén bien.

A mi familia y amistades de verdad que motivaron y confiaron en mí.

Esto es de ustedes y para ustedes.

Disfruten el show ...

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor Ing. José Salhuana Granados, por su orientación, apoyo y lecciones durante mi proceso académico y por ser el único docente en mostrarme su apoyo sincero para el desarrollo de esta investigación.

Un agradecimiento especial también para mi segunda familia, la Familia Medina Villalobos: Diego; Andrés; Martín; Sra. Carmencita; Sr. Jorge y Doña Chelita gracias por abrirme las puertas de su hogar y permitirme recibir su cariño. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sus palabras sinceras, sus consejos y su compañía cuando más lo necesitaba.

Finalmente, al personal de OFILAB Perú por su buena voluntad de apoyar esta investigación y a todos los que de alguna u otra manera, hicieron posible la realización de este trabajo. Cada gesto, palabra o acto de apoyo ha dejado huella en este proceso.

Gracias de corazón.

Bryan Velásquez.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Descripción del problema	2
1.2.	Formulación del problema	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Objetivos	5
1.4.1.	Objetivo General.....	5
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	5
1.5.	Hipótesis.....	5
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1.	Antecedentes	7
2.1.1.	Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.2.	Antecedentes Internacionales	11
2.2.	Marco Teórico	16
2.2.1.	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	16
2.2.2.	Grasas y Aceites Vegetales	30
2.2.3.	Pan.....	43
2.2.4.	Parámetros tecnológicos de los ingredientes en el proceso productivo de pan.....	50
2.2.5.	Calidad del pan	53
2.3.	Definición de términos.....	55
a)	Aceite vegetal.....	55
b)	Textura.....	55
c)	Sensorial.....	55
d)	Semillas de cacao.....	55
e)	Perfil de ácidos grasos.....	56
f)	Propiedades fisicoquímicas.....	56
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	57
3.1.	Ubicación	57
3.2.	Materiales y equipos	59
3.3.	Metodología	60
3.3.1.	Variables.....	60

3.3.2.	Tipo y diseño de investigación	61
3.3.3.	Tamaño de unidad experimental.....	61
3.3.4.	Flujograma de elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.....	62
3.3.5.	Descripción de operaciones de la elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca de semillas de cacao.	63
3.3.6.	Descripción de los procedimientos experimentales.....	66
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	74
4.1.	Resultados del análisis de calidad de la manteca vegetal de semillas de cacao.....	74
4.2.	Resultados del análisis fisicoquímico y análisis de TPA del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.....	75
4.2.1.	Prueba de normalidad del análisis fisicoquímico y TPA del pan blanco	76
4.2.2.	Análisis de Kruskal-Wallis para la humedad	78
4.2.3.	Análisis de Kruskal-Wallis para la elasticidad	80
4.2.4.	Análisis de Kruskal-Wallis para la dureza	82
4.2.5.	Análisis de Kruskal-Wallis para la masticabilidad	84
4.2.6.	Análisis de Kruskal-Wallis para la cohesividad	86
4.2.7.	Relación del análisis estadístico entre los tratamientos evaluados (análisis fisicoquímico).....	87
4.3.	Resultados del análisis sensorial del pan blanco con sustitución parcial de manteca de semillas de cacao.	89
4.3.1.	Prueba de normalidad del análisis sensorial del pan blanco con sustitución de manteca de semillas de cacao.	96
4.4.	Integración de resultados fisicoquímicos y sensoriales	97
V.	CONCLUSIONES	99
VI.	RECOMENDACIONES.....	100
VII.	BIBLIOGRAFÍA	101
VIII.	ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Producción nacional de cacao en el Perú.</i>	21
Tabla 2. <i>Lista de asociados registrados en las cooperativas nacionales hasta el año 2017.</i>	23
Tabla 3. <i>Composición de los granos de cacao fermentado y seco.</i>	29
Tabla 4. <i>Ácidos grasos naturales y su nomenclatura.</i>	34
Tabla 5. <i>Composición nutricional del pan.</i>	45
Tabla 6. <i>Especificaciones técnicas del pan</i>	49
Tabla 7. <i>Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos.</i>	72
Tabla 8. <i>Resultado del análisis de calidad de la manteca vegetal de semillas de cacao.</i>	74
Tabla 9. <i>Resultados del análisis fisicoquímico y análisis de TPA del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.</i>	75
Tabla 10. <i>Tabla de normalidad del análisis fisicoquímico del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.</i>	77
Tabla 11. <i>Análisis de Kruskal- Wallis para la humedad del pan blanco.</i>	78
Tabla 12. <i>Análisis de Kruskal- Wallis para la elasticidad del pan blanco.</i>	80
Tabla 13. <i>Análisis de Kruskal- Wallis para la dureza del pan blanco.</i>	82
Tabla 14. <i>Análisis de Kruskal- Wallis para la masticabilidad del pan blanco.</i>	84
Tabla 15. <i>Relación entre los tres tratamientos evaluados (análisis fisicoquímico).</i>	87
Tabla 16. <i>Resultados del análisis sensorial de los tratamientos.</i>	90
Tabla 17. <i>Tabla de normalidad del análisis sensorial del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.</i>	96
Tabla 18. <i>Integración de los resultados fisicoquímicos y sensoriales.</i>	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Curva ideal de TPA.</i>	46
Figura 2. <i>Mapa de ubicación geográfica – Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (UNC – Cajamarca).</i>	56
Figura 3. <i>Mapa de ubicación geográfica – Panadería “MEDINA”</i>	57
Figura 4. <i>Mapa de ubicación geográfica – Ofilab Perú S.A.C.</i>	57
Figura 5. <i>Diagrama de flujo – elaboración de pan blanco tipo molde con sustitución parcial de manteca vegetal de granos de cacao.</i>	61
Figura 6. <i>Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de % de humedad.</i>	78
Figura 7. <i>Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de elasticidad.</i>	80
Figura 8. <i>Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de dureza.</i>	82
Figura 9. <i>Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de masticabilidad.</i>	84
Figura 10. <i>Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de % de cohesividad.</i>	85
Figura 11. <i>Comparación de los valores mínimos; máximos y promedio del análisis sensorial del olor entre los tratamientos.</i>	91
Figura 12. <i>Comparación de los valores mínimos; máximos y promedio del análisis sensorial del color entre los tratamientos.</i>	92
Figura 13. <i>Comparación de los valores mínimos; máximos y promedio del análisis sensorial del sabor entre los tratamientos.</i>	92

Figura 14. *Comparación de los valores mínimos; máximos y promedio del análisis sensorial de la textura: sensación en boca entre los tratamientos.....93*

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco elaborado con diferentes concentraciones (T1-30 %; T2-50 % y T3-70 %) de manteca vegetal obtenida de semillas de cacao (*Theobroma cacao*). Los tratamientos fueron comparados con un grupo control formulado con la misma proporción total de materia grasa, pero utilizando exclusivamente manteca comercial, con el fin de asegurar condiciones equivalentes en el contenido lipídico. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado y se realizaron: análisis fisicoquímico (% humedad); análisis instrumental de perfil de textura (TPA) y una evaluación sensorial. Las variables organolépticas y físicas de textura (humedad, elasticidad, dureza, masticabilidad y cohesividad) fueron medidas mediante texturómetro y analizadas estadísticamente mediante análisis de Kruskal-Wallis. Los resultados mostraron diferencias significativas en el % humedad ($p=0.030$), elasticidad ($p=0.039$), dureza ($p=0.049$) y masticabilidad ($p=0.012$), lo que indica que el aumento en la concentración de manteca incrementa la firmeza y la resistencia a la masticación del pan, con una ligera disminución en su elasticidad. No se hallaron diferencias significativas en cohesividad ($p=0.173$). En la evaluación sensorial no se observaron diferencias significativas en los atributos de color; olor; sabor y textura (sensación en boca) ($p>0.05$), lo que demuestra que la incorporación de manteca de cacao no afecta negativamente la aceptabilidad del producto. Estos hallazgos sugieren que la manteca de semillas de cacao representa una alternativa viable y sostenible para mejorar la calidad tecnológica del pan, manteniendo sus características sensoriales, promoviendo la revalorización de recursos nativos peruanos y fomenta formulaciones más naturales y saludables en la industria panadera.

Palabras clave: pan blanco, *Theobroma cacao*, manteca vegetal, perfil de textura, análisis sensorial, formulación sostenible.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the physical chemistry and sensory characteristics of white bread formulated with different concentrations (T1–30%, T2–50%, and T3–70%) of vegetable fat derived from cacao beans (*Theobroma cacao*). The treatments were compared to a control group prepared with the same total proportion of fat, but using only commercial shortening, in order to ensure equivalent lipid content conditions. A completely randomized design was applied, and the following analyses were conducted: physical chemistry analysis (moisture content); instrumental texture profile analysis (TPA); and sensory evaluation. The organoleptic and texture variables (moisture, elasticity, hardness, chewiness, and cohesiveness) were measured using a texture analyzer and statistically analyzed using the Kruskal-Wallis test. The results showed significant differences in moisture content ($p=0.030$), elasticity ($p=0.039$), hardness ($p=0.049$), and chewiness ($p=0.012$), indicating that an increase in the concentration of cacao fat enhances the firmness and chew resistance of the bread, with a slight reduction in elasticity. No significant differences were found in cohesiveness ($p=0.173$). The sensory evaluation revealed no significant differences in color, aroma, flavor, or texture (mouthfeel) attributes ($p>0.05$), demonstrating that the incorporation of cacao fat does not negatively affect product acceptability. These findings suggest that cacao bean fat represents a viable and sustainable alternative to improve the technological quality of bread while maintaining its sensory characteristics, promoting the appreciation of native Peruvian resources and encourages more natural and healthier formulations in the baking industry.

Keywords: white bread, *Theobroma cacao*, vegetable fat, texture profile, sensory analysis, sustainable formulation

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo en constante evolución, donde la salud y la sostenibilidad son cada vez más prioritarias, el mercado de la industria alimentaria se enfrenta a una creciente demanda de alternativas innovadoras. Tradicionalmente dominado por productos ultraprocesados, los consumidores buscan ahora productos que no solo satisfagan sus necesidades alimentarias, sino que también promuevan un estilo de vida más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente, de acuerdo con las tendencias emergentes de hoy en día. En consecuencia, estas tendencias responden a la creciente conciencia sobre los efectos del consumo de grasas en la salud cardiovascular y el impacto ambiental de ciertos procesos industriales. En este contexto los aceites y grasas naturales, derivados de origen y fuente vegetal como el aguacate, el coco, el girasol, la oliva, el cacao, etc. están ganando popularidad como ingredientes versátiles y funcionales en la creación de una amplia gama de productos alimentarios.

El pan es uno de los alimentos más antiguos y fundamentales en la dieta humana, y su elaboración ha evolucionado a lo largo de los siglos. Uno de los componentes esenciales en la producción de pan es el uso de sustancias grasas, las que desempeñan un papel crucial tanto en la textura como en el sabor final del producto. A lo largo de la historia, se han utilizado una gran variedad de estas sustancias en la elaboración de este producto, desde los tradicionales como el aceite de palma hasta opciones más contemporáneas como el aceite de girasol o el aceite de coco. El empleo de sustancias grasas naturales en la fabricación de pan no solo influye en su calidad organoléptica, sino que también puede aportar beneficios nutricionales (siempre que su inclusión se realice en proporciones que mantengan un equilibrio en el contenido total de grasas saturadas del producto final) y contribuir a una mayor diversidad de sabores de panes disponibles en la actualidad, por lo que, debido a su composición única de ácidos grasos, su riqueza en antioxidantes

y compuestos bioactivos y con la finalidad de maximizar estas propiedades, la manteca vegetal de cacao ofrece ser considerado como sustituto a la manteca en la elaboración de pan.

En este trabajo de investigación, se presenta una forma de aprovechar la revalorización de las semillas de cacao mediante su uso como materia grasa en la elaboración de un producto como el pan blanco y cómo este producto puede ser una alternativa tecnológicamente favorable en el campo de la innovación panadera y de la Industria Alimentaria en general.

1.1. Descripción del problema

A nivel mundial, el cacao es una fruta que se utiliza como materia prima para la elaboración de diversos productos, principalmente para la elaboración del chocolate; pero el enfoque tradicional de su uso y en ocasiones la falta de conocimiento sobre las características fisicoquímicas que contiene este fruto no se aprovecha en su totalidad, haciendo que durante su procesamiento se llegue a desperdiciar la oportunidad de innovar lo que estas propiedades podrían aportar a la elaboración de nuevos productos.

En el Perú y específicamente en la ciudad de Cajamarca (región donde se concentra una parte significativa de la producción nacional de cacao) esto es un problema que afecta a toda la cadena de producción, ya sea desde los agricultores hasta los consumidores finales. Este escenario problemático se debe a algunos factores, dentro de los cuales se pueden resaltar a las prácticas agrícolas ineficientes aplicadas generalmente por los cultivadores que se enfrentan a desafíos como la falta de acceso a tecnologías adecuadas; además de una limitada capacitación en métodos de cultivo sostenibles, lo que conllevaría a obtener una producción subóptima de cacao, con granos de baja calidad y menor contenido de compuestos beneficiosos, razón por la cual las opciones en el mercado se ven condicionadas en la elaboración de productos de menor valor agregado.

La poca apreciación de la valorización de los subproductos de cacao como materia prima para la creación de nuevos productos constituye un desafío que la industria alimentaria debe abordar mediante la promoción de la investigación científica. Esto permitirá explorar nuevas formas de aprovechar las propiedades del cacao en la elaboración de productos innovadores, lo cual contribuirá significativamente a valorar de manera plena estas propiedades como un valor añadido a los productos finales. Desde esta perspectiva no solo se abrirá nuevas oportunidades para la innovación en la industria alimentaria, sino que también se fomentará un mayor consumo de productos naturales y sostenibles.

La situación problemática que se ha detectado en este estudio tiene múltiples causas y de diferente índole, pero para la investigación concerniente se ha elegido la poca innovación al momento de escoger nuevas materias primas que podrían reemplazar en su totalidad o sustituir de manera parcial a las que se usan continuamente en la elaboración de pan blanco, además de las pocas formulaciones que se tiene de este producto en concreto, ya que como se sabe está elaborado principalmente de harina de trigo pero usando manteca industrializada que favorece una composición menos favorable para la salud, es decir, que no se utiliza una alternativa de materia grasa diferente que proporcione una calidad tecnológica que otorgue a este producto nuevas y mejores características tanto fisicoquímicas como sensoriales, debido a que en nuestra ciudad y región de Cajamarca no se ha presenciado el desarrollo de este tipo de producto. Por lo tanto; lo que sucedería si esta condición persiste, podría resultar en una baja competitividad en el mercado del consumo de productos panificados sea nacional o internacional, que resultaría en un desaprovechamiento y quizás una condicionada producción de subproductos hechos con cacao.

Por esta razón es que se realiza este estudio, con la finalidad de poder mostrar una nueva forma de sacar provecho al cacao dentro de la industria, a la par que se mostraría una nueva

formulación para la elaboración de pan blanco en la que se obtendría un nuevo producto con mejores características fisicoquímicas y sensoriales.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la sustitución con diferentes concentraciones de manteca vegetal de semillas de cacao en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco?

1.3. Justificación

La importancia de este estudio radica en la evaluación exhaustiva de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco, en el que se ha sustituido parcialmente la manteca vegetal convencional por manteca vegetal derivada de semillas de cacao. Agregando a lo anterior, se pretende determinar la concentración óptima de esta manteca de cacao para desarrollar un nuevo producto con cualidades superiores, tanto a nivel fisicoquímico como sensorial. Dado el creciente interés en productos que sean tanto orgánicos como sostenibles, esta investigación responde a la necesidad de explorar alternativas más innovadoras y sostenibles en la industria panificadora.

La investigación no solo tiene relevancia teórica, sino también práctica, ya que se está proponiendo una metodología aplicada que involucra la elaboración de pan blanco. En este proceso, se sustituye la manteca vegetal común por la manteca vegetal de cacao, lo que ofrece un enfoque que pretende demostrar que el uso de un ingrediente natural, libre de aditivos sintéticos; además, su perfil lipídico está compuesto principalmente por ácido esteárico, considerado neutro en cuanto a su impacto sobre el colesterol plasmático y con mayor estabilidad natural sin necesidad de aditivos que puede mejorar la calidad del producto final y, al mismo tiempo, promover el uso de productos orgánicos.

Además, se espera que los resultados de este estudio tengan un impacto positivo en la industria alimentaria, ofreciendo nuevas opciones de productos innovadores a nivel regional y nacional. Al satisfacer la creciente demanda de alimentos funcionales, esta investigación contribuirá al avance de la innovación científica y tecnológica en el ámbito de la panificación, impulsando el desarrollo regional y nacional en este sector.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la sustitución en porcentaje de la materia grasa comercial en la elaboración de pan blanco, utilizando diferentes concentraciones de manteca vegetal de semillas de cacao (*Theobroma cacao*) evaluando sus características fisicoquímicas y sensoriales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas del pan blanco, mediante análisis instrumental (prueba TPA), elaborado con diferentes porcentajes de sustitución (30 %, 50 % y 70 %) de la manteca comercial por manteca vegetal de semillas de cacao (*Theobroma cacao*).
- Determinar las características sensoriales del pan blanco, mediante evaluación sensorial, con diferentes porcentajes de sustitución (30 %, 50 % y 70 %) de la manteca comercial por manteca vegetal de semillas de cacao (*Theobroma cacao*).

1.5. Hipótesis

La sustitución de manteca comercial por el uso de manteca vegetal de semillas de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de pan blanco mejora significativamente las cualidades físicoquímicas y sensoriales de este producto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

“Efecto del uso de lactosuero dulce en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco” Páucar Acuña (2017). Este trabajo como finalidad principal determinar el porcentaje adecuado de sustitución de agua por lactosuero dulce de queso paria que puede ser utilizado en la panificación aportando propiedades de color y textura. Los objetivos de la investigación son: la aceptación del pan blanco molde con diferentes cantidades de lactosuero, a través de un método de análisis sensorial, determinar la humedad, cenizas, acidez y ufc/g de mohos del tratamiento con mayor aceptación para dar a conocer la vida en anaquel del pan blanco molde con lactosuero dulce. Siendo el diseño experimental utilizado un bloque completamente al azar, con cuatro tratamientos (0, 30, 50, y 70% de lactosuero), cada bloque de 12 unidades de producto donde se observaron características de color, olor, textura y sabor. La sustitución de 70% de lactosuero por agua para la elaboración de pan blanco molde tuvo un valor de 8.3 calificado como “me agrada mucho” el cual es superior a las demás sustituciones; el tratamiento de mayor aceptación obtuvo una humedad 33.60%, cenizas 1.34% acidez expresada en 0.47% de ácido sulfúrico y 1.3×10^3 ufc/g de mohos. Concluyendo que el pan blanco molde sustituido con 70% de lactosuero, almacenado por siete días en bolsa de polietileno a una temperatura de ambiente solo cumple los límites permisibles fisicoquímicos mas no cumple el criterio microbiológico. Este trabajo aporta a la investigación el proceso de elaboración del pan blanco adaptando el uso de un ingrediente funcional en diferentes concentraciones y aplicar evaluaciones sensoriales comparables.

“Sustitución de margarina por aceite de Ajonjolí y crema de Ajonjolí (Sesamum Indicum) en la elaboración de galletas” Bravo Araujo (2019) desarrolló este estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la sustitución de la margarina por aceite de ajonjolí y crema de ajonjolí sobre las características de calidad en la elaboración de las galletas, para lo cual trabajó con 3 niveles de sustitución (50%, 75% y 100%), y realizó un análisis previo a la materia prima. Se elaboraron las galletas con las variables descritas anteriormente, a los productos obtenidos se midieron los criterios físicoquímicos (% Humedad, cenizas, índice de peróxido y acidez), rendimiento, características físicas (coeficiente de excentricidad, coeficiente de dilatación, espesor, peso, volumen), y evaluación sensorial para seleccionar el mejor tratamiento tanto para las galletas que emplearon aceite de ajonjolí y crema de ajonjolí en la formulación como sustituto de la margarina, midiendo atributos de color, sabor, olor, aroma, textura, apariencia y aceptabilidad general a 40 panelistas, siendo elegidos los tratamientos AA3 (100% aceite de ajonjolí) y CA2 (75% crema de ajonjolí). A los tratamientos seleccionados se determinó el análisis proximal y microbiológico, resultando las galletas CA2 con menor porcentaje de grasa y contenido energético y mayor porcentaje de proteínas y fibra, mientras que la galleta AA3 con un mayor porcentaje de grasa, proteína y contenido energético, comparándolas con la galleta testigo. En conclusión, se obtuvieron galletas con mejores características de calidad respecto a la galleta testigo y un nivel de agrado aceptable. El aporte que brinda este trabajo es el de determinar el nivel de porcentaje de concentración del ingrediente graso para la elaboración de un producto panificado.

“Elaboración de pan enriquecido con cacao y determinación de su capacidad antioxidante” Sonco Zegarra et al. (2020) en el trabajo de investigación realizado en la ciudad de Lima - Perú presenta como objetivo establecer la capacidad antioxidante en un pan enriquecido a base de cacao. Para el cual se elaboraron dos tipos de formulaciones de dicho pan. Además, se

cuantificaron las propiedades organolépticas: gusto, estructura, aroma, coloración y elegibilidad. Para esto, se contó con la participación de 100 panelistas no entrenados, los cuales pertenecían a la Escuela Académica Profesional de Nutrición Humana de la Universidad Privada Norbert Wiener y se utilizó un rango hedónico no estructurado con puntuación del 1 al 5. Por otro lado, se determinó que son iguales respecto a la intensidad del: color, textura, aceptabilidad, pero con diferencias en cuanto al promedio entre los dos tipos respecto de la intensidad de sabor. Por otra parte, existe diferencia en la dispersión de las respuestas respecto a la mediana o media acortada de la intensidad del olor. El aporte que brinda al trabajo de investigación es el de determinar como base la estructura de elaboración del pan en el que se refuerza la viabilidad de un ingrediente adicional no tradicional como el cacao para mejorar las características sensoriales del pan.

“Rendimiento y acidez de la manteca de cacao (Theobroma cacao L.) extraída por presión del grano deshidratado y tostado” Rivera Aguilar (2022) en su estudio realizado en la ciudad de Cajamarca, Perú, tuvo como objetivo principal determinar el rendimiento y la acidez de la manteca de cacao (Theobroma cacao L.) extraída por presión del grano deshidratado y tostado. El estudio se realizó a partir de 7 muestras de manteca obtenida del grano de cacao deshidratado a temperatura de 40 - 45 °C por 10 horas y 7 muestras de manteca obtenida del grano de cacao tostado a temperatura de 120 °C por 20 minutos. Se evaluó la humedad de los granos de cacao deshidratados la cual debía ser menor a 2.5 % de humedad y los granos tostados menor a 3 % de humedad. Se pasó los granos de cacao secos al descascarillador y se obtuvieron los nibs, los cuales pasaron al molino de bolas para obtener el licor de 60 a 80 micrómetros. La pasta o licor de cacao se llevó a la prensa para obtener la manteca teniendo en cuenta los siguientes parámetros: humedad menor a 1 % y de 45 - 60 micrómetros. Se realizaron 7 prensadas de licor de cacao tostado y 7 prensadas de licor de cacao deshidratado las cuales fueron analizadas cada 60 minutos durante 14 horas. Los

resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa SPSS STATISTICS, el cual mediante un análisis de varianza (ANOVA) demostró que existe diferencia significativa en el rendimiento de la manteca de cacao; el mayor rendimiento de manteca lo proporciona el grano de cacao tostado con el 36,95 % sobre el grano de cacao deshidratado que tuvo como rendimiento el 35,26 % de manteca; con respecto a la acidez expresada en porcentaje de ácido oleico no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos que se le dio al grano, la acidez de la manteca de cacao del grano deshidratado fue 1,52 % y la manteca del grano de cacao tostado 1,44 %, ambos resultados se encuentran dentro de lo establecido por la norma técnica peruana. El aporte al trabajo de investigación es el de determinar el parámetro del índice de acidez que se analizará a la materia grasa (manteca de cacao) para su análisis de calidad.

*“Elaboración tecnológica de galletas con sustitución parcial de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y aceite refinado de anchoveta (*Engraulis ringens*)”* Carlos Puma (2023) en su tesis, tuvo como objetivo elaborar galletas enriquecidas con harina de Cushuro (*Nostoc sphaericum*) y aceite refinado de anchoveta (*Engraulis ringens*); con los parámetros tecnológicos óptimos de temperatura y tiempo de horneado, de calidad y aceptabilidad. Se probaron tres formulaciones diferentes que consistieron en mezclas de harina de trigo y harina de cushuro en proporciones de 85:15 y 90:10%, así como mezclas de manteca vegetal y aceite refinado de anchoveta en proporciones de 91:9 y 85:15%. Estas mezclas fueron horneadas a temperaturas de 140 y 170 °C durante 15 y 20 minutos. Según los análisis realizados, las tres formulaciones resultaron ser inocuas desde el punto de vista microbiológico. Por lo cual, con la participación de 33 panelistas estudiantes de educación primaria, se llevó a cabo una evaluación sensorial de estas galletas utilizando una escala hedónica de 9 puntos, analizándose los atributos de apariencia, color, sabor, textura y aroma. Los resultados de estas evaluaciones se procesaron utilizando el software Minitab

18, siendo la muestra elaborada con la formulación I (harina de cushuro 85:15, aceite refinado de anchoveta 91:9, temperatura de 140°C y tiempo de horneado de 20 minutos) la que mostró los mejores resultados en términos de aceptabilidad. Además, se realizó un análisis fisicoquímico a esta muestra, revelando un contenido de hierro del 100%, un 11% de proteínas y un 21% de omega 3, estos valores respecto a su valor requerido diario de consumo. En conclusión, se puede afirmar que utilizando una formulación de 85:15 de harina de trigo y harina de cushuro, y 91:9 de manteca vegetal y aceite refinado de anchoveta, es posible elaborar galletas con alta calidad nutricional y buena aceptabilidad. Este trabajo aporta a la investigación los indicadores sensoriales (olor, color y sabor) al tener un producto en el que también se haya sustituido la manteca vegetal comercial por el uso de una manteca natural para obtener una mayor aceptabilidad sensorial de parte del consumidor.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

*“Propiedades fisicoquímicas de mezclas grasas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y cacao (*Theobroma cacao*)”* Ramos Ramos (2019) en su tesis de doctorado realizado en la ciudad de Buenos Aires, Argentina menciona que, en 2015 la Food and Drug Administration estableció que las grasas trans ya no se podrían emplear en alimentos, por lo que la tendencia mundial es reducir el empleo de estas. En este estudio se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de las grasas de estas materias primas para su uso en la elaboración de algunos productos, donde las grasas originales y las mezclas con 10/90%, 20/80% y 30/70% de grasa de copoazú y manteca de cacao, respectivamente, se evaluaron por composición en ácidos grasos y triacilglicéridos, comportamiento de cristalización, polimorfismo y microestructura usando cromatografía gaseosa (CG), cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), calorimetría diferencial de barrido (DSC), resonancia magnética nuclear (RMN) y microscopía de luz polarizada (PLM). Los parámetros de

proceso evaluados fueron la temperatura de cristalización y la velocidad de enfriamiento. Se analizó también el efecto del agregado de un modificador de cristalización, el éster de sacarosa S-170. Los resultados mostraron diferencias significativas en las composiciones acídica y glicéridica de las mezclas con respecto a las grasas puras. Sin embargo, el diagrama de iso-sólidos mostró gran compatibilidad entre las grasas puras. Por otro lado, los resultados de SFC en función del tiempo mostraron que la grasa de copoazú presenta un mecanismo de cristalización diferente al de la manteca de cacao. En las proporciones estudiadas, el comportamiento de cristalización de las mezclas resultó ser más parecido al de la manteca de cacao pura. El agregado de S-170 aceleró la cinética de cristalización en todas las muestras en las que tuvo efecto. Los resultados de DSC y MLP permitieron identificar las formas polimórficas $\beta'1$ y $\beta2$. La existencia de la forma polimórfica $\beta2$ indica que estas mezclas pueden usarse como CBEX en productos de chocolatería; mientras que la existencia de la forma $\beta'1$ indica que son adecuadas para la fabricación de tortas y productos panificados. Las mezclas son además buenas alternativas para sustituir la grasa parcialmente hidrogenada en estos productos alimenticios, no sólo por la presencia de estas formas polimórficas estables, sino también por la ausencia de enlaces trans en la grasa de copoazú. Este trabajo aporta a la investigación una base teórica justificada a la alternativa del uso y las propiedades de la manteca de cacao en la industria alimentaria no solo como ingrediente funcional sino también como sustituto saludable frente a la manteca vegetal comercial o las grasas hidrogenadas.

“Desarrollo de panes dulces utilizando oleogeles como sustituto de grasas plásticas. Estudios de digestibilidad in vitro” Cifuentes Adán (2022) en su tesis de doctorado titulado: en la ciudad de Valencia, España; tuvo como finalidad desarrollar oleogeles de aceite de girasol y de oliva, empleando como oleogelificantes hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y goma xantana

(XG), con el objetivo de aplicarlos, como sustitutos de la margarina, en la formulación de bollos horneados y al vapor. El efecto de los oleogel sobre las propiedades físicas de los panecillos se evaluó analizando la estructura de la miga, el volumen específico, la altura y la textura. Además, se evaluó la digestibilidad de los lípidos mediante estudios de digestión in vitro. Como resultado de este trabajo se concluye que la sustitución de la margarina por oleogel produjo bollos al vapor sin diferencias en la estructura, volumen, altura y textura de la miga; sin embargo, en los bollos horneados, se produjo una estructura menos porosa y más dura. La extensión de la lipólisis no se vio afectada cuando la margarina fue reemplazada por oleogel en los bollos horneados y al vapor. Estos resultados sugieren que el uso de oleogel en lugar de margarina en los panecillos podría representar una estrategia interesante para preparar productos de panadería más saludables. Este trabajo determina la relevancia de las mantecas vegetales como ingredientes panificables compatibles y funcionales.

“Microemulsión de aceite de nuez pecanera para protección de ácidos grasos omegas en el desarrollo de un pan funcional bajo en grasa” Exena Cantú et al. (2022), propone la incorporación de microencapsulados de aceite de nuez alto en omegas en la formulación de pan dulce tipo mantecadas con el objetivo incrementar el aporte de omegas y a su vez, disminuir la cantidad de grasa que ofrece el producto al consumidor. Se elaboraron 4 tratamientos y 2 controles correspondientes (CC: Criolla sin encapsular, CGA: Criolla con Goma arábica, CQ: Criolla con GA y quitosano, CM: Control Mejorada sin encapsular, MGA: Mejorada con Goma arábica, CQ: Mejorada con GA y quitosano). Se midió estabilidad de los microencapsulados por separado con parámetros de tamaño de partícula, índice de cremado y observación óptica. Posteriormente se elaboraron las mantecadas y se midió APT, características sensoriales, así como determinación de grasa y humedad, y estadística. Los resultados obtenidos determinaron formulaciones, que pueden

lograr reducir el porcentaje de grasa total hasta en un 33.3% sin afectar las características sensoriales y textura, y para el caso del APT solo se observó disminución de la dureza en el tratamiento de GA de ambos aceites con respecto al resto de los tratamientos incluyendo el control. El aporte que brinda a la investigación determina el parámetro de la dureza en el perfil de textura de un pan en el que en su formulación se reemplaza el uso de las grasas por aceites naturales para una mayor aceptabilidad sensorial.

“Caracterización fisicoquímica del aceite de cacao extraído a diferentes temperaturas de prensado. Resultados preliminares” Granada Cano et al. (2023) en su trabajo de investigación para la revista ACOFI en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia indican que el aceite es uno de los principales productos obtenidos a partir del procesamiento de los granos de cacao y su calidad es crucial para el uso óptimo del mismo en una amplia variedad de productos de la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Las características fisicoquímicas del aceite de cacao pueden llegar a definir su utilidad, ya que estas determinan su función tecnológica, variabilidad termomecánica y provee información sobre la vida útil y el almacenamiento. El tostado y la temperatura de prensado son dos factores importantes que influyen en las propiedades fisicoquímicas del aceite de cacao. Durante el tostado, se producen reacciones químicas que afectan su composición. Debido a lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo caracterizar el aceite de cacao obtenido a condiciones estandarizadas de tostado, evaluando las variaciones de dichas propiedades a diferentes temperaturas de prensado. Para lo que se miden distintos parámetros que describen mejor el comportamiento de grasas y aceites, tales como acidez, índice de refracción y saponificación, dienos conjugados e índice de peróxidos. Se relacionan los datos obtenidos en búsqueda de una tendencia que converja en todas las determinaciones, evidenciando variaciones marcadas en todas las fisicoquímicas con respecto a la temperatura de prensado. El

conocimiento de las propiedades del aceite de cacao permite concluir cuáles son las mejores condiciones de prensado en relación con el tostado de mayor rendimiento para un aceite con características sobresalientes. Este trabajo aporta a la investigación los parámetros fisicoquímicos de la manteca vegetal extraído de los granos de cacao y cómo éstos influyen en su calidad final y su uso como materia prima.

“*Elaboración de galletas a base de la harina de Cebada (Hordeum Vulgare) con la sustitución parcial de productos residuales de la extracción de aceite de nuez (Juglans Regia l.), utilizando dos tipos de leudantes (levadura y royal)*” Vaca Cayo (2024) tuvo como objetivo elaborar galletas a base de la harina de cebada (*Hordeum vulgare*) con la sustitución parcial de productos residuales de la extracción de aceite de nuez (*Juglans regia l.*), por la metodología de prensado mediante el equipo de extractor de frutos secos con el que se proporciona las condiciones experimentales más óptimas para la extracción en relación con el índice de rendimiento, a través de la implementación de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial de 3×2 con un total de 16 tratamientos el factor A (concentraciones de harina de cebada y residuos de nuez) en donde $a_1 = 80\%$ harina de cebada, 20% de residuos; $a_2 = 85\%$ harina de cebada, 15% de residuos y $a_3 = 90\%$ harina de cebada, 10% de residuos y el factor B (tipos de leudantes) en donde $b_1 =$ levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y $b_2 =$ Royal. Los resultados de los análisis fisicoquímicos en la harina de cebada obtuvieron: humedad 14% , ceniza $0,3\%$, sólidos totales $95,12\%$ proteína $11,05\%$, y los productos residuales de la extracción de aceite de nuez tuvieron los siguientes resultados: humedad $14,5\%$, ceniza $0,5\%$, sólidos totales $99,22\%$ proteína $42,97\%$ y del aceite de nuez se obtuvo color amarillo, olor característico, punto de fusión $28,76\text{ }^\circ\text{C}$, densidad a $35\text{ }^\circ\text{C}$ es de $0,97\text{ gcm}^3$, humedad $0,72\%$, índice acidez libre $4,907\%$, índice de yodo 56 cgg , índice de peróxido $4,89\text{ meqO}_2\text{Kg}$, índice de saponificación 198 mg KOHg y no se detecta

hierro, cobre e impurezas. El mejor tratamiento fue el t1(a1b1) (mezcla 80% harina de cebada, 20 % de residuos; con levadura) obteniendo los parámetros fisicoquímicos en la repetición 1 y 2 de humedad 93,91 %; 95,75 %, ceniza 1,96 %; 1,79 %, fibra 2,01 %; 2,23 %, sólidos totales 95,41 %; 95,79 %, proteína 95,41 %; 95,79 % y en el t3 (a2b1) (mezcla 85 % harina de cebada, 15 % de residuos; con levadura) humedad 92,67 %; 94,68 %, ceniza 1,91 %; 1,77 %, fibra 1,93%; 2,21 %, sólidos totales 95,38 %; 95,08 % y proteína 12,98 %; 13,84 %. En los análisis nutricionales de los mejores tratamientos se observa que las galletas cuentan con una cantidad adecuada de fibra y proteína el cual t1 obtuvo un 13,29 % de proteína y 2,09 % de fibra, el t3 obtuvo 13,02 % de proteína y 2,43 % de fibra. Esta investigación aporta una medida comparativa de la incidencia del uso de otro tipo de grasa diferente a la manteca comercial en la elaboración de un producto panificado mediante análisis físico de humedad.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Cacao (*Theobroma cacao*)

El cacao, científicamente conocido como *Theobroma cacao*, pertenece al género *Theobroma* y a la familia *Malvaceae*, cuenta con más de 22 especies según menciona Arvelo Sánchez et al. (2017). Su origen se sitúa en América, aunque aún existe controversia sobre su lugar de origen preciso. Algunos estudios sugieren que la región amazónica, específicamente la cuenca alta del río Amazonas, en países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, podría ser el lugar de origen de esta especie, siendo esta área la que presenta la mayor diversidad y probablemente el centro de origen, como indican Zarrillo (2018). Desde este lugar, el cacao se dispersó hacia México y Centroamérica, aunque no está claro si esta dispersión fue natural o facilitada por la intervención humana. A lo largo de su esparcimiento, el cacao evolucionó en los tres principales tipos genéticos conocidos hoy en día: Criollo, Forastero y Trinitario, como

mencionan Von Linné (1797) en su libro “*Species Plantarum 2*” al igual que Batista (2009) en “*El Cultivo de Cacao*”. Este cultivo es esencial en la agricultura y es la materia prima fundamental para la producción de chocolates, según señala Aprotosoai (2016).

2.2.1.1. Plantas del género *Theobroma*

El género *Theobroma*, comprende 22 especies a nivel mundial. Estas especies tienen su hábitat principalmente en bosques húmedos de la Amazonía, según lo señalado por Rondón et al. (2005), y se distribuyen a lo largo de toda la región como indica la FAO (1996). En la misma publicación de la FAO “*Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía, 1996*” se añade que, dentro de estas especies, algunas son notablemente importantes desde el punto de vista económico, como *T. cacao* (cacao), *T. grandiflorum* (cupuassu – cacao blanco o amazónico), *T. speciosum* (cacao silvestre), *T. sylvestre* (cacao natural) y *T. bicolor* (macambo), según lo mencionado. Entre ellas, *T. cacao* destaca como la más relevante y predominante en el mercado, siendo utilizada no solo en la industria alimentaria, sino también en la farmacéutica y cosmética.

2.2.1.2. Descripción botánica del cacao

Von Linné (1797) *Species Plantarum 2* hace mención del árbol de *Theobroma cacao* e indica que generalmente alcanza entre 4 y 7 metros de altura en condiciones de cultivo, aunque el cacao silvestre puede crecer hasta 20 metros o más. Crece en ambientes consistentemente húmedos, con temperaturas diarias promedio entre 20 y 30 °C mínimas no inferiores a 16°C y variaciones térmicas mínimas. Requiere precipitaciones anuales de 1300 a 2800 mm y suelos profundos, fértiles y bien drenados, además de una sombra adecuada (mínimo del 32%) para protegerlo de la exposición directa al sol y la evaporación.

El fruto de esta especie, conocido como cacao, es una baya grande, carnosa, de forma oblonga u ovada, que puede ser de color amarillo o púrpura, con dimensiones que oscilan entre 15 y 30 cm de longitud por 7 a 10 cm de grosor. Posee una punta puntiaguda y surcos longitudinales. Cada fruto generalmente contiene entre 30 y 40 semillas dispuestas axialmente, incrustadas en una masa de pulpa, según la misma fuente, mencionada anteriormente.

Las semillas de cacao son de gran tamaño, comparables al de una almendra, y tienen un color que va del marrón a púrpura, con una longitud de aproximadamente 3 cm y un sabor amargo. Están envueltas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor agridulce. Prácticamente todo el volumen de la semilla interior está ocupado por los dos cotiledones del embrión, que son conocidos como granos de cacao, tal como describe Von Linné (1797).

2.2.1.3. Clasificación del cacao

El cacao se puede clasificar en tres cultivares principales: Criollo, Forastero y Trinitario. Sin embargo, en diversas literaturas sobre cacao en grano, es común encontrar nombres diferentes, que pueden depender de su origen, nombre comercial, variedades locales y otros factores, según lo señala Saltini et al. (2013). Además de esta clasificación, el cacao también puede categorizarse según el proceso de fermentación y secado, la región de cultivo, el contenido de grasa y otros factores.

- Criollo: Este cultivar ha sido cultivado desde tiempos prehistóricos en América Central, aunque actualmente es bastante raro. Los árboles Criollo se encuentran principalmente en América Central, Venezuela, Madagascar, Sri Lanka y Samoa, como indican Aprotosoai et al (2016).

- Forastero: Originario típicamente de la región amazónica. Los cultivares de Forastero incluyen dos subgrupos: Amelonado y Amazonas. Estos se dividen en bajo y alto Amazonas según su procedencia, como detallan Saltini et al. (2013).
- Trinitario: Este cultivar es un híbrido originado por el cruce entre Criollo y Forastero Amelonado. También se le conoce con otros nombres como cacao fino, cacao sabor y cacao híbrido, dependiendo de la proporción de genes criollo o forastero que contenga Saltini et al. (2013).

Aprotosoai et al (2016) indican que los granos de cacao Criollo y Trinitario son clasificados como cacao fino o de aroma (CFOA) debido a sus características aromáticas, que incluyen suaves notas frutales; pasas; florales; especiadas; de nuez; melaza y caramelo. Son utilizados en la fabricación de chocolate oscuro y representan aproximadamente del 5 al 10 por ciento del mercado mundial de cacao. Además, Fowler (2017) destacan que el cacao fino o de aroma que se produce en el Perú tiene características distintivas que las hace únicas en cuanto a color y sabor se refiere, ya que cuenta con tonos marrones; frutales; ácidos y de nuez.

2.2.1.4. Producción Internacional

El estudio de Arvelo Sánchez et al. (2017) “*Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América*” señala que la producción mundial de cacao alcanza más de 4 000 000 (cuatro millones) de toneladas métricas (TM) de granos de cacao, y cinco países, entre ellos Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria y Camerún, son responsables del 84 por ciento de esta producción a nivel global. Por lo tanto, África es el continente que lidera en este aspecto, contribuyendo con el 73 por ciento de la producción mundial y el 64 por ciento del área total cultivada con cacao. Por otro lado, los países de América representan el 17 por ciento de la

producción mundial y del área sembrada, mientras que Asia y Oceanía aportan el 10 por ciento de la producción y el 19 por ciento del área cultivada. Este mismo estudio evidencia que existen al menos cinco millones y medio de productores de cacao, con una población superior a los 350 000 cacaoteros en América Latina y el Caribe. El 95 por ciento de la producción mundial de cacao proviene de la agricultura familiar, caracterizada por pequeños productores que trabajan en fincas de pequeño tamaño, con bajos niveles de inversión e infraestructura limitada. En estos casos, el trabajo recae principalmente en los miembros de la familia, y por ende el ingreso familiar depende en gran medida del cultivo del cacao. Un ejemplo destacado es Brasil, donde en el estado de Bahía, alrededor del 62 por ciento de los productores son agricultores familiares.

2.2.1.5. Producción en el Perú

El Perú (al igual que los demás productores de cacao en Latinoamérica incluyendo a Centroamérica) cuenta con una gran variedad de plantaciones. Estas variedades se cultivan en diferentes regiones del país y presentan características únicas. Por lo que García Carrión (2010) establece un manual de cultivares de cacao donde los clasifica mediante descriptores de identidad, morfológicos, agronómicos e industriales. Entre los cultivares identificados se encuentran el Trinitario, Criollo y Amazónico, además de cruces cultivados en diversos valles, como el Huallaga, Marañón, Urubamba, Ucayali y Piura, entre otros. En este manual, el autor utiliza el término "varietal" para referirse al nombre original del clon, raza o ecotipo, que se le asigna a una institución, generalmente mediante un término alfanumérico, como por ejemplo ICS 1 (Imperial College Selection 1). Su perfil sensorial revela un suave aroma ácido a cacao y color café medio, sabor a frutos maduros, con notas a chocolate, acidez media sostenida y toques bajos de nuez, según indican Perea V. et al. (2013)

En nuestro país, la producción de cacao se ve influenciada principalmente por factores climáticos, como el Fenómeno del Niño, sequías y la presencia de plagas como el brote de Podredumbre Negra, lo que provoca una variabilidad en el precio y la calidad del cacao en cada cosecha. Según el informe (International Cocoa Organization (ICCO), 2017) Organización Internacional del Cacao (ICCO), tanto la oferta como la demanda mundial de cacao han experimentado un crecimiento anual promedio del 2,5% durante los últimos 50 años. Durante los períodos de 2014 - 2015, los precios internacionales medios del cacao aumentaron un 10% respecto a la campaña anterior, situándose en una media de DEG 2.156 (US\$ 3.057) por tonelada durante la campaña cacaotera 2014/2015, y en una media de DEG 1.959 (US\$ 3.009) en 2013/2014 International Cocoa Organization (ICCO, 2017). A pesar de estas dificultades, Perú ocupa el tercer lugar en producción general de cacao en el continente americano, después de Ecuador y Brasil. Según información del año 2018, su producción fue de 135 258 toneladas, con las regiones de San Martín y Junín destacándose como las de mayor producción, representando el 43,1% y el 19,7% respectivamente MINAGRI (2019).

Tabla 1.

Producción nacional de cacao en el Perú.

Posición	Región	Años		
		2014	2015	2016
1	San Martín	46.9	46.0	43.1
2	Cusco	12.8	8.9	9.9
3	Ayacucho	6.0	5.4	5.0
4	Junín	15.2	16.6	19.7
5	Amazonas	5.8	5.1	3.9
6	Huánuco	4.5	5.7	6.0
7	Cajamarca	1.2	1.0	0.8
8	Ucayali	3.6	7.2	7.9
9	Otros	4.0	4.0	3.6

10	TOTAL	100	100	100
----	--------------	-----	-----	-----

Nota. En la (tabla 1), se muestra la participación expresada (en nivel de porcentaje) a las regiones productoras a nivel nacional de cacao en el Perú. Fuente: Adaptado de (MINAGRI, 2019).

El Perú ha sido reconocido desde el principio como un país productor de cacao fino o de aroma (CFOA) por la Organización Internacional del Cacao (siglas en inglés ICCO) y ocupa el tercer lugar en el mundo como productor de este tipo de cacao, después de Ecuador y México, según señala Romero (2016). El país cuenta con 11 regiones que albergan a 67 productores de CFOA, distribuidos en lugares como Junín (San Martín de Pangoa), Ucayali (Raimondi), Amazonas (Peca Cajaruro), Tumbes (Aguas Verdes), Huánuco (Naranjillo), Iquitos (Nauta), San Martín (Pajarillo), Cusco (Villa Virgen), Ayacucho (Santa Rosa), Piura (San Juan de Bigote) y Pasco (Puerto Bermúdez), según Vargas (2017).

La cosecha de los frutos de cacao se lleva a cabo durante todo el año, pero los volúmenes más valiosos de producción se registran entre los meses de abril y agosto, con índices altos en mayo, junio y julio, especialmente en las regiones de San Martín, Junín, Ayacucho, Piura y Huánuco. Otras regiones como Cusco, Cajamarca y Amazonas presentan una producción más regular a lo largo del año Romero (2016).

En el Perú, existen dos principales métodos de acopio de cacao:

- A través de acopiadores locales, que trabajan para grandes empresas agroindustriales, las cuales transforman el cacao para su posterior venta en el mercado nacional e internacional. Por lo general, en este proceso no se distingue la calidad de los granos, como el porcentaje de humedad, grado de fermentación, impurezas, etc., lo que mantiene los precios estables por lo que se puede decir que

esta actividad limita la conformidad de los productores y no incentiva a los agricultores a mejorar la calidad de su producto.

- A través de cooperativas o asociaciones de productores, que optan por participar en el mercado mediante rutas de comercialización directa para el cacao y sus derivados, generalmente destinados al mercado internacional. La participación en estas cooperativas puede ayudar a los agricultores a obtener mejores precios y promover la mejora de la calidad del cacao.

Tabla 2.

Lista de asociados registrados en las cooperativas nacionales hasta el año 2017.

ORGANIZACIÓN	SIGLA	REGIÓN
Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes	ARPROCAT	Tumbes
Asociación de Pequeños Productores de Cacao de Piura	APROCAP	Piura
Cooperativa Agraria Norandino	CAN	Piura
Asociación de Productores Cacaoteros y Cafetaleros del Amazonas	APROCAM	Amazonas
Central de Productores Agropecuarios de Amazonas	CEPROAA	Amazonas
Cooperativa Agraria Cafetalera La Palma	LA PALMA	Amazonas
Asociación distrital de productores agropecuarios frontera del Chinchipe	CHINCHIPE	Cajamarca
Cooperativa Agraria Cafetalera y de Servicios Oro Verde	ORO VERDE	San Martín
Cooperativa Agroindustrial Tocache	CAT	San Martín
Cooperativa Agroindustrial ASPROC – NBT	ASPROC – NBT	San Martín
Cooperativa Agraria Cacaotera Acopagro	ACOPAGRO	San Martín
Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo	COOPAIN	Huánuco
Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga	CAI HUANUCO	Huánuco
Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria	CAC DIVISORIA	Huánuco
Asociación de Productores Agropecuarios San Cristóbal	APASC	Pasco
Cooperativa Agraria Cafetalera Satipo	CAC SATIPO	Junín
Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa	CAC PANGOA	Junín

Asociación de Productores KEMITO-ENE	KEMITO-ENE	Junín
Central de Organizadores Productoras de Café y Cacao del Perú	CAFÉ PERÚ	Lima
Comité Central de Productores Agropecuarios de San Alejandro	COCEPASA	Ucayali
Cooperativa Agraria de Cacaoteros de Campos Verdes	CAMPOS VERDES	Ucayali
Cooperativa Agraria Cafetalera El Quinacho	EL QUINACHO	Ayacucho
Cooperativa Agraria Cafetalera Valle Río Apurímac	CACVRA	Ayacucho
Cooperativa Agraria San Gabán	CASG	Puno
Cooperativa Agraria Cafetalera Alto Urubamba	CAC ALTO URUBAMBA	Cusco
Asociación de Productores de Cacao de los Valles de Convención y Yanatile	APROCAV	Cusco

Nota. En la (figura 2) se muestra la lista de asociados registrados en las cooperativas nacionales productoras y comercializadoras de cacao. Esta lista es la más actualizada y data del año 2017.

Fuente: Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO, 2019).

2.2.1.6. Propiedades fisicoquímicas y composición del grano de cacao.

- Humedad. La humedad en los granos de cacao fresco suele situarse en torno al 32,50 por ciento (%) y aumenta hasta alcanzar el 46,32 por ciento (%) debido al proceso de fermentación, el cual está asociado a las reacciones inherentes a la biomasa y al hinchamiento del grano. Durante esta etapa, se genera agua en la biomasa, lo que conlleva un aumento subsiguiente en la humedad de acuerdo con los autores Arvelo Sánchez et al. (2017).

Cuando los granos de cacao fermentado son sometidos a secado al sol, la humedad disminuye de manera drástica hasta alcanzar un nivel de aproximadamente 6,68 por ciento (%). Este nivel de humedad es óptimo para el almacenamiento, ya que su propósito es completar el proceso de beneficio (deteniendo la fermentación) y eliminar la humedad del grano, la cual al final de la fermentación se estima entre el 45 y el 60 por ciento (%), descendiendo luego a valores que oscilan entre el 7 y el

8 por ciento (%) debido al secado, dado que la presencia de agua es inevitable. Un porcentaje mayor puede fomentar el crecimiento de mohos, mientras que uno menor resultaría en almendras demasiado frágiles y fácilmente quebradizas, lo que disminuiría la eficiencia durante el procesamiento al que se desea someter.

Dado que durante el secado continúan ocurriendo procesos bioquímicos de naturaleza enzimática, necesarios para la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma deseables en el cacao de alta calidad, este proceso debe llevarse a cabo de manera gradual, ya que un secado deficiente puede deteriorarlo. Si las almendras se secan demasiado rápido, la cutícula externa se seca primero, mientras que internamente quedan húmedas, presentando una apariencia arrugada y un mayor nivel de acidez, lo que reduce su valor comercial, tal como mencionan los autores Jinap et al. (1994).

- pH y Acidez. Durante el proceso de fermentación, las reacciones microbiológicas que tienen lugar sobre los azúcares presentes en el mucílago generan niveles elevados de ácido acético según Voight et al. (1993) el cual es el ácido predominante en las almendras y el responsable de su acidificación. Además, se llevan a cabo procesos proteolíticos dentro de los cotiledones durante la fermentación Böle et al. (1989). En su estudio titulado “*Impacto del tiempo de secado, profundidad del grano y temperatura en los niveles de aminoácidos libres, péptido-N, concentraciones de azúcar y pirazina en granos de cacao de Malasia*”, Hashim et al. (1999) destacaron que el propósito del proceso de secado es finalizar la etapa oxidativa que comienza durante la fermentación, y que desempeña un papel crucial en la disminución de la astringencia, el amargor y la acidez de las almendras

de cacao. Jinap et al. (1990) también sugirieron que las concentraciones notables de ácidos residuales detectadas en los productos derivados de los granos podrían originarse a partir de las concentraciones iniciales elevadas presentes en las almendras tratadas. Además, realizaron una evaluación del impacto del proceso de tostado en el pH y la acidez de granos de cacao procesados comercialmente procedentes de 13 países diferentes. Sus hallazgos indicaron que un tostado prolongado conlleva una reducción en la fracción de ácidos volátiles, con un ligero aumento en el pH.

- Fibra. Además de los polifenoles, el cacao natural contiene otro componente nutricionalmente relevante: la fibra dietética Lecumberria et al. (2007). En su estado sin procesar, la semilla de cacao, que consiste principalmente en fibra insoluble, representa entre el 5 y el 20 por ciento (%) del peso total de la semilla, y solo alrededor del 4 por ciento (%) de este valor corresponde al contenido de fibra conforme señala Álvarez et al., (2010). Sin embargo, durante el procesamiento de las semillas, parte de esta fibra se pierde, lo que resulta en un contenido promedio de fibra más bajo en los productos derivados, como el cacao en polvo o el chocolate, que oscila entre el 1 y el 9 por ciento (%). Por lo tanto, solo algunos de los productos derivados del cacao constituyen una buena fuente de fibra.
- Proteínas. Según De Brito et al. (2000), se han identificado estudios recientes que evidencian alteraciones o modificaciones en los elementos a nivel estructural dentro de los cotiledones de cacao durante el proceso de fermentación. Estos cambios van acompañados de una serie de alteraciones subcelulares significativas en las reacciones químicas que también tienen lugar durante el secado y el tostado de los

granos de cacao. Además, Álvarez C. (1998) indica que las proteínas presentes en los granos de cacao, que constituyen alrededor del 12 por ciento (%) del total, generan, durante el proceso de tostado, compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos libres, amonio, aminas, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos metílicos, dimetilsulfuros, entre otros. Estas sustancias participan en la formación de los característicos compuestos aromáticos presentes en el cacao tostado.

- Contenido lipídico y ácidos grasos. La fracción lipídica del cacao, denominada manteca de cacao constituye un componente esencial que determina en gran medida las propiedades sensoriales del producto. Su valor económico, generalmente superior al de otras fracciones del cotiledón, responde a las exigencias del mercado (Manual de Productos Básicos, 1991), En promedio, los granos descascarados de diferentes variedades presentan un contenido de grasa cruda entre 53 % y 56 %, siendo el valor óptimo entre 56 % y 57 % en base seca.

La composición de ácidos grasos se ve fuertemente influida por el proceso de fermentación. Durante esta etapa, los microorganismos no solo consumen nutrientes disponibles, sino que también modifican compuestos a través de procesos de oxidación, afectando incluso al embrión y generando subproductos como dióxido de carbono y agua Hansen et al. (1999). En los granos tostados, los ácidos grasos saturados predominan sobre los insaturados, una característica común en esta matriz lipídica Sotelo et al. (1990). Durante la fermentación, también se generan ácidos grasos volátiles de cadena corta debido al nivel de aireación de la masa, con reacciones bioquímicas comparables a las que afectan a polifenoles y proteínas Jinap et al. (1994). Los triglicéridos de la manteca de cacao están

compuestos principalmente por ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) y por insaturados (oleico y el linoleico), presentes mayoritariamente en formas monoinsaturadas como POP, POS y SOS, donde P, O y S representan a los ácidos palmítico, oleico y esteárico, respectivamente Chaiseri et al. (1989). Estos triglicéridos están estrechamente vinculados a la firmeza del producto, dada la alta proporción de ácidos grasos saturados Lehrian (1980). Específicamente, el ácido esteárico (C18:0) representa alrededor del 35 %, el ácido palmítico (C16:0) aproximadamente un 25 % y el ácido oleico (C18:1) otro 35 %. La fracción lipídica también contiene pequeñas cantidades de ácido linoleico (C18:2), cerca del 3 %. Complementariamente, los granos de cacao incluyen entre un 2 % y un 5 % de agua, 11 % a 16 % de proteínas, 6 % a 9 % de carbohidratos, 2,6 % a 4,2 % de minerales y 2,1 % a 3,2 % de fibra.

Es importante resaltar que la composición de los granos de cacao depende de la variedad, origen geográfico, grado de madurez, calidad de fermentación y el secado.

- A1: Varietal Colección Castro Naranjal 51 (CCN 51) San Martín, Uchiza. Primera cosecha.
- A2: Varietal Imperial College Selection 6 (ICS 6) San Martín, Uchiza. Primera cosecha.
- B: Varietal Colección Castro Naranjal 51 (CCN 51) Ucayali, Coronel Portillo
- C: Varietal que pertenece a una muestra internacional cuyo origen es de Camerún, para ejemplo comparativo.

- D1: Varietal Colección Castro Naranjal 51 (CCN 51) San Martín, Uchiza. Segunda cosecha.
- D2: Varietal Imperial College Selection 6 (ICS 6) San Martín, Uchiza. Segunda cosecha.

Tabla 3.

Composición de los granos de cacao fermentado y seco.

Componente	Porcentaje					
	A (1)	A (2)	B	C	D (1)	D (2)
Humedad	6,0 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,4 ± 0,0	5,9 ± 0,6	-	-
Proteína cruda	14,2 ± 0,3	15,6 ± 0,3	13,4 ± 0,0	19,9 ± 0,3	15,2 ± 0,2	16,2 ± 0,1
Grasa cruda	47,3 ± 0,2	45,3 ± 0,5	48,6 ± 0,1	41,2 ± 0,8	45,1 ± 0,4	44,8 ± 0,1
Ceniza	2,2 ± 0,2	2,4 ± 0,1	3,6 ± 0,0	7,3 ± 0,4	2,9 ± 0,1	3,3 ± 0,0
Fibra cruda	5,7 ± 0,2	7,1 ± 0,3	4,8 ± 0,1	-	9,2 ± 0,0	9,4 ± 0,0
Carbohidratos	30,2 ± 0,3	31,2 ± 0,4	29,1 ± 0,2	27,7 ± 0,1	36,8 ± 0,1	35,8 ± 0,1

Nota. En la (tabla 3) se muestra la composición de los granos de cacao fermentado y seco de algunas variedades. Fuente: (Aldave Palacios, 2016) y (Rivera García, 2018).

Adicionalmente, Aldave Palacios (2016) llevó a cabo un estudio sobre el tratamiento térmico del tostado de dos tipos de granos de cacao, el primero en mención es el CCN 51 cuyo origen histórico es en el país de Ecuador y que cuenta con un contenido de grasa del $59,6 \pm 0,45$ por ciento, con un 34,6 por ciento de ácidos grasos insaturados (ácido oleico C:18:1 y ácido linoleico C:18:2); y el segundo el ICS 6 obtenido de un cultivar de Perú, a temperaturas de 120 y 130 °C durante 40 y 50 minutos en un tostador rotatorio, y no encontró diferencias significativas en la composición de ácidos grasos con respecto al tratamiento térmico.

Por otro lado, es relevante destacar que los granos de cacao presentan una composición fitoquímica, al igual que otros cultivos, la cual está influenciada por factores genéticos, ambientales, estacionales y por los procesos de transformación. Si bien los granos de cacao

contienen inicialmente entre un 6% y 8% de flavonoides, estos compuestos se ven reducidos o modificados durante el procesamiento. Debido a las variaciones en la composición química entre los distintos tipos de cacao, el contenido de flavan-3-oles en los productos finales puede diferir significativamente, lo que podría explicar las variaciones observadas en su actividad biológica Donovan et al. (2012). El estudio de estos autores también señala que dicha composición fitoquímica tiene efectos relevantes sobre la salud humana, incluyendo la función endotelial y la actividad plaquetaria, así como la actividad antioxidante e inflamatoria, el metabolismo de lipoproteínas y lípidos, la sensibilidad a la insulina, el flujo sanguíneo cerebral y el rendimiento neurocognitivo.

2.2.2. Grasas y Aceites Vegetales

Los aceites y grasas naturales son una mezcla de compuestos, principalmente triacilglicéridos (TAGs), así como de otros componentes minoritarios como diacilglicerol (DAGs), monoacilglicerol (MAGs), ácidos grasos libres, fosfolípidos, glicolípidos y esterol, que se encuentran disueltos en la matriz de TAGs. Los TAGs constituyen aproximadamente el 98% del peso en grasas y aceites, y también se conocen como "triacilglicerol". La distinción entre grasas y aceites se basa en su punto de fusión o en su fluidez a temperatura ambiente. Diversos autores como O'brien (2004); Silva Lannes (2013) y Fontenele Dominguez et al. (2015), mencionan que mientras las grasas o mantecas tienen una apariencia sólida a temperatura ambiente, los aceites son líquidos. El estado físico (sólido o líquido) de las grasas y los aceites depende de la composición de TAGs (cuáles y en qué porcentaje) y de las interacciones entre estas moléculas. Los aceites y grasas con alta concentración de ácidos grasos saturados, como los aceites de palma y coco, tienden a ser semisólidos, mientras que los aceites ricos en ácidos oleico y linoleico, como los de girasol y soya, son líquidos. La elección de grasas en lugar de aceites en la

industria alimentaria se basa principalmente en la estabilidad oxidativa y la capacidad de los TAGs para formar una red tridimensional capaz de retener el aceite líquido, como en el caso de los productos untables como la mantequilla; o aire, como en el caso de los productos aireados (algunos productos de panificación) por ejemplo los bizcochos.

Las materias grasas se clasifican según su origen en: grasa animal o grasa vegetal. Las fuentes principales de aceites y grasas de importancia económica de origen animal incluyen animales marinos y tejido adiposo de bovinos y porcinos, mientras que las fuentes vegetales principales incluyen semillas y frutas como soya, girasol, palma, palmiste, canola, colza, algodón, maní, oliva, coco y cacao De Azevedo Antunes (2001).

Vega Turizo (2004) menciona que los aceites, al igual que las grasas, son triglicéridos de glicerol, también conocido como “glicerina”; “1, 2, 3 propanotriol” o simplemente “propanotriol”. El glicerol puede unir tres radicales de ácidos grasos llamados carboxilatos, que suelen ser diferentes entre sí y pueden ser saturados o insaturados, con longitudes de cadena que van de 12 a 24 carbonos según Rojas Morales et al. (2011). Estas grasas y aceites vegetales se acumulan principalmente en frutas y semillas, junto con almidones y compuestos nitrogenados, nutriendo así al embrión para el desarrollo de las especies vegetales. Aquellos extraídos de semillas oleaginosas y nueces se utilizan principalmente como aceites comestibles. El mismo autor indica que el color amarillo rojizo característico de la mayoría de los aceites naturales se debe a la presencia de diversos pigmentos carotenoides, como se puede notar en el aceite de palma, soya, oliva, seje y maíz, de manera destacada. La mayoría de los pigmentos responsables del color se eliminan durante el refinado de los aceites, junto con las sustancias odoríferas propias de un aceite crudo. Aunque el olor y el sabor deben ser completamente neutros, ciertos productos como el aceite de

oliva y el aceite de ajonjolí virgen conservan sus aromas y sabores característicos, ya que sus propiedades naturales son altamente apreciadas.

La grasa en los alimentos desempeña diversas funciones complejas que dependen del tipo de producto a elaborar. Por ejemplo, influye en la textura, lo que se hace más notorio cuando el producto se vuelve más duro o gomoso debido a una disminución en su contenido graso. También afecta al color, ya sea aportando brillo, opacidad o contribuyendo al pardeamiento. Además, la grasa contribuye al sabor, ya sea como fuente o como portadora de compuestos volátiles. Asimismo, influye en la apariencia, sensación en la boca, aroma y jugosidad de los productos. Incluso, durante el proceso de fritura, la grasa transfiere calor y proporciona sensación de saciedad, así lo indica Pehlivanoğlu et al. (2018).

Sin embargo, la ingesta excesiva de grasas sólidas, que contienen una alta cantidad de ácidos grasos saturados y trans, puede tener efectos negativos en la salud y contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes y enfermedades cardiovasculares, reconocidas cada vez más por los consumidores Mozaffarain et al. (2009). Por esta razón, las recomendaciones nutricionales sugieren reducir el consumo de grasas saturadas y trans y aumentar la ingesta de grasas insaturadas propuesta que plantean los autores Ashkar et al. (2019) en su investigación *“Impacto de diferentes gelificantes de aceite y mecanismos de oleogelación en la lipólisis digestiva de oleogeles de aceite de canola”*.

Conforme a Vieira et al. (2015) y debido a estos cambios en la alimentación actual, la industria alimentaria está implementando diversas estrategias para mejorar el perfil de lípidos en los alimentos. Esto incluye la incorporación de grasas saludables como el aceite de soya, oliva o linaza, entre otros. Sin embargo, este proceso debe ser cuidadosamente controlado para evitar impactos negativos en las características organolépticas finales del producto que se desea elaborar.

Actualmente, muchos alimentos incorporan grasas sólidas con un alto contenido de ácidos grasos saturados (AGS) y trans (AGT) en su formulación. Estas grasas sólidas son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria debido a sus propiedades tecnológicas y porque proporcionan al alimento características muy apreciadas por los consumidores, como textura, consistencia, sabor y aroma agradables, así como un alargue a la vida útil del producto donde se formula de acuerdo a la investigación hecha por Karabulu et al. (2003), esto hace que sea muy difícil reducir o eliminarlas de la formulación de los alimentos, sin embargo, como se mencionó anteriormente, el consumo de este tipo de grasas puede estar asociado a problemas de salud trayendo consigo enfermedades, en este contexto, la FDA (Food and Drug Administration) y otros organismos reguladores de alimentos exigen una adecuada información nutricional sobre el contenido de ácidos grasos en los mismos, con el fin de promover un consumo responsable de grasas saturadas y trans, promoviendo y favoreciendo una alimentación más saludable (ANMAT, 2014).

Por otro lado, la sociedad actual demanda cada vez más alimentos nuevos y sostenibles, con características organolépticas y vida útil óptimas. Una estrategia para abordar estas necesidades son el diseño y/o reformulación de alimentos, mediante la sustitución de las grasas ricas en AGS y AGT por grasas de alta calidad nutricional, capaces de replicar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que ofrecen las grasas plásticas o grasas sólidas Puscas et al. (2020).

2.2.2.1. Propiedades de las grasas y los aceites

Es crucial entender las características de los aceites y grasas para evaluar cómo podrían utilizarse en los diferentes sectores industriales. En la industria alimentaria, esta comprensión nos permite determinar si la grasa tiene las cualidades necesarias y adecuadas para su uso en productos dulces y de confitería; productos de panadería; de conserva; entre otros.

2.2.2.2. Composición en ácidos grasos (TAGs)

- Características de los ácidos grasos. Los TAGs son moléculas compuestas por ácidos grasos que se encuentran esterificados a una molécula de glicerol. La estructura elemental de un ácido graso se caracteriza por una cadena hidrocarbonada hidrofóbica que posee un grupo polar (grupo carboxilo) en uno de sus extremos. Esta cadena puede tener diferentes longitudes y grados de insaturación como indican los autores Fereidoon (2005) y Silva Lannes et al. (2013). La longitud de la cadena de carbono en los ácidos grasos naturales varía entre 4 y 22 átomos, siendo los más frecuentes los que tienen 18 átomos de carbono. Los ácidos grasos con cadenas de 4 a 8 átomos se consideran de cadena corta, de 10 a 14 de cadena mediana, y por encima de estos, de cadena larga.

Tabla 4.

Ácidos grasos naturales y su nomenclatura.

Ácido graso	Nombre común	Fórmula	Longitud de cadena	Fuentes significativas
4:0	Butírico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	corta	grasas lácteas, manteca
6:0	Caprónico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CO}_2\text{H}$	corta	coco, almendra de palma
8:0	Caprílico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$	corta/media	coco, almendra de palma
10:0	Cáprico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CO}_2\text{H}$	media	coco, almendra de palma

12:0	Láurico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	media	coco, almendra de palma
14:0	Mirístico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	media	coco, almendra de palma
16:0	Palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$		semillas de algodón, palma
18:0	Esteárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$		manteca de cacao, sebo
18:1 9c	Oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$		semillas de algodón, oliva, palma, canola
18:2 9c12c	Linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$		maíz, sésamo, soja, girasol
18:3 9c12c15c	^a -linolénico	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$		Linaza
20:0	Araquídico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CO}_2\text{H}$	larga	aceite de maní
22:1 13c	Erúxico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{CO}_2\text{H}$	larga	canola de alto erúxico
20:5 5c8c11c14c17c	EPA	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_5(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	larga	grasas de pescados y animales
22:6 4c7c10c13c16c19c	DHA	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_6\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	larga	grasas de pescados y animales

Nota. En la (tabla 4) se muestra una lista de ácidos grasos conocidos; nombre común; fórmula química; tipo de cadena y la principal fuente de origen natural. Fuente: (Fereidoon, 2005; Silva Lannes & Ignácio, 2013).

En cuanto al grado de insaturación, los ácidos grasos se clasifican en saturados (sin dobles enlaces), monoinsaturados (con un doble enlace), y poliinsaturados (con dos o más dobles enlaces), pudiendo tener hasta tres dobles enlaces como máximo. Los ácidos grasos con un doble enlace pueden presentar configuración cis o trans,

dependiendo de la disposición relativa de los grupos respecto al doble enlace. La mayoría de los ácidos grasos insaturados que se encuentran en la naturaleza, con algunas excepciones, tienen los dobles enlaces en configuración *cis* Kodali et al. (2005). Los ácidos grasos tienen nombres sistemáticos y nombres abreviados, siendo estos últimos los más utilizados. Dos números separados por dos puntos indican la longitud de la cadena y el número de dobles enlaces, respectivamente. Por ejemplo, *C18:1* indica un ácido graso con 18 carbonos y un doble enlace, conocido como ácido oleico. La posición de los dobles enlaces puede indicarse de diversas maneras: mediante la definición explícita de la posición y configuración, o situando los dobles enlaces en relación con el extremo metilo o carboxilo de la cadena. La posición del doble enlace con respecto al extremo metilo se representa como *n-x*, donde *x* es el número de carbonos a partir del extremo metilo. Se conocen más de 1000 ácidos grasos con diversas longitudes de cadena, posiciones, configuraciones y tipos de insaturación, así como una variedad de sustituyentes adicionales a lo largo de la cadena alifática. Sin embargo, solo alrededor de 20 ácidos grasos son comunes en la naturaleza, como se puede observar en la Tabla 3. La mayoría de las grasas y aceites naturales (tanto animales como vegetales) contienen ácidos grasos con longitudes de cadena entre *C12* y *C22*, siendo el *C18* el más predominante en los aceites vegetales. De estos, los ácidos palmítico, oleico y linoleico constituyen aproximadamente el 80% de las grasas y aceites de este tipo. Los ácidos grasos saturados más comunes son el ácido láurico (*C-12:0*), mirístico (*C-14:0*), palmítico (*C-16:0*), esteárico (*C-18:0*), araquídico (*C-20:0*), behénico (*C-22:0*) y lignocérico (*C-24:0*). Los ácidos grasos monoinsaturados más relevantes

son el oleico (C-18:1) y el erúcico (C-22:1). Los ácidos grasos poliinsaturados esenciales incluyen el linoleico (C-18:2) y el linolénico (C-18:3) (Silva Lannes & Ignácio, 2013).

- Grasas trans. Los ácidos grasos trans de origen industrial, comúnmente conocidos como “grasas trans”, han sido definidos por la Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius como “*ácidos grasos insaturados que contienen uno o varios enlaces dobles aislados (no conjugados) en una configuración trans*” (ANMAT, 2014). Aunque los ácidos grasos trans de origen natural tienen una composición química similar, no se consideran trans según la legislación. Las grasas trans industriales se producen durante el proceso de hidrogenación parcial de aceites vegetales, principalmente aceite de palma. Este proceso, que implica catálisis metálica y altas presiones y temperaturas de hidrógeno, transforma los dobles enlaces cis naturales en trans, generando al menos un 15% de isómeros trans, como el ácido elaídico, en el producto hidrogenado resultante, pues así lo mencionan Gilabert Escriva (2002) y (ANMAT, 2014). Según los trabajos de investigación de ambas fuentes, esta modificación de grasas ha sido ampliamente utilizada en la industria debido a sus ventajas, como la mejora de textura, plasticidad, punto de fusión, conservación y estabilidad durante la fritura en una variedad de productos alimenticios, como margarinas, aceites para freír y alimentos procesados como pan, pastelería, galletas, y productos con cobertura de chocolate, entre otros. Al mismo tiempo en la publicación “*Guía de recomendaciones para la pequeña y mediana industria*” (ANMAT, 2014) se añade que además de la hidrogenación, las grasas trans pueden formarse durante la desodorización de los aceites y la fritura a altas

temperaturas con aceites poliinsaturados. aunque en menor medida, generalmente no superando el 2%. La evidencia científica ha relacionado el consumo de grasas trans industriales con alteraciones en el metabolismo lipídico y la inflamación vascular, aumentando el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, renales, muerte súbita cardíaca y diabetes mellitus. Esto se debe al aumento del colesterol LDL o “colesterol malo” en la sangre, que puede provocar el depósito y engrosamiento de las paredes arteriales y venosas, mientras disminuye el colesterol HDL o “colesterol bueno”, reduciendo la capacidad de regular, eliminar y reciclar el colesterol, es por eso que los estudios de la OMS han mostrado que una ingesta diaria de 5 gramos de grasas trans aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares en un 25%, razón por la cual la regulación de la FDA en 2003 obligó a declarar el contenido de grasas trans en etiquetas de alimentos, lo que aceleró la reformulación de productos. Organizaciones como la OMS, OPS, Consejo de Nutrición Danés y Asociación Americana del Corazón recomendaron que el consumo de grasas trans sea inferior al 1% de la ingesta calórica total, y la OMS sugirió eliminarlas completamente o reducir las al mínimo como lo indica el informe *“Aceites saludables y la eliminación de ácidos grasos trans de origen industrial en las Américas. Iniciativa para la prevención de enfermedades crónicas”* realizado por (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2008). Aunque algunos países han legislado para disminuir o eliminar las grasas trans, muchas naciones aún no han tomado medidas regulatorias, lo que ha llevado a una persistente presencia de estas grasas en alimentos y dietas de acuerdo con Ballesteros Vásquez et al. (2012). Asu vez Gilabert Escriva (2002) adiciona

que, en el 2013, la FDA propuso clasificar los aceites parcialmente hidrogenados, la principal fuente de grasas trans artificiales, como no seguros para su uso en alimentos, obligando a los productores a encontrar alternativas sin grasas trans. Este cambio ha llevado a la búsqueda de otras formas de modificar grasas, como la mezcla, fraccionamiento o interesterificación, que no generen grasas trans.

2.2.2.3. Modificación de grasas.

Las grasas de origen animal o vegetal, en su estado natural, poseen características físicas y químicas inherentes que limitan su utilidad en la elaboración de diversos productos alimenticios. Por lo tanto, es necesario modificarlas para obtener grasas alternativas con propiedades físicas y químicas distintas a las de la grasa original. Actualmente, existen varios procesos tecnológicos para llevar a cabo esta modificación, incluyendo métodos físicos como la mezcla de diferentes tipos de grasas y el fraccionamiento térmico, métodos químicos como la hidrogenación y la interesterificación química, y métodos bioquímicos como la interesterificación enzimática, que pueden aplicarse individualmente o en combinación Cohen, et al. (2005). Mediante cualquiera de estos métodos, es posible obtener las propiedades deseadas en una grasa para su uso en productos específicos. La mezcla de grasas es uno de los métodos de modificación de grasas más económicos y, por lo tanto, ampliamente utilizado conforme a Talbot (2014).

Como ejemplo de esta aplicación se puede citar a Jahurul, et al. (2017), que en un trabajo de investigación titulado “*Efecto del almacenamiento acelerado sobre las composiciones químicas de mezclas de fracciones medias de grasa de semilla de mango y aceite de palma como sustitutos de la manteca de cacao*”, estos autores concluyeron que ciertas mezclas de la grasa de la semilla de mango con la fracción media del aceite de palma demostraron ser adecuadas para su uso como

equivalentes a la manteca de cacao, debido a la obtención de propiedades fisicoquímicas similares a las de la manteca de cacao natural.

2.2.2.4.Importancia de las grasas y aceites en la industria alimentaria

Los aceites y grasas desempeñan un papel fundamental en la industria en general, pero su importancia es especialmente destacada en la industria alimentaria, principalmente porque se utilizan como ingredientes en una amplia variedad de productos como helados; pan; tortas; galletas; fideos; chocolates; salchichas; quesos; margarinas; así como en procesos de conservación y fritura; entre otros De Azevedo Antunes (2001). Su extenso uso en formulaciones alimentarias se debe a que estas sustancias grasas poseen propiedades que afectan las características funcionales y sensoriales de los alimentos, proporcionando sabor; color; aroma; textura; consistencia; apariencia y punto de fusión. Además, actúan como agentes para la liberación del sabor de los alimentos, facilitan la transferencia de calor durante la fritura, promueven la aireación de las masas y contribuyen a la sensación de saciedad después de la ingestión como lo indican De Azevedo Antunes (2001) y Gilabert Escriva (2002). Desde una perspectiva nutricional, los aceites y grasas son esenciales en la dieta humana, ya que son una importante fuente de energía, proporcionando alrededor de 9 kcal/g, y contienen ácidos grasos esenciales, así como vitaminas liposolubles que son necesarias para mantener una buena salud.

2.2.2.5.Operaciones Preliminares para la obtención de manteca vegetal de cacao

Antes de proceder con la obtención de la manteca, es necesario realizar una serie de operaciones para garantizar la calidad adecuada y para asegurar la obtención máxima de manteca. De acuerdo con Rojas Morales, et al. (2011), estas operaciones incluyen la limpieza y el descascarillado o pelado de las semillas de cacao, seguido por el troceado y la molienda.

Es importante destacar que las operaciones preliminares variarán según las características iniciales de la materia prima Silva Jaimes, et al. (2013).

- Secado. El proceso de secado representa la etapa principal de transformación del grano y requiere especial atención para preservar su calidad. Los objetivos principales del secado son disminuir la humedad de las semillas a niveles seguros para su almacenamiento y óptimos para su comercialización. La temperatura alcanzada durante el secado determina si se conserva o se reduce la calidad inicial del grano. Por lo tanto, es crucial que el sistema de secado de las semillas oleaginosas opere a una temperatura moderada, preferiblemente por debajo de los 60 °C Casini, et al. (2006). Además, este proceso se puede realizar exponiendo la materia prima al sol, pero para este proceso es fundamental prevenir la contaminación por agentes externos como insectos o moscas.
- Trituración o molienda. La obtención de manteca de una semilla oleaginosa se agiliza considerablemente cuando se somete previamente a trituración. Varios estudios como el realizado por Silva Jaimes, et al. (2013), han demostrado que el contenido graso se encuentra arraigado en numerosas células, y la rotura de estas células puede lograrse mediante una compresión intensa sobre las semillas. A pesar de la trituración o laminación intensa aún quedan células sin romper, lo que dificulta la extracción completa del aceite de la semilla.

2.2.2.6. Métodos de obtención de manteca vegetal de semillas de cacao

- Extracción por disolventes. Es posible iniciar el proceso de obtención de manteca tanto a partir de las semillas oleaginosas como de la torta proteínica residual

obtenida tras el proceso de extracción mecánica, ya que esta última aún contiene un cierto porcentaje de materia grasa que puede ser reducido al mínimo. Si se parte directamente de las semillas, estas deben ser sometidas a una serie de pasos: limpieza, descascarillado y trituración. Posteriormente, se lleva a cabo un proceso de acondicionamiento para homogeneizarlas, seguido de la molienda fina en un molino, lo que facilita una extracción más eficiente de la manteca. Durante este proceso, un disolvente específico como el hexano, arrastra las materias grasas, las cuales son separadas en un evaporador, recuperando simultáneamente el disolvente Rojas Morales, et al. (2011). Añadiendo a la investigación de este autor, este método ofrece ventajas como una alta eficiencia de extracción y rendimientos elevados, además de la obtención de una manteca prácticamente libre de impurezas. Sin embargo, las principales limitaciones de este proceso tecnológico incluyen el uso de un disolvente inflamable y la posible acumulación de restos de este en el producto final. La grasa obtenida directamente de este proceso se conoce como manteca “cruda”, el cual contiene pequeñas cantidades de compuestos naturales no glicéridos. Estos compuestos son eliminados posteriormente para obtener una grasa refinada.

- Extracción mecánica. En el proceso de obtención de manteca de granos mediante métodos mecánicos, la etapa de acondicionamiento juega un papel fundamental. Además, las características de las semillas, como su naturaleza, forma y dimensiones, varían de una especie a otra e incluso dentro de una misma especie, lo que influye en las operaciones tecnológicas del proceso. A diferencia de la extracción química, el proceso mecánico garantiza que la grasa extraída conserve

su identidad original tanto en macro como en micromoléculas. Por esta razón, los aceites vírgenes son objetos de investigación muy importantes tanto para tecnólogos como para expertos en nutrición gracias a la aplicación de este tipo de proceso según Navas Hernández (2010). El mismo autor añade que, después de moler las semillas, el producto resultante se somete a un acondicionador para obtener una mezcla homogénea. Luego, esta mezcla se introduce en una prensa de tornillo, donde se aplica una elevada presión para separar la grasa de la torta proteínica residual. Esta torta puede someterse a un proceso adicional de desgrasado por acción de disolventes para aprovechar el máximo de rendimiento del producto. La grasa obtenida se limpia de impurezas gruesas mediante un tamiz, y el proceso de abrillantamiento y limpieza final se realiza en un filtro, lo que resulta en la obtención de una grasa cruda filtrada.

2.2.3. Pan

Según el Codex Alimentarius, se define al pan como: alimento básico resultante de la mezcla obtenida de harina de trigo, agua, sal y levadura (especialmente la *Saccharomyces Cerevisiae*) quienes en conjunto dan como resultado la formación de la denominada “masa”, la cual es llevada a un proceso de cocción al horno que luego de su posterior enfriamiento se obtiene el producto final que es el pan Mesas, et al. (2002).

Así también, la Norma Técnica Peruana (NTP) de 2004 (INDECOPI, 2004), define al pan como el producto obtenido de la cocción de una masa fermentada hecha principalmente con harina de trigo, agua, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo contener otros ingredientes permitidos. En cuanto a su calidad, debe tener una ligera corteza suave y blanda, una miga blanca, resistente y una estructura uniforme, entre otras características.

El Ministerio de Salud en nuestro país supervisa y regula la formulación, elaboración, venta y comercialización del pan a través de la Resolución Ministerial N°1020-2010/MINSA/Ministerio de Salud (Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, 2011).

Actualmente, hay una diversidad de aproximadamente 315 tipos de pan en el mercado, los cuales cumplen con las regulaciones vigentes, especialmente en la elaboración de los llamados “panes especiales”. Estos panes, como el blanco, integral, de leche, tostado, de molde, rallado, enriquecido, entre otros, se distinguen principalmente por su composición, ya que pueden contener sustancias adicionales para mejorar sus propiedades nutricionales o prolongar su vida útil Gutiérrez Balbuena (2017).

2.2.3.1. Tipos de pan

- a) Pan común. Se denomina así porque en su proceso de elaboración se realiza la "fermentación" de la masa, sin requerir una preparación compleja ni ingredientes sofisticados, aparte de los ingredientes tradicionales Callejo González (2002). Existen dos variantes: el pan bregado o de miga firme que se elabora utilizando rodillos refinadores Hurtado Gonzáles (2016) y el pan de llama o miga suave que, en contraste con el pan bregado, tiene una mayor cantidad de agua en su preparación y generalmente no se utiliza rodillos para aplanar la masa Gutiérrez Arce (2017).
- b) Pan especial. Nombrado así debido a que se incorporan aditivos específicos o coadyuvantes en su composición, tales como: tipo de harina; lácteos; huevos; oleaginosas; productos derivados del cacao; entre otros. Estos panes no contienen sal añadida y están libres de fermentación Ayón Wu (2017). Entre las variedades se incluyen:

- Pan integral. Elaborado con harina integral, conservando así el grano de trigo entero para preservar todos sus nutrientes Ibáñez Escobar (2019).
- Bollo de Viena o francés. Caracterizado por incluir en su composición azúcares, productos lácteos o ambos Estrada Suazo (2016).
- Pan sándwich. Se distingue por tener una corteza suave después de la cocción y por ser moldeado durante el proceso Figueroa Gómez (2016).
- Pan de granos. Elaborado con harina de trigo convencional y otras harinas, que representan más del 50% de su composición. Por lo general, se denominan según la harina de grano adicional utilizada, como pan de centeno, pan de quinua, etc. Murillo Quimís (2018).
- Pan de maíz, pan germinado, pan de camote, entre otros. Pan de maíz, pan germinado, pan de camote, entre otros: Estos panes contienen un porcentaje de harina de alguno de estos ingredientes, diferente a la harina de trigo, lo que justifica su denominación Silva Huilcapi (2018).

2.2.3.2. Composición nutricional del pan.

De acuerdo con las Tablas de Composición de Alimentos el pan presenta la siguiente composición nutricional:

Tabla 5.

Composición nutricional del pan.

Pan blanco (100 g)	
Nutrientes	Cantidad

Calorías	317 kcal
Agua	20.8 g
Grasa total	2.5 g
Proteínas	6.8 g
Carbohidratos totales	69.2 g
Fibra dietaria	2.4 g
Cenizas	0.7 g
Vitamina B1 (Tiamina)	0.08 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.16 mg
Vitamina B3 (Niacina)	1.22 mg
Zinc	0.74 mg
Hierro	0.40 mg
Calcio	13 mg
Fósforo	60 mg

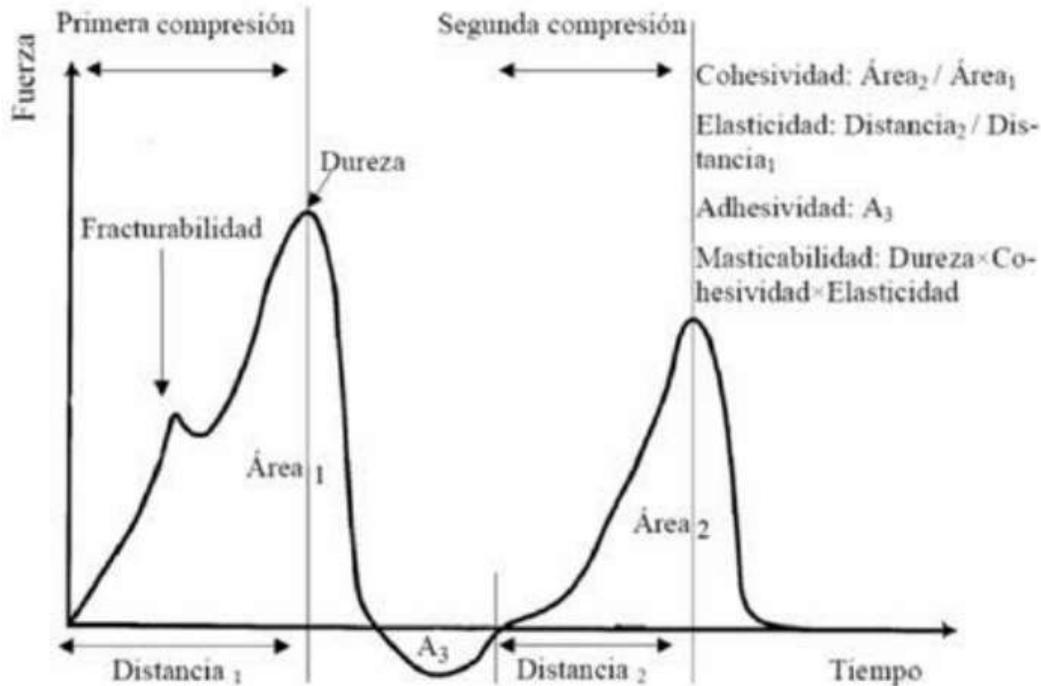
Nota. En la (tabla 5) se detalla la composición nutricional del pan blanco y la cantidad de cada uno de estos nutrientes. En algunas fuentes bibliográficas se puede encontrar la denominación “pan de molde” para referirse al pan blanco, como la fuente tomada para presentar esta información, INS. Fuente: (Ministerio de Salud del Perú - Instituto Nacional de Salud, 2017).

2.2.3.3. Perfil de textura, características fisicoquímicas y especificaciones técnicas del pan

La textura constituye un atributo sensorial esencial que refleja las propiedades mecánicas de un alimento y afecta de forma directa la percepción de frescura y calidad por parte del consumidor. En el caso de un producto alimentario como el pan, para evaluar el perfil de textura se requiere realizar un análisis instrumental en el que se emplea el método denominado Análisis de Perfil de Textura (TPA, por sus siglas en inglés: Texture Profile Analysis), que simula la acción de la masticación mediante dos ciclos de compresión consecutivos utilizando un equipo como el texturómetro.

Figura 1.

Curva ideal de TPA.



Nota. La (figura 1) muestra la curva ideal de un análisis de perfil de textura TPA. Fuente: (Talens Oliag, 2017).

En la (figura 1) se observa el análisis de perfil de textura permite obtener 7 parámetros mecánicos bien correlacionados con la evaluación sensorial, que en concordancia con Szczesniak, (1963) se resalta:

1. Fragilidad o fuerza del primer pico significativo que se obtiene tras la primera compresión.
2. Dureza o fuerza máxima ejercida en el primer ciclo de compresión.
3. Cohesividad o relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión y representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimirla la primera vez antes de que la muestra se rompa.

4. Adhesividad o área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento.
5. Elasticidad o altura que el alimento recupera respecto a la que tenía inicialmente durante el tiempo que transcurre desde que acaba la primera compresión hasta que empieza la segunda.
6. Gomosidad, definida como el producto de dureza por cohesividad.
7. Masticabilidad, definida como el producto de dureza por cohesividad por elasticidad. Refleja la energía necesaria para desintegrar el alimento en la boca.

En conjunto, estos parámetros están estrechamente relacionados con la estructura de la miga, la formación de la red proteica (gluten) y la distribución del gas retenido durante la fermentación Rosell (2001).

Por otro lado, las características fisicoquímicas del pan al igual que el perfil de textura son factores determinantes tanto para su estabilidad durante el almacenamiento como para su aceptación sensorial por parte del consumidor. Entre las características más relevantes se encuentran el contenido de humedad que constituye un parámetro clave, ya que afecta directamente la textura y la vida útil del producto; la acidez titulable y el nivel de pH están estrechamente relacionados con la actividad fermentativa, además de desempeñar un papel importante en la inhibición del crecimiento microbiano; la actividad de agua (a_w) es un indicador crítico de la estabilidad microbiológica del pan durante su almacenamiento y la composición proximal, que incluye proteínas, lípidos, carbohidratos y cenizas.

Conviene aclarar que existe una relación directa entre las propiedades fisicoquímicas y el perfil textural del pan, por ejemplo, una mayor humedad suele correlacionarse con una menor dureza y una mayor elasticidad, mientras que una estructura más densa o con menor capacidad de retención gaseosa tiende a manifestarse como un pan más duro y menos cohesivo. Adicionalmente, el contenido de proteínas, en particular las gluteninas y gliadinas, contribuye a la formación de una red elástica que incide directamente en la capacidad de expansión de la miga y en las propiedades texturales resultantes Martínez, et al. (2016) ya que la gliadina es responsable de la elasticidad de la masa, mientras que la glutenina le otorga la tenacidad, permitiendo que la masa retenga los gases durante la fermentación.

Tabla 6.

Especificaciones técnicas del pan

Producto: Pan de molde	
Parámetro	Límites Máximos Permisibles
Humedad	40 %
Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	0.5 % (base seca)
Cenizas	4.0 % (base seca)

Nota. La (tabla 6), muestra las especificaciones técnicas del pan especificados según la Norma Sanitaria para la Fabricación, elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería, DIGESA. Fuente: (Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, 2011)

2.2.3.4. Procesos de elaboración del pan

Existen tres métodos generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizada y son los siguientes:

- a) Método Directo. Es el menos frecuente y se caracteriza por emplear exclusivamente levadura comercial. Requiere un período de reposo de la masa de alrededor de 45

minutos antes de dividirla. No es adecuado para procesos mecanizados con división automática volumétrica.

- b) Método Mixto. Es el método más utilizado en la elaboración de pan común. Utiliza tanto masa madre (levadura natural) como levadura comercial simultáneamente. Requiere un breve reposo de la masa de solo 10 a 20 minutos antes de la división. Es especialmente recomendable cuando la división de la masa se realiza mediante equipos especializados como divisores volumétricos.
- c) Método Esponja o “poolish”. Método de Esponja o “Poolish”: Este método se utiliza principalmente en la elaboración de pan francés y, sobre todo, en el de pan de molde. Consiste en crear una masa líquida (llamada esponja) con el 30-40% del total de la harina, toda la levadura comercial y una cantidad de agua equivalente al peso de la harina. Después de un reposo de varias horas, se agrega el resto de la harina y el agua, y luego se continúa con el proceso similar al método directo Mesas, et al. (2002).

2.2.4. Parámetros tecnológicos de los ingredientes en el proceso productivo de pan

- a) Harina de trigo. En la producción de pan, la harina de trigo desempeña un papel crucial al proporcionar volumen y estructura. Es fundamental utilizar una harina de alta calidad, ligeramente más clara que la harina pura Wayne (2013). Para garantizar su calidad tanto comercial como tecnológica, se llevan a cabo diversas pruebas, como la medición de humedad, cenizas, contenido de gluten, ensayos en amilógrafo y farinógrafo Brabender, análisis en alveógrafo Chopin, así como pruebas de panificación, entre otras. El contenido de humedad en las harinas

comerciales varía, siendo óptimo un valor entre el 13 y el 15,5 %. En cuanto a las cenizas, se espera un valor del 0,68 % en base seca Ida (2008). El gluten, compuesto por gliadina y glutenina, constituye la fracción insoluble de las proteínas presentes en la harina. La cantidad de agua presente en el gluten húmedo determina la cantidad de agua que se debe agregar durante el proceso de panificación. No es suficiente que una harina contenga un alto porcentaje de gluten; es crucial que este sea firme y equilibrado en términos de elasticidad y extensibilidad Ida (2008).

- b) El agua. El agua, siendo el componente que favorece el desarrollo del gluten en la harina, desempeña un papel vital en la elaboración del pan. Debe ser agua potable, y la cantidad utilizada afectará la estructura de la miga del pan y también influirá en la vida útil del producto. Según Young, et al. (2002), un mayor contenido de agua conlleva a masas más sensibles, lo que requiere el uso de equipos especiales durante el procesamiento.
- c) El agua y su efecto en el pan. El agua es crucial en la formación de la masa y afecta significativamente la reología de esta y del producto final. Aunque las probabilidades de tener problemas con la calidad del agua son mínimas en comparación con otros aspectos del proceso de elaboración (como la calidad de la harina, el tiempo y tipo de fermentación, el amasado, etc.), es importante considerar que existen diferentes tipos de agua, tales como las aguas blandas, que contienen bajos niveles de minerales disueltos (como el agua destilada), pueden debilitar el gluten tornando la masa suave en pegajosa, para lo cual es necesario aumentar el porcentaje de sal en la formulación del pan para poder contrarrestar este efecto negativo. Por otra parte, están las aguas duras, con altos niveles de minerales y que

pueden endurecer el gluten e inhibir la fermentación de la levadura. Por tales motivos, se recomienda utilizar agua potable con una dureza de 150 a 200 ppm para la panificación Córdor Conde (2013).

- d) Levadura. Es el agente leudante que se utiliza en los panes, bollos para la comida, pastelería danesa y productos similares. La levadura es un hongo que produce enzimas para lograr la fermentación necesaria para la elaboración del pan. Algunas de estas enzimas convierten los azúcares complejos (sacarosa y maltosa) en azúcares simples. Otras enzimas cambian los azúcares simples en dióxido de carbono gaseoso y alcohol Wayne (2013).
- e) Sal. La sal desempeña un papel crucial en la panificación, ya que no solo realza los sabores, sino que también fortalece la estructura del gluten, haciéndola más elástica y mejorando la textura del pan. Además, la sal inhibe el crecimiento de la levadura, lo que permite controlar la fermentación y prevenir el crecimiento de levaduras no deseadas Wayne (2013). Sin embargo, es importante usar sal en cantidades adecuadas, ya que su ausencia puede resultar en masas blandas y pegajosas, con un pan donde la miga tiende a desmoronarse. Por otro lado, un exceso de sal puede reducir la capacidad de la levadura e incluso detener la fermentación por completo Ida (2008).
- f) Otros ingredientes funcionales en la elaboración de pan. La Industria Panadera está constantemente buscando mejorar la calidad de sus productos, buscando satisfacer los gustos de los consumidores al incorporar nuevos ingredientes que los hagan más atractivos tanto en términos de sabor como de valor nutricional Ida (2008). El azúcar y los productos lácteos han demostrado tener efectos funcionales específicos

en el proceso de panificación y en la calidad del producto final Young, et al. (2002). La sacarosa, por ejemplo, no solo añade dulzura y sabor al pan, sino que también suaviza y refinan su textura al debilitar parte de la estructura del gluten. Además, contribuye al color y a la retención de humedad en la corteza, mejorando así las características de conservación. Por otro lado, la incorporación de grasas en los productos de panadería mejora su textura al hacerla más suave, añade humedad, realza el sabor y enriquece las características de conservación. La leche, por su parte, es considerada como una alternativa principal para reemplazar el agua en la preparación del pan, ya que la leche fresca contiene un alto porcentaje de agua entre el 88 % y el 91 %, cumpliendo así una función similar. Además, la leche mejora la textura, el sabor, el color de la corteza, las propiedades de conservación y el valor nutricional de los productos de panadería Wayne (2013).

2.2.5. Calidad del pan

La evaluación de la calidad del pan en gran medida depende de evaluaciones subjetivas realizadas por expertos, ya que no existe una medida objetiva estandarizada para las características del pan. En su lugar, se basan en especificaciones y características técnicas establecidas en normas técnicas. Para tratar de estandarizar estos juicios subjetivos, se emplean diversas técnicas de puntuación, conocidas comúnmente como paneles de evaluación Young, et al. (2002). A pesar de esto, hay ciertas características que son determinantes para la calidad del pan, que incluyen:

- a) Humedad. Los niveles de actividad acuosa han sido tradicionalmente empleados como un indicador de la estabilidad de los alimentos en relación con su capacidad para soportar el crecimiento bacteriano, así como para evaluar cambios químicos y bioquímicos y/o transferencias físicas como las migraciones del contenido de

humedad. En la formulación de alimentos, se recurre a la utilización de humectantes como los azúcares invertidos, la dextrosa y diversos jarabes de glucosa para alterar este potencial y por ende la industria panadera no es la excepción Man (2004).

- b) Acidez y pH. La acidez valorable se define como la cuantificación de la cantidad total de ácidos presentes en un alimento Matissek (1998). Algunos ingredientes ácidos, tanto de origen orgánico como inorgánico, tienen propiedades antimicrobianas inherentes. En el caso de los ácidos orgánicos, su capacidad de conservación se debe a sus formas no disociadas, lo que aumenta su eficacia, como es el caso de los ácidos acético, propiónico y benzoico Man (2004).
- c) Crecimiento microbiano. La principal causa de alteración microbiológica en el pan suele ser el crecimiento de mohos, es decir, la proliferación de hongos. Desde que una spora germina hasta que forma una colonia, si las condiciones son propicias, sucede en un lapso de 2 a 3 días. Los mohos son organismos de vida vegetativa y aeróbica, lo que significa que requieren oxígeno para reproducirse. Por lo tanto, es común que los hongos se desarrollen primero en la corteza, que es la parte más expuesta al aire, especialmente cuando el pan se guarda en envases de plástico Tejero (2016). La contaminación del pan por mohos ocurre después de su elaboración, cuando el pan se expone a las esporas de mohos presentes en el ambiente durante su enfriamiento, corte y almacenamiento Young et al. (2002). Al salir del horno, el pan de molde y otros productos de panadería recién hechos no contienen mohos, pero se convierten rápidamente en un medio óptimo para su crecimiento, ya que las esporas presentes en el aire se depositan sobre ellos. El crecimiento microbiano en el pan también puede ser provocado por la reproducción

de bacterias como el Bacillus, lo que se conoce como “encordamiento”, “ahilamiento” o “pan filante”.

2.3. Definición de términos

- a) **Aceite vegetal.** El aceite vegetal es un producto que consiste sobre todo en hidrocarburos saturados, triglicéridos, es decir en ésteres formados por glicerina y ácidos grasos, por lo general es un producto que se obtiene del prensado de semillas de diferentes tipos de plantas combinado con procesos de extracción Vicente Pardal (2012).
- b) **Textura.** Atributo de un alimento que resulta de la combinación de propiedades físicas; mecánicas; geométricas; y de superficie que se detecta a través de los sentidos del tacto y de la vista. Estas propiedades se relacionan con la estructura física del alimento y se manifiestan durante la manipulación, masticación y deglución. La textura puede evaluarse instrumentalmente mediante pruebas físico-mecánicas o sensorialmente a través del juicio de un panel de catadores entrenados. (FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006)
- c) **Sensorial.** Término que se aplica al análisis y evaluación de las características organolépticas de un alimento como: sabor; aroma; textura; color y apariencia mediante los órganos sensoriales: vista; olfato; gusto; tacto y oído Meilgaard, et al. (2006).
- d) **Semillas de cacao.** Se refieren a las semillas secas y fermentadas del árbol de cacao (*Theobroma cacao*), a diferencia de las “semillas de cacao” que son las semillas

inmaduras y que se encuentran dentro del árbol. Estos granos son lo que se recolecta de las vainas del cacao después de que se haya retirado la pulpa alrededor de las semillas Salazar De Paz (2022). Las semillas de cacao tienen un alto contenido de grasa y se utilizan para hacer chocolate y otros productos de cacao.

- e) **Perfil de ácidos grasos.** Composición y comparación de los diferentes ácidos grasos presentes en un producto alimentario o alimento y su influencia en las propiedades organolépticas y nutricionales del mismo Barrado, et al. (2012).
- f) **Propiedades fisicoquímicas.** Conjunto de características y parámetros físicos y químicos que pueden medirse o evaluarse mediante métodos físicos y químicos Salazar De Paz, et al. (2022). Según lo indicado por Rojas Barahona, et al. (2010) *“El conocimiento de las propiedades físicas de los granos y semillas, constituyen información fundamental en ingeniería para adecuar y operar máquinas, diseñar y construir estructuras de almacenamiento, montar sistemas de transporte; además, es fundamental en el diseño de empaques, análisis de calidad y control de procesos”*.

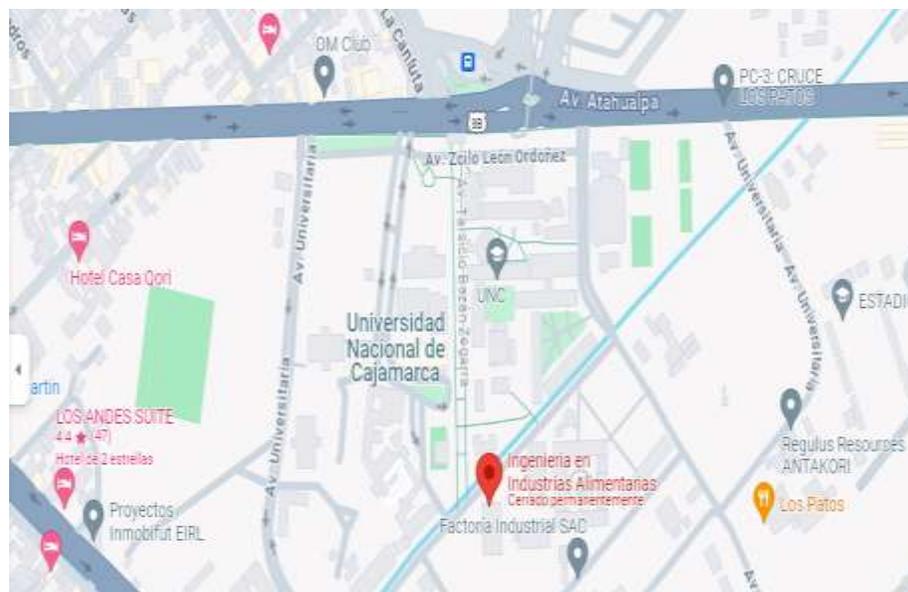
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La parte experimental del presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de frutas y hortalizas de la escuela académico profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca (Av. Atahualpa N.º 1050 en el Km 1,5 de la carretera Baños del Inca - Cajamarca, en la región de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, en el Distrito de Cajamarca) y también en las instalaciones de la Panadería y Pastelería Medina de la ciudad de Cajamarca, ubicada en el Jr. Illimani #220.

Figura 2.

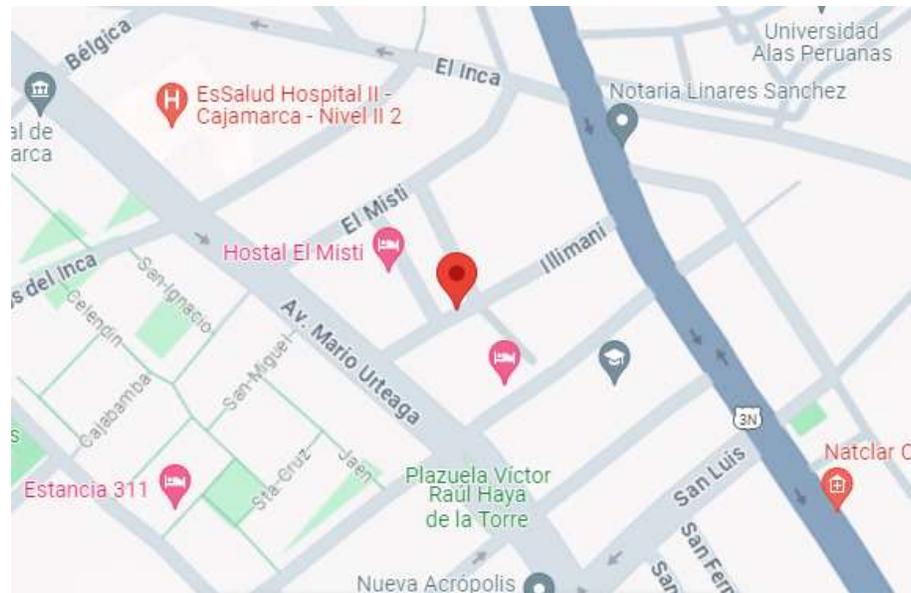
Mapa de ubicación geográfica – Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (UNC – Cajamarca).



Nota. En la (figura 2) se muestra la ubicación geográfica de las instalaciones del laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, lugar donde se llevó a cabo la fase de análisis fisicoquímico de la manteca de cacao. Fuente: (Google Maps, 2025).

Figura 3.

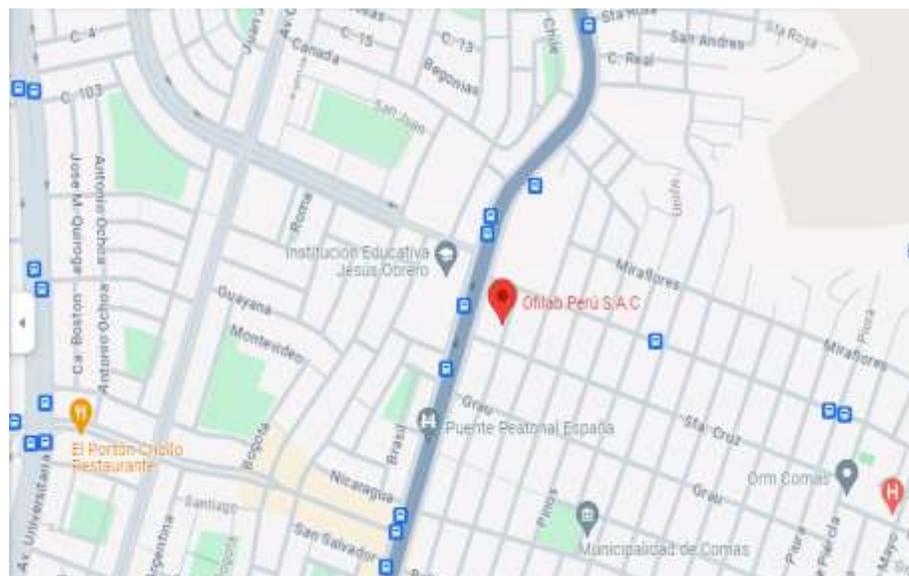
Mapa de ubicación geográfica – Panadería “MEDINA”.



Nota. En la (figura 3) se muestra la ubicación geográfica de las instalaciones de la Panadería “MEDINA”, lugar donde se llevó a cabo la fase de elaboración del pan blanco sustituido con manteca de cacao. Fuente: (Google Maps, 2025).

Figura 4.

Mapa de ubicación geográfica – Ofilab Perú S.A.C.



Nota. En la (figura 4) se muestra la ubicación geográfica de las instalaciones de Ofilab Perú S.A.C lugar donde se llevó a cabo la fase de análisis fisicoquímico del pan blanco sustituido con manteca de cacao. Fuente: (Google Maps, 2025).

3.2. Materiales y equipos

- Manteca de cacao (La Celendinita).
- Harina de trigo (NICOLINI).
- Manteca vegetal comercial (Costa FAMOSA).
- Agua.
- Azúcar (CARTAVIO).
- Sal (MARINA YODADA).
- Levadura (LEVAPAN).
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N (NaOH).
- Fenoltaleína 1%.
- Alcohol 96%.
- Agua destilada no estéril.
- Texturómetro Brookfiel CTX.
- Vernier digital (200 mm/8”- INSIZE).
- Estufa eléctrica de secado Um (Memmert).
- Refractómetro de Abbe analógico (AR4 - KRUSS).

- Balanza digital (YK3208T WH - KAZO).
- Amasadora monofásica (ARMR 15 Kg - ROZAS).
- Divisora de masa semicopa clásica (DSC 30C - ROZAS).
- Horno multifuncional de 2 niveles, 12 bandejas (HMQ_2N12B - ROZAS).
- Vasos de precipitación (100 ml – 50 ml).
- Pipetas (10 ml – 5 ml).
- Placas Petri de vidrio (100x15 mm).
- Bolsas de polietileno – lineal de baja densidad (bolsas ziploc).
- Mandil.
- Protector naso bucal.
- Gorro de cotona.

3.3. Metodología

3.3.1. Variables

- a) Variable independiente.

Concentración de manteca vegetal de cacao en la elaboración de pan blanco a partir de diferentes niveles de sustitución parcial (30 %; 50 % y 70 %) de la manteca comercial.

- b) Variables dependientes.

- Características fisicoquímicas del pan blanco hecho a diferentes concentraciones de manteca de semillas de cacao evaluadas objetivamente en laboratorio: % humedad, elasticidad, dureza, masticabilidad, cohesividad.
- Características sensoriales del pan blanco hecho a diferentes concentraciones de manteca de semillas de cacao evaluadas a través de un análisis de panel sensorial: Olor, color, sabor y textura (sensación en boca).

3.3.2. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo experimental, con un diseño completamente al azar (DCA), de estructura unifactorial de tres tratamientos con cuatro repeticiones, definidos por los niveles de concentración de manteca vegetal de cacao (30 %; 50 % y 70 %). Se evaluó el efecto de esta variable independiente sobre diversas variables dependientes de tipo fisicoquímico (humedad; masticabilidad; dureza; elasticidad y cohesividad) y sensorial (olor; color, sabor y textura-sensación en boca), a fin de determinar el nivel de concentración de manteca más adecuado para la elaboración de pan blanco.

Se utilizará el método de análisis de Kruskal-Wallis para realizar comparaciones múltiples a los grupos independientes.

3.3.3. Tamaño de unidad experimental.

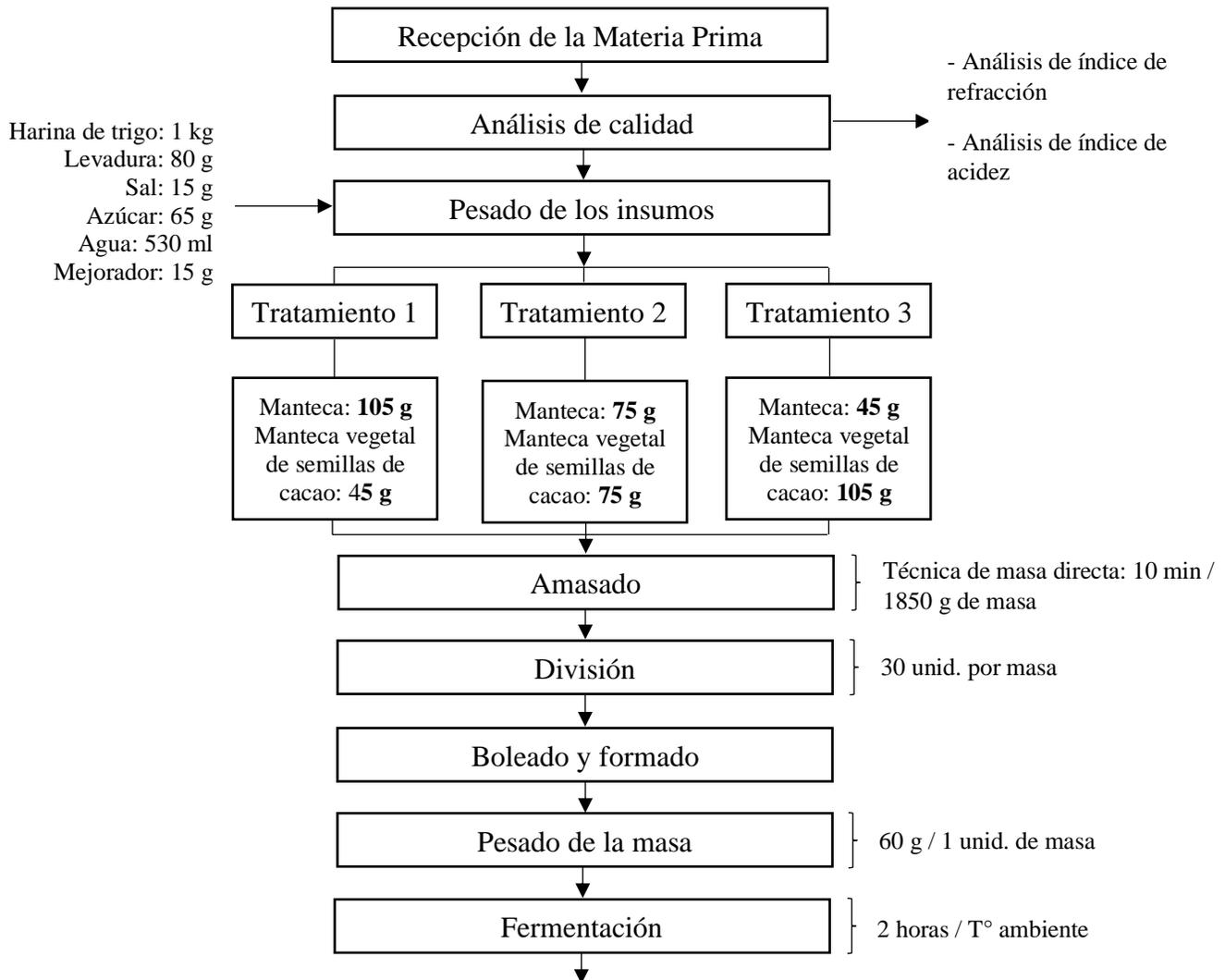
El tamaño de la unidad experimental fue de 180 unidades de pan blanco; los que fueron distribuidos de la siguiente manera: 60 unidades hechas con la formulación 1 (70 % manteca/ 30 % manteca vegetal de cacao); 60 unidades hechas con la formulación 2 (50 % manteca/ 50 % manteca vegetal de cacao) y 60 unidades hechas con la formulación 3 (30 % manteca/ 70 % manteca vegetal de cacao). Cada 60 unidades por cada tratamiento estuvieron distribuidas de tal

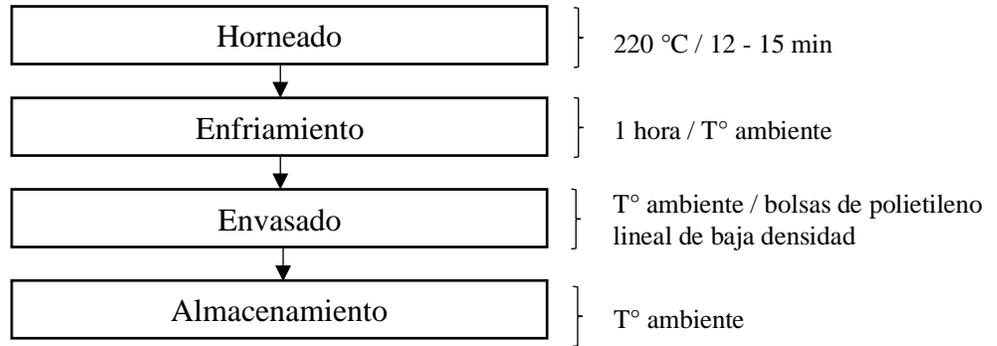
manera que; 30 unidades fueron evaluadas fisicoquímicamente y 30 unidades fueron evaluadas sensorialmente.

3.3.4. Flujograma de elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

Figura 5.

Diagrama de flujo – elaboración de pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.





Nota. En la (figura 5) se muestra el diagrama de flujo con las operaciones y parámetros que se siguieron para la elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao. Fuente: Adaptado de Páucar Acuña (2017) y Sonco Zegarra, et al. (2020).

3.3.5. Descripción de operaciones de la elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca de semillas de cacao.

A continuación, se describen las operaciones que comprende el proceso de elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

- a) Recepción de la materia prima. Se recibió la manteca vegetal de semillas de cacao (500 g) y los demás insumos para elaborar nuestro producto en las instalaciones de la Panadería “Medina”. Para asegurar que la materia prima sea y se encuentre en óptimas condiciones de calidad, se procedió a realizar un análisis químico para determinar el índice de refracción e índice de acidez en base a las normativas correspondientes.
- b) Pesado. Haciendo uso de la balanza digital se realizó el pesado de la materia prima y todos los insumos necesarios para la elaboración del pan blanco, esto con la finalidad de cuantificar la cantidad exacta que ingresa al proceso de elaboración. Dentro de los insumos se pesó: 1 kg de harina de trigo; 225 g de manteca; 65 g de

azúcar; 15 g de sal; 80 g de levadura; 15 g de mejorador; 225 g de manteca vegetal de semillas de cacao y 530 ml de agua.

c) Amasado. Antes de realizar el amasado se realizó la formulación de cada uno de los tratamientos, es decir la proporción manteca / manteca vegetal de semillas de cacao en concentraciones de 30, 50 y 70 %. Para los análisis correspondientes, estas sustituciones fueron presentadas como:

- Tratamiento 1 (T1): Sustitución de manteca por manteca vegetal de semillas de cacao a una concentración del 30 %.
- Tratamiento 2 (T2): Sustitución de manteca por manteca vegetal de semillas de cacao a una concentración del 50 %.
- Tratamiento 3 (T3): Sustitución de manteca por manteca vegetal de semillas de cacao a una concentración del 70 %.

Una vez formulado cada tratamiento y pesada la materia prima e insumos, se mezclaron los ingredientes que componen la masa utilizando la técnica de masa directa por 10 min según la NTP 206.004: 2004 INDECOPI (2004) y se trató de asegurar que la mezcla proporcione una masa homogénea y lisa que se desprenda bien de las paredes de la amasadora, consiguiéndose una masa de 1850 g para cada tratamiento.

d) División. Con el fin de conseguir el tamaño deseado del producto y haciendo uso de una divisora de masa, se dividió cada masa obtenida en proporciones individuales (30 unidades por masa) para luego darles la forma adecuada.

- e) Boleado y formado. Se procedió a dar forma a la masa previamente dividida. En este caso la forma escogida fue circular y se realizó con cuidado para asegurar una cocción uniforme de la masa y una forma final adecuada para el pan después de la cocción en horno.
- f) Pesado de las unidades de pan. Ya cuando se tuvieron listas las unidades boleadas y formadas, se realizó el pesado de cada una de ellas para asegurar que contengan el peso adecuado, el cual fue de 60 g por unidad.
- g) Fermentación. Cuando las piezas ya tienen la forma y peso adecuado, las unidades de masa se dejaron en reposo para que se produzca la fermentación a temperatura ambiente durante el tiempo de dos horas. Durante este proceso la levadura actúa sobre los azúcares y almidones de la masa para producir gas de dióxido de carbono y alcohol bajo una atmósfera controlada Páucar Acuña (2017). Al no contar con una cámara de refrigeración necesaria para este proceso, se optó por cubrir las unidades de masa con una bolsa plástica de polietileno para que el aire no afecte ni deteriore la capa externa de la masa y el producto se vea afectado con un mal horneado.
- h) Horneado. Se trasladaron las unidades de masa al interior del horno a gas precalentado a 200 °C, y para la cocción llegó a una temperatura de 220 °C y se realizó la cocción del producto durante 12 - 15 minutos, tiempo en el que el transcurso de los primeros minutos del horneado, el centro del pan consigue un período adicional de expansión Páucar Acuña (2017) y por consiguiente las unidades de pan son cambiadas de posición para asegurar que la expansión y cocción de la masa sea uniforme.

- i) Enfriamiento. Culminado el proceso de horneado, se procedió con el enfriamiento del pan, que se da principalmente por convección al aire, razón por la que esta operación se realizó a temperatura ambiente (°C) por el tiempo de una hora. La etapa en que se desarrolla el enfriado del pan se produce el ablandamiento de la corteza a medida que el pan se va enfriando. Si dicho enfriado se produce en un ambiente muy seco (baja humedad relativa del aire), la pérdida de humedad será más importante que si se produce en un ambiente de alto porcentaje de humedad, debido a la propiedad higroscópica del pan (capacidad del pan para absorber o retener humedad del ambiente). Dicha propiedad permite igualar la presión y humedad presentes en el pan con las del medio ambiente en el cual se encuentra, según Horstmann, et al. (2018). De igual manera, la temperatura del pan disminuye hasta igualarse con la del medio ambiente. Este fenómeno recibe el nombre de rezumado o resudado. La duración de este fenómeno oscila en función del peso y características del pan, así como la temperatura y humedad del medio exterior.
- j) Envasado. Una vez culminado el enfriamiento del pan, se procedió a envasar las unidades a temperatura ambiente en bolsas de polietileno – lineal de baja densidad (bolsas ziploc) para su posterior análisis de textura y evaluación sensorial.

3.3.6. Descripción de los procedimientos experimentales

3.3.6.1. Análisis fisicoquímico de la manteca vegetal de semillas de cacao.

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de la manteca vegetal de las semillas de cacao (materia prima) se realizó con la finalidad de corroborar que es una materia prima óptima y de buena calidad, además de identificar si influyó en la calidad del producto final.

- a) Índice de refracción. La prueba se ejecutó según la NTP 208.025:2021 (INACAL, 2021) utilizando un refractómetro. Por consiguiente, se tomó una muestra de la manteca previamente derretida en baño maría y se colocó sobre el prisma del refractómetro, asegurando que la burbuja de aire esté completamente eliminada y no haya interferencia alguna en la medición. Seguidamente se realizó la lectura medida en el equipo y se registró el índice de refracción (nD) a una temperatura de 40 °C mostrado en la escala del refractómetro. Se repitió el procedimiento 3 veces y para el valor real de la experimentación se tomó el promedio de estas repeticiones, tal y como indica la norma tomada como referencia.
- b) Índice de acidez. Dado el cumplimiento de la NTP 209.005 (INACAL, 2016) en la que se indica que la muestra debe ser líquida y homogénea antes de pesarla, para la experimentación realizada en este trabajo, la manteca de semillas de cacao fue derretida en baño maría y se tomó una muestra líquida de 5 g, al cual se añadió la cantidad específica de 10 g de alcohol y 2 ml de indicador (fenoltaleína 1 % en alcohol de 95 %) y se procedió con la titulación con álcali (Hidróxido de sodio, NaOH) agitando vigorosamente hasta la aparición del primer color rosado permanente de la misma intensidad del que tiene el alcohol neutralizado antes de la adición de la muestra. El color rosado permaneció por espacio de 30 segundos lo que indica que se ha alcanzado el punto de neutralización. La experimentación se repitió 3 veces y se tomó como valor real al promedio de las 3 repeticiones, según lo estipulado en la NTP 209.005. El resultado fue expresado como ácido oleico en porcentaje y para su cálculo requirió la fórmula:

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{\text{ml de alcalí} \times N \times 28.2}{P} \times 100$$

Donde:

- *ml de alcalí*, mililitros de (NaOH) gastados para la titulación de la muestra.
- *N*, normalidad de la solución de (NaOH) utilizada en la titulación de la muestra. (*N* = 0.1)
- 28.2, equivalentes gramos de (NaOH) por gramo de ácido graso.
- *P*, masa de la muestra en g.

Los resultados obtenidos están presentados en la tabla 8.

3.3.6.2. Análisis de humedad del pan blanco elaborado con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

El agua es uno de los constituyentes de los alimentos que determinan, entre otras cosas, el valor calórico del producto y su estabilidad durante el almacenamiento. La humedad es pues, uno de los índices de calidad de un producto y generalmente se utiliza el método del horno para realizar los cálculos y determinar el % de humedad. Este método radica en expulsar térmicamente el agua y consiste en calentar en la estufa una cantidad pesada (en la balanza analítica) de la muestra a una temperatura y durante un tiempo suficiente como para asegurar que la mayor parte de la humedad posible de evaporar se evapore. Al cabo de este período, se deja enfriar la muestra y se pesa nuevamente. El procedimiento anterior de calentamiento se repite hasta que la diferencia entre las dos últimas pesadas sucesivas no sea mayor de unos 5 miligramos, esto se denomina “peso

constante”. Teóricamente el agua ebulle (se evapora) a una temperatura de 100 °C, cuando la presión atmosférica del ambiente es de 0° C (760 mmHg). Al disminuir la presión, la temperatura de ebullición también decrece por debajo de 100 °C, según Durán Vanegas (2010).

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, para determinar el porcentaje de humedad de las muestras de pan correspondientes a los diferentes tratamientos (T1, T2 y T3), se aplicó el método del horno según la metodología establecida por la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC, 1990). Para ello, se tomó una muestra representativa de cada tratamiento, seleccionando cuatro unidades por grupo. Posteriormente, se pesaron 5 g de cada muestra (por separado), los cuales fueron colocados en placas de vidrio y llevados a la estufa a una temperatura entre 105 °C y 110 °C por un tiempo de 5 horas. El proceso de calentamiento y pesado se repitió hasta alcanzar un “peso constante”, tras lo cual se realizó el pesaje final de las muestras secas. El porcentaje de humedad se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(a - b)}{W} \times 100$$

Donde:

- a , peso de la muestra húmeda en g.
- b , peso de la muestra seca en g.
- W , peso total de la muestra en g.

3.3.6.3. Análisis de perfil de textura (TPA) en pruebas de laboratorio del pan blanco elaborado con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

En esta parte del análisis se requirió el uso del texturómetro modelo CTX de la marca AMETEK Brookfield que cuenta con un software incorporado del TexturePro LABOMAT (Instruments & Spécialités, 2024) para realizar las pruebas de evaluación de textura.

Cifuentes Adán (2022) indica que para la realización del análisis de TPA del pan blanco, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos del pan: elasticidad; dureza; masticabilidad y cohesividad

De las 30 unidades de pan blanco, se seleccionaron aleatoriamente 5 unidades de cada tratamiento (T1; T2 y T3), las dimensiones de ancho y altura de cada muestra fueron medidas con un vernier digital y posteriormente tabuladas en el software del texturómetro. A continuación, se colocó la muestra de pan (con un peso aproximado de 40 g) sobre una base estable que permitió que la sonda aplique la fuerza de compresión, logrando así una deformación central de la muestra. La prueba requirió posicionar una sonda cilíndrica que se ubique hasta una distancia específica de la muestra para después comprimirla y se mida la fuerza ejercida tras un tiempo determinado. Se realizaron pruebas preliminares para determinar la celda de carga adecuada a utilizar, optándose por una celda cilíndrica de 5000 g que ejerció la compresión sobre la muestra. El comportamiento y la resistencia de las muestras se midieron 4 veces para cada tratamiento y se expresaron en unidades de fuerza (Newtons o gramos), siendo registradas a través del sistema del texturómetro para su posterior análisis e interpretación de resultados descritos en la tabla 9.

3.3.6.4. Evaluación sensorial del pan blanco elaborado con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

Los requisitos organolépticos del pan blanco se refieren a las características sensoriales que determinan su calidad y aceptación por parte de los consumidores. Estos incluyen atributos

relacionados con la apariencia, el aroma, el sabor y la textura. Dentro de los cuales se destaca lo siguiente según Cutipa Hinostroza (2022):

- Olor. El pan blanco debe tener un aroma característico (fresco y agradable). Si se utiliza algún aditivo que sustituya la elaboración tradicional, el producto deberá contar con un aroma característico o similar al aditivo que se está utilizando.
- Color. Se puede clasificar el color del pan en: color de la corteza y color de la miga. El color de la corteza deberá ser de una tonalidad dorado uniforme, que no esté ni demasiado oscuro (quemado) ni demasiado pálido, mientras que la miga debe ser de un color uniforme que varíe desde blanco a crema, sin manchas o decoloraciones.
- Sabor. En general, el pan blanco tiene un sabor suave y neutro, que lo hace versátil para combinar con una variedad de alimentos. No debe presentar sabores amargos, ácidos o metálicos, que podrían ser indicativos de ingredientes de baja calidad o problemas en el proceso de elaboración.
- Textura (sensación en boca). La corteza debe ser crujiente al momento de masticar, pero no demasiado dura. Debe proporcionar una ligera resistencia al morder, seguida de una textura más suave. Mientras que la miga no debe ser gomosa ni seca, sino por el contrario debe ser suave en la boca (sin ser pegajosa ni grumosa), ligera y esponjosa, con una estructura uniforme de celdas pequeñas a medianas.

La evaluación sensorial del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao se realizó un día después del horneado y se evaluó basándose en una escala hedónica verbal de 4 características sensoriales tales como: olor; color; sabor y textura (sensación en boca), con muestras bien rotuladas y codificadas, entregadas a un grupo de 30 panelistas no

entrenados. En esta prueba los panelistas degustaron una muestra de cada uno de los tratamientos que seguidamente evaluaron utilizando una escala hedónica de 5 puntos y luego completaron la ficha de evaluación sensorial del producto (Ver Anexo 1).

Tabla 7.

Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos.

Característica	Puntaje	Escala de medición	Significado
Olor	1	Me desagrada mucho	Muestra un aroma imperceptible
	2	Me desagrada moderadamente	Aroma ligero no predominante del cacao Aroma
	3	No me agrada ni me desagrada	Se percibe aroma a cacao de alguna manera
	4	Me agrada moderadamente	Muestra un aroma ligero y agradable a cacao
	5	Me agrada	Presencia de un aroma suave y natural a cacao bastante perceptible en contraste con el pan sin sustitución
Color (corteza y miga)	1	Me desagrada mucho	Color de la corteza demasiado oscura y de la miga demasiado pálida
	2	Me desagrada moderadamente	El color presenta algunas tonalidades referentes a las características del pan
	3	No me agrada ni me desagrada	Presenta un color uniforme y homogéneo tanto en la corteza como en la miga
	4	Me agrada moderadamente	La corteza presenta un color marrón ligeramente oscuro y la miga es de color ligeramente amarillenta
	5	Me agrada	El color de la corteza es dorado claro y la miga presenta un color blanco ligeramente amarillento
Sabor	1	Me desagrada mucho	No se percibe el sabor a cacao, además muestra amargor
	2	Me desagrada moderadamente	El sabor a cacao es imperceptible
	3	No me agrada ni me desagrada	Presenta un sabor ligero a cacao casi neutro

Textura (sensación en boca)	4	Me agrada moderadamente	Se percibe el sabor a cacao, ligeramente dulce
	5	Me agrada	Intensidad de sabor a cacao bastante perceptible en la miga del pan, ligeramente dulce
	1	Me desagrada mucho	Presenta dificultad para masticar, demasiado dura
	2	Me desagrada moderadamente	Se presenta una miga seca
	3	No me agrada ni me desagrada	Fácilmente masticable, una resistencia ligera al masticar
	4	Me agrada moderadamente	Textura homogénea y ligera. No densa ni pesada en el paladar
	5	Me agrada	Miga suave, esponjosa y crujiente en el paladar

Nota. En la (tabla 7) se muestra la escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos teniendo una escala de medición que abarca desde me gusta mucho hasta me disgusta mucho, los cuales presentan una puntuación del 1 al 5. Fuente: Adaptado de (Espinosa Manfugás, 2007).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.Resultados del análisis de calidad de la manteca vegetal de semillas de cacao

Tabla 8.

Resultado del análisis de calidad de la manteca vegetal de semillas de cacao.

Análisis	Repetición			Resultado (promedio)
	1°	2°	3°	
Índice de refracción (40 °C)	1.465	1.462	1.463	1.463 ± 0.0015275
Índice de acidez (mg NaOH/g)	1.63	1.58	1.87	1.69 ± 0.155036

Nota: La (tabla 8) muestra los resultados (con desviación estándar) del análisis de calidad aplicado a la manteca de semillas de cacao.

La (tabla 8) muestra que el índice de acidez obtenido fue de 1.69 mg de NaOH/g, luego de realizar las 3 repeticiones del análisis que indica la NTP, misma que muestra que el valor óptimo del índice de acidez de la manteca debe ser de 1.75 g de NaOH/g y que también indica que el índice de acidez representa el contenido de ácidos libres, expresado como % de ácido oleico. Al comparar con los resultados obtenidos, se aprecia que el valor de la experimentación realizada no tiene mucha diferencia, por lo que la manteca de cacao utilizada muestra una estimación que se encuentra dentro de la NTP 209.005 1968.

Así mismo como se aprecia en (tabla 8), el análisis realizado para determinar el índice de refracción de la muestra de manteca de cacao, se obtuvo un valor de 1.463 a 40 °C. Según la literatura técnica y normativa relacionada al CODEX, el índice de refracción de la manteca de cacao de buena calidad debe oscilar entre 1.456 – 1.458 a 40 °C. El resultado obtenido supera

ligeramente el límite establecido, lo que sugiere una posible leve oxidación o envejecimiento de la manteca, ya sea durante su almacenamiento o antes de su uso en la elaboración del pan. Sin embargo, se descarta la presencia de adulteraciones o impurezas, ya que el índice de acidez no muestra indicios de ello.

4.2. Resultados del análisis fisicoquímico y análisis de TPA del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

Tabla 9.

Resultados del análisis fisicoquímico y análisis de TPA del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

PROPIEDAD	PROMEDIO T1- 30%	PROMEDIO T2- 50%	PROMEDIO T3- 70%	CONTROL
Humedad (%)	34.22 ± 0.7876	35.265 ± 0.782	35.395 ± 0.8208	34.44
Elasticidad (mm)	26.76 ± 3.8610	22.28 ± 2.042	19.51 ± 1.3543	24.41
Dureza (g)	333.5 ± 5832	470.63 ± 169.50	598.1 ± 146.387	329.8
Masticabilidad (mJ)	268.07 ± 32.0265	311.88 ± 36.839	395.79 ± 42.0136	257.07
Cohesividad	0.44 ± 0.0191	0.475 ± 0.067	0.483 ± 0.2298	0.45

Nota. En la (tabla 9) se revelan los resultados finales (con desviación estándar) de las respuestas al análisis fisicoquímico y TPA al que se ha sometido el pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao. Estos resultados son los promedios generales que se obtuvieron luego de realizar las cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos.

Szczesniak (1963) propuso una clasificación de la textura de los alimentos que ha sido ampliamente aceptada en el ámbito de la ciencia de los alimentos. Esta clasificación se basa en tres tipos de propiedades: mecánicas, geométricas y de humedad. No obstante, la autora enfatizó que las propiedades mecánicas son fundamentales para la evaluación instrumental de la textura, señalando entre ellas a la dureza; cohesividad; viscosidad; elasticidad; adhesividad y

masticabilidad como las principales determinantes de la percepción textural de los alimentos. Diversos autores como C. Bourne (2002) y Khule, et al. (2024) han validado esta estructura conceptual en investigaciones más recientes, destacando especialmente las propiedades mecánicas como: dureza, cohesividad, elasticidad, adhesividad, viscosidad y masticabilidad por su relevancia en la evaluación instrumental de la textura.

En la presente investigación, las propiedades físicas fueron evaluadas mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA), y los resultados obtenidos en la (tabla 9) muestran que, conforme se incrementó la concentración de manteca vegetal derivada de semillas de cacao en la formulación del pan blanco, se observó un aumento progresivo en los valores de dureza y masticabilidad por lo que se requirió aplicar una mayor carga de fuerza para lograr la deformación de las muestras. Estos hallazgos son consistentes con reportes previos actuales como el de Carlos Puma (2023), donde ha señalado que la incorporación de grasas vegetales puede incrementar la rigidez estructural de los productos de panadería debido a su efecto sobre la matriz de almidón y gluten. En contraste, la cohesividad y el contenido de humedad se mantuvieron entre valores similares a través de los diferentes tratamientos, lo cual sugiere que la capacidad del pan para resistir la desintegración interna no se vio significativamente alterada por la sustitución de manteca. Por otro lado, se evidenció una tendencia decreciente en los valores de elasticidad a medida que aumentaba la concentración de manteca vegetal. La elasticidad, definida como la capacidad del producto para recuperar su forma original tras ser sometido a una fuerza de compresión, disminuye cuando la estructura interna del pan se vuelve más densa y menos resiliente. Pehlivanoğlu, et al. (2018) indican que esta disminución podría atribuirse a la interferencia de la grasa añadida en la formación de la red de gluten, reduciendo así la elasticidad del producto final.

4.2.1. Prueba de normalidad del análisis fisicoquímico y TPA del pan blanco

Tabla 10.

Tabla de normalidad del análisis fisicoquímico del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	G1	Sig.	Estadístico	G1	Sig.
% Humedad	0.140	12	0.000*	0.960	12	0.001
Elasticidad	0.176	12	0.000*	0.908	12	0.001
Dureza	0.130	12	0.000*	0.935	12	0.007
Masticabilidad	0.181	12	0.000*	0.925	12	0.001
Cohesividad	0.96	12	0.000*	0.976	12	0.002

*: Límite inferior de la significación verdadera.

a: Corrección de significación de Lilliefors.

Nota: En la (tabla 10) se muestra la normalidad a través del análisis de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk aplicado a la propiedad fisicoquímica y del TPA del pan blanco.

La (tabla 10) muestra los resultados de las variables fisicoquímicas mediante el uso de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Los resultados obtenidos revelaron que los valores de significancia (Sig.) para todas las variables evaluadas: porcentaje de humedad, elasticidad, dureza, masticabilidad y cohesividad fueron inferiores a 0.05, lo que indica que ninguna de estas variables sigue una distribución normal. Este hallazgo es coherente con la literatura citada de Meilgaard, et al. (2006), quienes sugieren que las propiedades físicas de textura de los productos alimenticios suelen no presentar distribuciones normales debido a la variabilidad inherente en los procesos de fabricación y en las mediciones obtenidas

Los resultados son susceptibles a presentar distribuciones sesgadas o asimétricas, ya que estas características pueden estar influenciadas por diversos factores, como el tipo de ingredientes utilizados, las condiciones de almacenamiento o las variaciones en los procesos de producción

según Stone, et al. (2004). Tales factores pueden incrementar la variabilidad en los datos, lo que resulta en distribuciones no normales. En particular, las diferencias en la textura del pan pueden reflejar variaciones en el proceso de cocción, el tiempo de fermentación o la proporción de ingredientes, y ya que para este estudio se utilizó un ingrediente sustituto en la elaboración se deduce que por esta razón se genera una dispersión significativa en las mediciones.

La utilización de pruebas estadísticas no paramétricas para comparar los resultados obtenidos entre los diferentes tratamientos evaluados asegura que las diferencias observadas sean interpretadas de manera precisa. Además, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis para simplificar el análisis y facilitar la interpretación de estos, sin requerir supuestos de normalidad ni homogeneidad de varianzas.

4.2.2. Análisis de Kruskal-Wallis para la humedad

Tabla 11.

Análisis de Kruskal- Wallis para la humedad del pan blanco.

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada^a (p)
T1 - 30%:	-3.750	2.550	-1.471	0.141	0.424
T2 - 50%:					
T1 - 30%:	-6.750	2.550	-2.648	0.008	0.024
T3 - 70%:					
T2 - 50%:	-3.000	2.550	-1.177	0.239	0.718
T3 - 70%:					

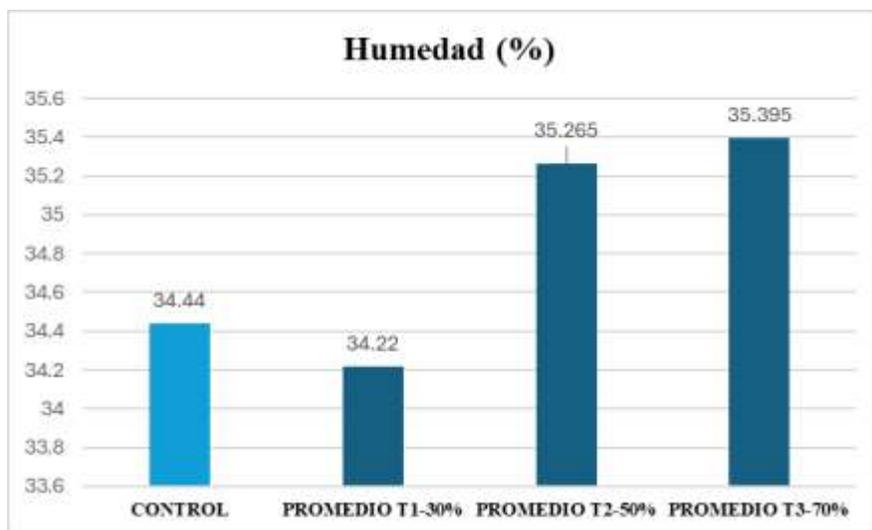
a: Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Nota: El nivel de significación es de 0.050.

La (tabla 11) muestra las comparaciones por parejas entre los tratamientos para la propiedad de humedad (T1-30%; T2-50% y T3-70%), misma que indica que solo hay una diferencia significativa entre T1-30% y T3-70%, con un valor de significancia ajustada de 0.024, que es menor al nivel crítico de 0.05. Esto significa que el cambio en la humedad del pan entre esos dos tratamientos sí es estadísticamente importante. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre T1-30% y T2-50% ($p = 0.424$), ni entre T2-50% y T3-70% ($p = 0.718$) lo cual indica que, entre estos tratamientos la humedad analizada no varía de forma considerable. El mayor contraste se da entre el tratamiento con menos manteca (T1-30%) y el que tiene mayor manteca (T3-70%) lo que refuerza la idea de que, a mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao, la humedad del pan se modifica notablemente.

Figura 6.

Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de % humedad.



Nota. En la (figura 6) se muestra los valores promedio de la humedad en comparación al valor del control.

Ciertamente la humedad se mantuvo relativamente estable, lo cual se debe a que las grasas vegetales presentan características hidrofóbicas, interfiriendo con la capacidad de retención de

agua de la harina de trigo en la matriz del pan durante el horneado, lo cual es coherente con los hallazgos de Páucar Acuña (2017) sobre sustituciones funcionales de lactosuero por agua en productos de panificación ya que el lactosuero aporta proteínas solubles, lactosa y minerales con capacidad higroscópica, los cuales favorecen la retención de agua tanto durante el horneado como en el almacenamiento y al ser reemplazado por agua, la matriz panaria pierde dichos componentes, lo que ocasiona una mayor pérdida de agua; como tal, en este estudio la manteca comercial, generalmente compuesta por mezclas de grasas vegetales hidrogenadas, presenta una mayor plasticidad que facilita la incorporación de aire y da suavidad a la miga, a diferencia de la manteca de cacao, que al tener un punto de fusión definido y un comportamiento polimórfico, tiende a formar estructuras más rígidas, lo que puede generar una miga más firme y menos extensible. Además, la incorporación de lípidos en productos panificados puede modificar el equilibrio higroscópico de la masa, reteniendo más agua libre (Carlos Puma, 2023).

4.2.3. Análisis de Kruskal-Wallis para la elasticidad

Tabla 12.

Análisis de Kruskal- Wallis para la elasticidad del pan blanco.

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a (p)
T1 - 30%:	3.250	2.550	1.275	0.202	0.607
T2 - 50%:					
T1 - 30%:	6.500	2.550	2.550	0.011	0.032
T3 - 70%:					
T2 - 50%:	3.250	2.550	1.275	0.202	0.607
T3 - 70%:					

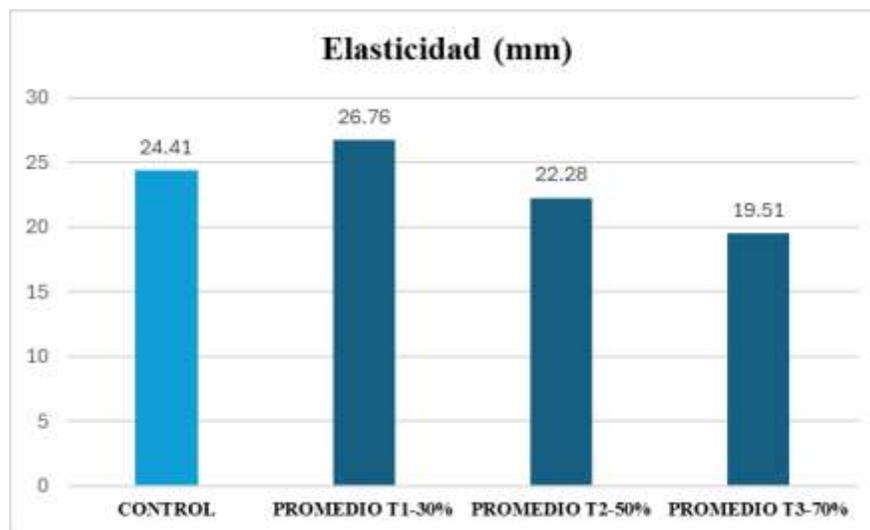
a: Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Nota: El nivel de significación es de 0.050.

La (tabla 12) muestra que en los resultados solo hay una diferencia significativa en la elasticidad del pan al comparar el tratamiento T3-70% frente al tratamiento de T1-30%, ya que la significancia ajustada es 0.032, menor al nivel de 0.05. Esto indica que el pan con mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao tiene una elasticidad significativamente distinta (menor) que el pan con menor concentración. En cambio, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T3-70% y T2-50% ($p = 0.607$), ni entre los tratamientos T2-50% y T1-30% ($p = 0.607$), lo que sugiere que entre los tratamientos con T1-30% y T2-50%, o con T2-50% y T3-70%, la elasticidad no varía de forma estadísticamente relevante. El cambio más notable en la elasticidad del pan se produce cuando se comparan directamente las formulaciones con menor y mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao.

Figura 7.

Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de elasticidad.



Nota. En la (figura 7) se muestra los valores promedio de la elasticidad en comparación al valor del control.

Según la (figura 7) se observa que la elasticidad disminuyó ligeramente a medida que aumentó la concentración de manteca, lo cual puede atribuirse a la interferencia de la manteca de semillas de cacao en la formación de la red de gluten (resultado de la interacción del agua con las proteínas de la harina de trigo). Esta manteca tiende a recubrir las proteínas, en especial la gliadina y la glutenina, actuando como un lubricante que reduce su fricción e hidratación, lo que limita la capacidad de expansión y el retorno elástico de la miga. En concordancia, Pehlivanoğlu et al. (2018) señalan que la incorporación de grasas afecta la estructura del gluten y disminuye la elasticidad de la masa. De manera complementaria, Cornford et al. (1964) demostraron que la adición de grasas líquidas, en combinación con agentes gelificantes, modifica la cristalinidad de los geles de almidón, retrasando el endurecimiento del pan; además, concluyeron que las grasas suavizan la interacción entre las proteínas de la harina. Así, ambas investigaciones coinciden en que la adición de grasas incide en la red proteica y en la textura del pan, aunque desde perspectivas diferentes: la primera en relación directa con el gluten y la segunda con los cambios en la matriz almidón - proteína durante el almacenamiento del producto final.

4.2.4. Análisis de Kruskal-Wallis para la dureza

Tabla 13.

Análisis de Kruskal- Wallis para la dureza del pan blanco

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a (p)
T1 - 30%:					
T2 - 50%	-2.750	2.550	-1.079	0.281	0.842
T1 - 30%:					
T3 - 70%	-6.250	2.550	-2.451	0.014	0.043
T2 - 50%:					
T3 - 70%	-3.500	2.550	-1.373	0.170	0.509

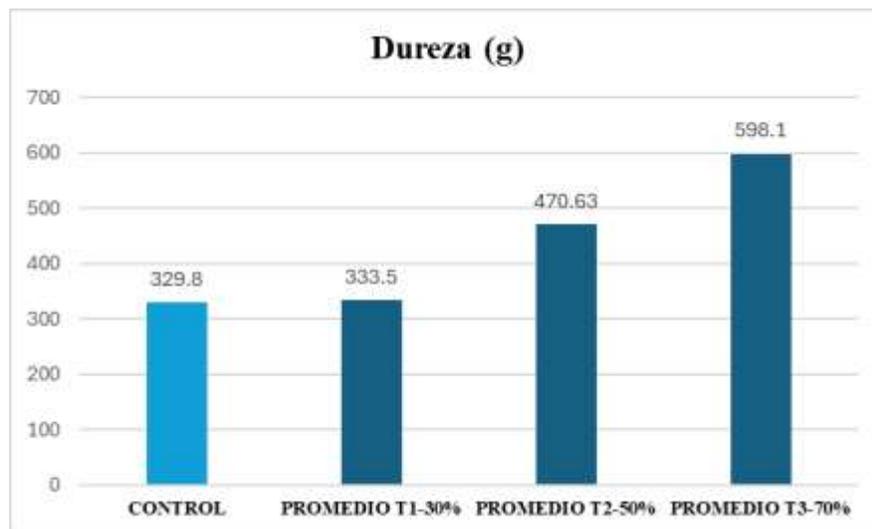
a: Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Nota: El nivel de significación es de 0.050.

La (tabla 13) muestra que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T1-30% y T2-50% ($p = 0.842$), ni entre los tratamientos T2-50% y T3-70% ($p = 0.509$), lo que sugiere que entre el tratamiento T1-30% y el tratamiento T2-50%, o entre el T2-50% y el T3-70%, la dureza del pan no cambia de manera notable. El pan se vuelve considerablemente más duro solo cuando se incrementa la manteca de cacao de una concentración de 30% a 70%, confirmando que este ingrediente influye directamente en la firmeza del producto final.

Figura 8.

Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de dureza.



Nota. En la (figura 8) se muestra los valores promedio de la dureza en comparación al valor del control.

En la (figura 8), se indica que existe una diferencia significativa en la dureza del pan entre los tratamientos T1-30% y T3-70%, con una significancia ajustada de 0.043, lo que confirma que el pan con mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao presenta una textura

significativamente más firme que el pan con menor concentración. Este comportamiento puede explicarse porque las grasas y aceites vegetales en estado líquido tienden a interferir con el desarrollo óptimo de la red de gluten, reduciendo su extensibilidad y provocando una miga más compacta y, por tanto, más dura. Así también, Cifuentes Adán (2022) menciona que, al utilizar aceites de girasol y oliva en pan dulce, estas grasas contribuyen a la firmeza estructural del producto, lo que se relaciona con los resultados obtenidos en este estudio al emplear manteca de semillas de cacao en estado líquido. De manera similar, Bravo Araujo (2019) reportó un incremento en la dureza al reemplazar margarina por pasta de ajonjolí en galletas, lo cual refuerza la evidencia de que ciertos lípidos vegetales, dependiendo de su estado físico y composición, pueden incrementar la firmeza del producto final al modificar la interacción conjunta de proteína, almidón y grasa.

4.2.5. Análisis de Kruskal-Wallis para la masticabilidad

Tabla 14.

Análisis de Kruskal- Wallis para la masticabilidad del pan blanco.

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada^a (p)
T1 - 30%:	-3.000	2.550	-1.177	0.239	0.718
T2 - 50%:	-7.500	2.550	-2.942	0.003	0.010
T3 - 70%:	-4.500	2.550	-1.765	0.078	0.233

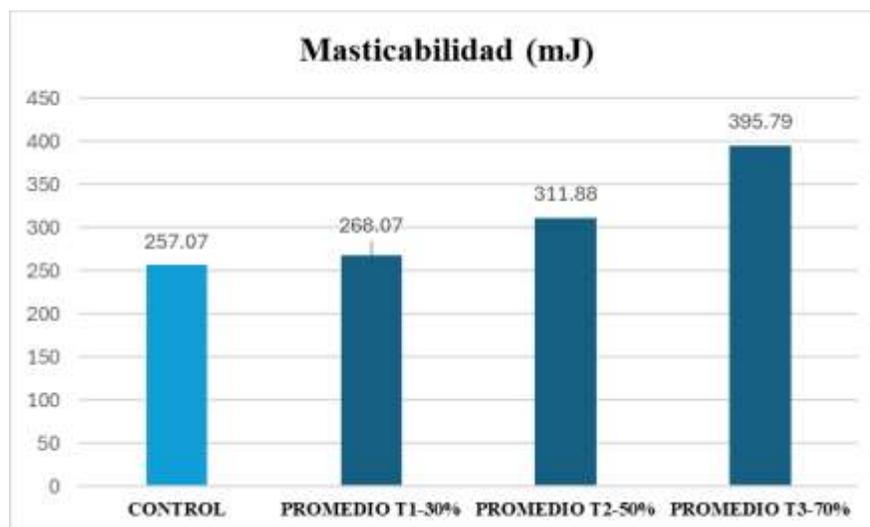
a: Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Nota: El nivel de significación es de 0.050.

La (tabla 14) muestran que solo existe una diferencia significativa en la masticabilidad entre los tratamientos T1-30% y T3 -70%, ya que la significancia ajustada es 0.010, menor al valor crítico de 0.05. Esto indica que el pan con mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao requiere más esfuerzo para masticarse en comparación con el pan con menor concentración. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T1-30% y T2-50% ($p = 0.718$), ni entre los tratamientos T2-50% y T3-70% ($p = 0.233$), lo que sugiere que entre esas concentraciones intermedias la masticabilidad del pan no cambia de forma relevante

Figura 9.

Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de masticabilidad.



Nota. En la (figura 9) se muestra los valores promedio de la masticabilidad en comparación al valor del control.

Los resultados de la (figura 9) muestran los valores de masticabilidad obtenidos: 268.07, 311.88 y 395.79 para los tratamientos T1 (30 %), T2 (50 %) y T3 (70 %) respectivamente. El incremento progresivo indica que, a mayor concentración de manteca vegetal de semillas de cacao,

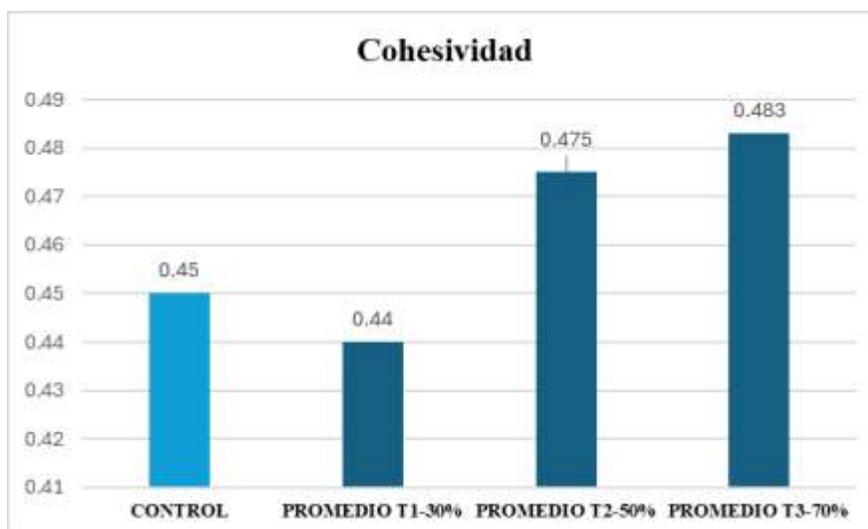
mayor es el esfuerzo necesario para fragmentar y deglutir el pan, lo cual se relaciona directamente con una mayor dureza y compactación de la miga. Este comportamiento evidencia que la masticabilidad se ve influenciada por la proporción de materia grasa incorporada, y aunque los valores intermedios no muestran diferencias tan marcadas, la tendencia general refleja un impacto directo de la manteca de cacao sobre la textura del pan.

En términos tecnológicos, la masticabilidad y la dureza no son variables equivalentes, pero guardan una relación estrecha: un pan más duro suele requerir mayor esfuerzo de masticación. Esto coincide con lo señalado por Cifuentes Adán (2022), quien resalta la conexión funcional entre ambas propiedades. De forma complementaria, Silva Jaimes et al. (2013) reportan que un mayor contenido de grasas en la formulación puede generar mayor resistencia mecánica en la miga, lo cual explica que la adición de manteca de cacao, lejos de suavizar, contribuya a reforzar la estructura y aumentar el esfuerzo de masticación. En conjunto, estas evidencias sugieren que el incremento de manteca de cacao intensifica tanto la dureza como la masticabilidad, modulando de manera significativa la percepción sensorial y las propiedades instrumentales del pan.

4.2.6. Análisis de Kruskal-Wallis para la cohesividad

Figura 10.

Comparación del valor control y los valores promedio de la característica de cohesividad.



Nota: La (figura 10) muestra los resultados de los valores mínimos y máximos de los tratamientos evaluados: T1-30%; T2-50% y T3-70%.

Por otra parte, de acuerdo con la (tabla 9) los valores de cohesividad fueron de 0.44, 0.475 y 0.483 para los tratamientos T1-30 %, T2-50 % y T3-70 % respectivamente. No se observaron diferencias entre tratamientos ya que la prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) lo que indica que el pan posee una estructura interna estable en todas las formulaciones. Estos resultados son comparables a los hallazgos reportados por Carlos Puma (2023) quien también reportó valores estables de cohesividad al cambiar el tipo de grasa o harina, lo que refuerza la idea de que esta propiedad textural se encuentra menos influenciada por la variación en los ingredientes grasos y depende en mayor medida de la red de gluten y la matriz de almidón.

4.2.7. Relación del análisis estadístico entre los tratamientos evaluados (análisis fisicoquímico)

Tabla 15.

Relación entre los tres tratamientos evaluados (análisis fisicoquímico).

Propiedad	Sig. ^{a,b}	Comparación entre tratamientos	p-valor ajustado	Diferencia	Significancia por tratamiento	Observación
Humedad	0.030	T1 vs T2	0.424	-3.75	No	Similar entre ambos
		T1 vs T3	0.024	-6.75	Sí	T3 con menor humedad que T1
		T2 vs T3	0.718	-3.00	No	No difieren
Elasticidad	0.039	T1 vs T2	0.607	+3.25	No	Muy próximos
		T1 vs T3	0.032	+6.50	Sí	T3 más elástico que T1
		T2 vs T3	0.607	+3.25	No	No difieren
Dureza	0.049	T1 vs T2	0.842	-2.75	No	Similar
		T1 vs T3	0.043	-6.25	Sí	T3 más duro que T1
		T2 vs T3	0.509	-3.50	No	No difieren
Masticabilidad	0.012	T1 vs T2	0.718	-3.00	No	Similar
		T1 vs T3	0.010	-7.50	Sí	T3 requiere más esfuerzo que T1
		T2 vs T3	0.233	-4.50	No	No difieren

a: El nivel de significación es de 0.050.

b: Se muestra la significancia asintótica.

Los resultados obtenidos mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis muestran que las diferentes concentraciones de manteca vegetal de semillas de cacao sí influyen significativamente en casi todas las propiedades tanto fisicoquímica como de textura del pan

blanco, ya que se rechazó la hipótesis nula en cuatro de las cinco características analizadas. Específicamente, se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad ($p = 0.030$); elasticidad ($p = 0.039$); dureza ($p = 0.049$) y masticabilidad ($p = 0.012$), lo que indica que el nivel de manteca incorporado en la formulación del pan afecta estas propiedades de manera importante, a excepción en el caso de la cohesividad ($p = 0.173$), donde no se evidenció una diferencia significativa entre los tratamientos. En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis planteada, confirmando que las distintas proporciones de manteca vegetal de semillas de cacao influyen significativamente en la mayoría de las propiedades fisicoquímicas de textura del pan blanco.

4.3.Resultados del análisis sensorial del pan blanco con sustitución parcial de manteca de semillas de cacao.

En cuanto al análisis sensorial Castro Montero (2007) indica que la relevancia de aplicar este análisis en el sector de productos de panadería se relaciona principalmente con la calidad del producto y su aceptabilidad desde el punto de vista del consumidor. Además, es fundamental para evaluar aspectos como el color; la apariencia visual; el sabor y la textura siendo los que más resaltan y tienen el mayor impacto inicial en los consumidores. Sin embargo, son el sabor y la textura, principalmente al tacto los que determinan la decisión final de adquisición del producto, lo que subraya su importancia relevante. En el caso específico del pan, la aceptación por parte del consumidor puede estar estrechamente vinculada a su nivel de percepción de frescura lo que al comparar con los resultados mostrados en la (tabla 16) se observa una alta aceptación por parte del panel evaluador, destacando en atributos como color; olor; sabor y textura (sensación en boca). Estos resultados evidencian una valoración positiva, particularmente en las características visuales y aromáticas, posiblemente atribuibles a los compuestos volátiles y al perfil lipídico de la manteca

de semillas de cacao, que contribuyen a un color más dorado y un aroma más agradable durante el horneado según Cutipa Hinostroza (2022).

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Gálvez Rodas, et al. (2023), mismos que, al utilizar almidón de yuca como sustituto parcial de harina en pan blanco, obtuvieron puntuaciones sensoriales ligeramente inferiores en color (4.30) y olor (4.15). De igual forma, Obregón, et al. (2013) indicaron que la adición de harinas alternativas como maíz y papa puede mejorar ciertos aspectos como la textura, pero tiende a reducir la preferencia general del sabor, lo que contrasta con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el sabor fue uno de los atributos mejor valorados. Además, señalaron que niveles elevados de grasas vegetales pueden comprometer la estructura de la miga, afectando negativamente la textura; sin embargo, en esta investigación, el nivel de sustitución aplicado permitió mantener una textura aceptable y bien valorada.

Tabla 16.

Resultados del análisis sensorial de los tratamientos.

Propiedad sensorial	p-valor (Sig. ^{a,b})	Tratamiento	Valor Mínimo	Promedio	Valor Máximo	Observación
		T1 - 30%	3.00	4.30	5.00	No diferencias significativas
Olor	0.421	T2 - 50%	3.00	4.50	5.00	No diferencias significativas
		T3 - 70%	2.00	4.40	5.00	No diferencias significativas

		T1 - 30%	2.00	4.50	5.00	No diferencias significativas
Color	0.677	T2 - 50%	2.00	4.50	5.00	No diferencias significativas
		T3 - 70%	2.00	4.70	5.00	No diferencias significativas
		T1 - 30%	1.00	4.00	5.00	No diferencias significativas
Sabor	0.709	T2 - 50%	3.00	4.30	5.00	No diferencias significativas
		T3 - 70%	2.00	4.20	5.00	No diferencias significativas
		T1 - 30%	2.00	4.20	5.00	No diferencias significativas
Textura (sensación en boca)	0.627	T2 - 50%	2.00	4.00	5.00	No diferencias significativas
		T3 - 70%	3.00	4.10	5.00	No diferencias significativas

a: El nivel de significación es de 0.050.

b: Se muestra la significancia asintótica.

Nota. En la (tabla 16) se muestran los resultados de la comparación de los valores mínimos y máximos del análisis sensorial aplicado a los tratamientos (T1-30%; T2-50% y T3 -70%).

La (tabla 16) muestra la comparación de los valores mínimos; máximos y su comparación con la media de la puntuación del análisis sensorial que se evaluaron en los tratamientos de estudio (T1-30%; T2-50% y T3 -70%) en cuanto a su olor; color; sabor y textura (sensación en boca). En general, los tres tratamientos fueron bien valorados, pero hubo algunas diferencias. El T2-50% de manteca obtuvo la mejor calificación en olor; color y sabor con promedios de 4.5 en olor y color, y 4.3 en sabor en la escala de evaluación hedónica de 5 puntos. El T3-70% de manteca destacó especialmente en cuanto a color se refiere, alcanzando un promedio de 4.7; lo que sugiere que este pan fue visualmente el más atractivo para los evaluadores. En cuanto a la textura (sensación en boca), los tres tratamientos fueron similares, aunque el T2-50% de manteca tuvo una puntuación ligeramente menor con un valor de 4.0 frente a los valores de 4.2 y 4.1 del T1-30% y T3-70% respectivamente.

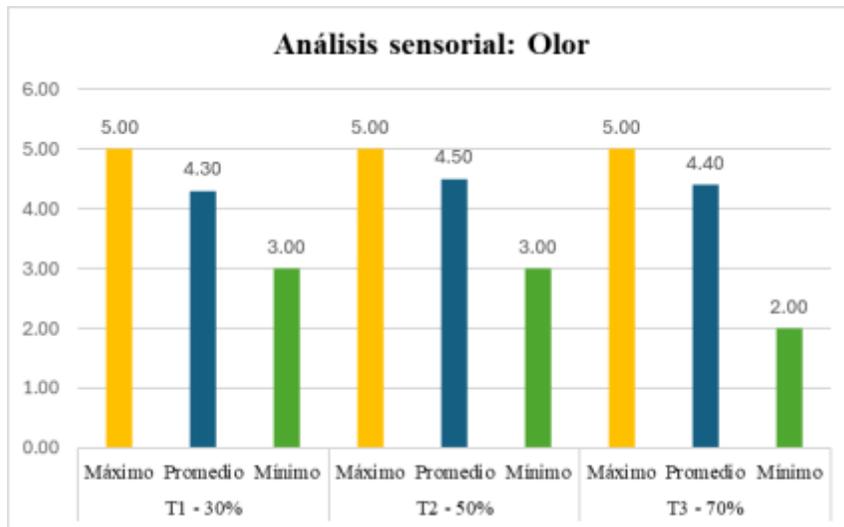
Los resultados del análisis sensorial muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes concentraciones de manteca vegetal de semillas de cacao (T1-30%; T2-50% y T3-70%) en ninguno de los atributos evaluados: olor ($p = 0.421$); color ($p = 0.677$), sabor ($p = 0.709$) y textura sensación en boca ($p = 0.627$). Como todos los valores de significancia son mayores a 0.05, se indica que los cambios en la concentración de manteca utilizada no afectaron de manera significativa la percepción sensorial del pan blanco por parte de los evaluadores. En otras palabras, aunque se variaron las proporciones de manteca vegetal de semillas de cacao, los consumidores no percibieron diferencias claras o consistentes en los atributos sensoriales evaluados.

Igualmente, Cutipa Hinostroza (2022) enfatiza que pequeñas variaciones de los insumos utilizados frecuentemente en la elaboración de pan por sustitutos alternos como la harina o manteca en la formulación pueden mantenerse dentro del umbral de aceptación del consumidor. Además,

se reafirma que el uso de grasas vegetales naturales puede ser sensorialmente neutro si se controla la cantidad y el procesamiento, lo cual es positivo desde la perspectiva en la salud de los consumidores; así también como Gambaro, et al. (2002) quienes evaluaron sensorial e instrumentalmente muestras de pan blanco comercial a los días 4 y 12 después del horneado y encontraron que la textura sensorial podría ser predicha por lo instrumental y que si no se dispone de instrumentos, los parámetros texturales manuales serían buenos indicadores; lo que en comparación con los resultados obtenidos la evaluación sensorial se realizó al siguiente día después del horneado, motivo por el cual se podría inferir que la percepción sensorial no pudo mostrar diferencias significativas en los parámetros evaluados sensorialmente como sí lo hubo al evaluar instrumentalmente con el uso del texturómetro.

Figura 11.

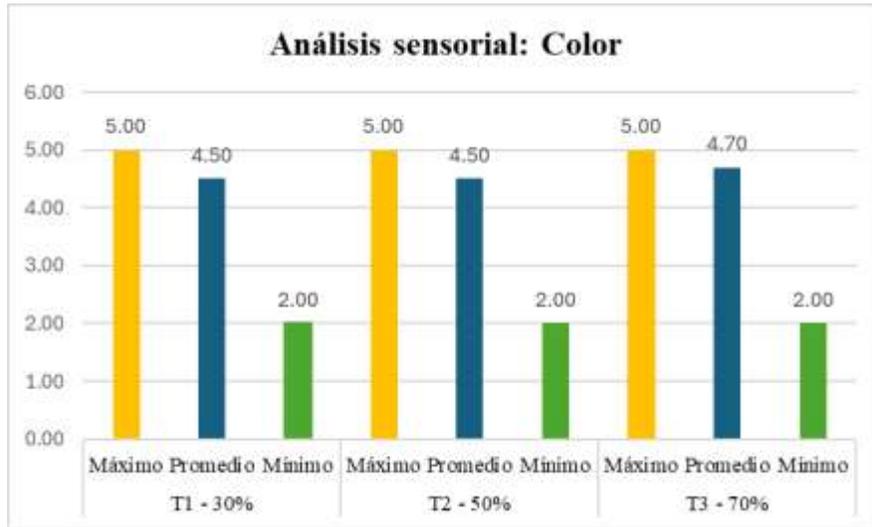
Comparación de valores de los límites mínimos; máximos y promedios del análisis sensorial del olor entre los tratamientos.



Nota. En la (figura 11) se muestran los resultados de la comparación de los valores mínimos y máximos del análisis sensorial del olor aplicado a los tratamientos (T1-30%; T2-50% y T3 -70%).

Figura 12.

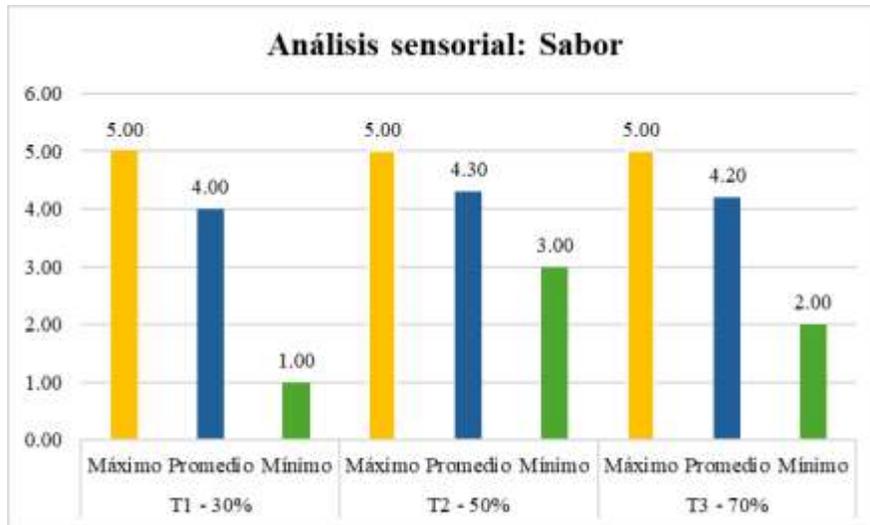
Comparación de valores de los límites mínimos; máximos y promedios del análisis sensorial del color entre los tratamientos.



Nota. En la (figura 12) se muestran los resultados de la comparación de los valores mínimos y máximos del análisis sensorial del color aplicado a los tratamientos (T1-30%; T2-50% y T3 -70%).

Figura 13.

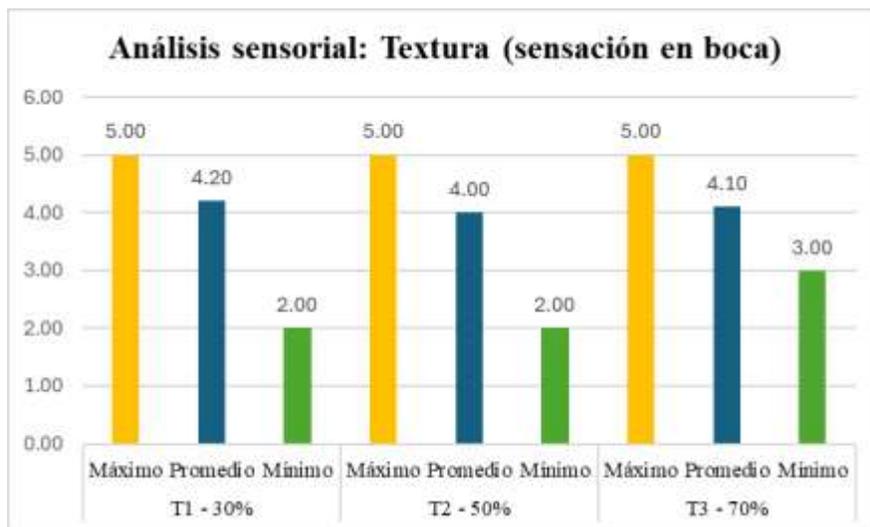
Comparación de valores de los límites mínimos; máximos y promedios del análisis sensorial del sabor entre los tratamientos.



Nota. En la (figura 13) se muestran los resultados de la comparación de los valores mínimos y máximos del análisis sensorial del sabor aplicado a los tratamientos (T1-30%; T2-50% y T3 -70%).

Figura 14.

Comparación de valores de los límites mínimos; máximos y promedios del análisis sensorial de la textura: sensación en boca entre los tratamientos.



Nota. En la (figura 14) se muestran los resultados de la comparación de los valores mínimos y máximos del análisis sensorial del olor aplicado a los tratamientos (T1-30%; T2-50% y T3 -70%).

En resumen, como se muestra en las (figuras 11; 12; 13 y 14) todos los panes fueron bien aceptados, pero el T2-50% parece haber logrado un equilibrio muy favorable entre aroma, sabor y apariencia, siendo el más apreciado y mejor calificado por los evaluadores.

4.3.1. Prueba de normalidad del análisis sensorial del pan blanco con sustitución de manteca de semillas de cacao.

Tabla 17.

Tabla de normalidad del análisis sensorial del pan blanco con sustitución parcial de manteca vegetal de semillas de cacao.

Propiedad sensorial	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Olor	0.315	90	0.000	0.761	90	0.000
Color	0.399	90	0.000	0.620	90	0.000
Sabor	0.268	90	0.000	0.796	90	0.000
Textura (sensación en boca)	0.257	90	0.000	0.819	90	0.000

a: Corrección de significación de Lilliefors

Nota: En la (tabla 17) se muestra la normalidad a través del análisis de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk aplicado al análisis sensorial del pan blanco.

En el análisis de datos sensoriales, los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk aplicados a las variables sensoriales de olor, color, sabor y textura (sensación en boca) del pan evaluado mostraron valores de significancia (Sig.) menores a 0.05. Según Hair Jr, et al. (2014), un valor de p inferior a 0.05 indica que los datos no siguen una distribución normal. La no normalidad en las respuestas sensoriales puede atribuirse a varios factores, como la subjetividad de los panelistas, la variabilidad individual en las percepciones sensoriales y la naturaleza ordinal de muchas escalas de evaluación utilizadas en análisis

sensoriales según Meilgaard, et al. (2006). Esto sugiere que las puntuaciones asignadas por los panelistas no se distribuyen de forma simétrica, sino que podrían presentar sesgos o agrupaciones en ciertos rangos de la escala.

Es importante considerar que, en estudios sensoriales, especialmente cuando se utilizan escalas de tipo hedónico (como el aplicado en el estudio) o de intensidad ordinal, la distribución de los datos rara vez es perfectamente normal. Por ello, varios autores recomiendan rutinariamente evaluar la normalidad antes de aplicar análisis estadísticos, para asegurar la correcta interpretación de los resultados según Stone, et al. (2004), razón por la cual para este trabajo de investigación se optó por aplicar una prueba de normalidad previa para después aplicar el análisis estadístico de Kruskal Wallis.

4.4. Integración de resultados fisicoquímicos y sensoriales

Tabla 18.

Integración de los resultados fisicoquímicos y sensoriales.

Variable	Resultado físico (instrumental)	Resultado sensorial (panel)	Interpretación integrada
Humedad	Diferencia significativa entre T1 y T3; T3 con menor humedad (p=0.024)	Sin diferencias (p=0.421)	Instrumentalmente T3 pierde humedad, pero los jueces no lo perciben. T2 mantiene estabilidad intermedia.
Elasticidad	Diferencia significativa T1-T3; T3 más elástico (p=0.032)	Sin diferencias en textura en boca (p=0.627)	El aumento de elasticidad en T3 no se percibe sensorialmente. T2 equilibra entre elasticidad y aceptación.
Dureza	Diferencia significativa T1-T3; T3 más duro (p=0.043)	Sin diferencias en textura en boca (p=0.627)	T3 muestra mayor dureza instrumental, aunque no se percibe. T2 evita exceso de dureza.

Masticabilidad	Diferencia significativa T1-T3; T3 requiere más esfuerzo (p=0.010)	Sin diferencias en percepción de masticabilidad (p=0.627)	El esfuerzo extra de T3 es detectado instrumentalmente pero no por los jueces. T2 conserva balance.
Olor – Color – Sabor	No evaluados instrumentalmente	Sin diferencias en todos los atributos sensoriales (p > 0.05)	Sensorialmente no hubo rechazo ni diferencias claras; los tres tratamientos son aceptables.

Nota: En la tabla 18 se muestra la interrelación de los resultados generales de la investigación.

Como se muestra en la (tabla 18), si bien las propiedades fisicoquímicas instrumentales evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos extremos (T1-30 % y T3-70 % de sustitución con manteca vegetal de semillas de cacao), especialmente en humedad, elasticidad, dureza y masticabilidad, estas variaciones no fueron percibidas de manera sensorial por el panel de jueces, ya que no se encontraron diferencias significativas en olor, color, sabor ni textura. Este hallazgo señala que la incorporación de grasas en panificación puede modificar la red de gluten y la estructura interna de la miga, aunque dichos cambios no siempre resultan evidentes para el consumidor en términos sensoriales. Por lo tanto, el tratamiento intermedio (T2 - 50 % de sustitución) se considera el más adecuado, al representar un punto de equilibrio: mantiene una textura estable y sin alteraciones extremas en las propiedades fisicoquímicas, mientras asegura una aceptación sensorial equivalente a la de las demás formulaciones.

V. CONCLUSIONES

El análisis de textura reveló diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba de Kruskal-Wallis en las variables del estudio como el porcentaje de humedad ($p = 0.030$), elasticidad ($p = 0.039$), dureza ($p = 0.049$) y masticabilidad ($p = 0.012$), confirmando la hipótesis planteada referida a su influencia en la elaboración del pan blanco. Estos resultados demuestran que la concentración de la manteca de semillas de cacao afecta directamente la estructura del pan, aportando firmeza y variando su textura a medida que aumenta la concentración en porcentaje de sustitución.

Las características sensoriales del pan blanco no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con manteca de cacao y sus respectivos controles, como se observó en el análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los atributos de olor ($p = 0.421$), color ($p = 0.677$), sabor ($p = 0.709$) y textura en boca ($p = 0.627$). Estos resultados indican que la sustitución parcial de manteca comercial por manteca vegetal de semillas de cacao no compromete la percepción sensorial del consumidor lo cual es favorable para la aceptación del producto.

El tratamiento con sustitución parcial del 50 % de manteca de semillas de cacao (T2) logró ser el tratamiento con mejores resultados en requisitos estructurales y sensoriales, consolidándose como la formulación más eficiente dentro de los tratamientos evaluados. En este sentido, los resultados respaldan la hipótesis general del estudio, demostrando que la manteca vegetal de semillas de cacao constituye una alternativa viable y funcional para la industria alimentaria y panadera, al mejorar ciertas características tecnológicas sin afectar la percepción sensorial del producto final.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuros estudios evalúen otras variables tecnológicas complementarias, como volumen específico, porosidad o comportamiento en el horneado, para tener una comprensión más completa del efecto de la manteca de semillas de cacao sobre la calidad tecnológica del pan blanco. Asimismo, se sugiere explorar concentraciones intermedias (por ejemplo, 40% o 60%) que permitan optimizar la textura sin comprometer otras características estructurales.

Realizar evaluaciones sensoriales con panelistas entrenados y aplicar pruebas discriminativas específicas (como test triangular o de preferencia pareada), con el fin de identificar posibles diferencias más sutiles que los panelistas no entrenados no lograron detectar.

Formular mezclas con otro tipo de insumos como yema de huevo que tiene propiedad emulsificante en la elaboración de panes dulces, y además considerar el uso de esencias naturales para potenciar las propiedades sensoriales.

Aplicar otros tipos de análisis como el análisis bromatológico para determinar la composición química y nutricional del pan; también un análisis de costos de producción y rendimiento para validar su viabilidad económica a nivel artesanal o industrial para estimar la intención de compra del producto reformulado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Medina Mendoza, M. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por aceite de sacha inchi (Plukenetia huayllabambana sp. nov.) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un chocolate oscuro*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2142/Medina%20Mendoza%20Marleni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aldave Palacios, G. J. (2016). *Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (Theobroma cacao L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Mayor de San Marcos: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5009>
- Alexander, L., & Quesnel, V. C. (1973). Producción de ácidos grasos volátiles en la fermentación del cacao y su efecto sobre el sabor del chocolate. *Revista de ciencia de la alimentación y agricultura Vol. 24 N° 3*, 319 - 326.
- Álvarez, C. (1998). *Caracterización, física, química y fisico-química de granos tostados de cacao (Theobroma cacao L.) cosechados en tres zonas del estado Aragua: Chuao, Cuyagua y Cumboto*. Obtenido de Repositorio Universidad Central de Venezuela: https://www.researchgate.net/publication/230795351_Caracterizacion_fisica_y_quimica_de_granos_de_cacao_fermentado_seco_y_tostado_de_la_region_de_Chua
- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) usando dos tipos de fermentadores. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Revista Científica UDO Agrícola Vol. 10 N° 1*, 76 - 87.
- ANMAT. (2014). *Guía de recomendaciones para la pequeña y mediana industria*. Obtenido de Repositorio Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca: <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/publicaciones/grasastrans/grasastrans.pdf>
- AOAC. (1990). *Métodos Oficiales de Análisis 15a Edición Vol. 1*. Obtenido de Asociación Oficial de Químicos Analíticos: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- APPCACAO. (2019). *Directorio de socios de APPCACAO*. Obtenido de <http://appcacao.org/>
- Aprotosoiaie, A., Luca, S. V., & Mirón, A. (2016). Química del sabor del cacao y los productos del cacao: descripción general. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 73 - 91.
- Arvelo Sánchez, M. Á., González León, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya Rodríguez, P. (2017). *Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América*. Obtenido

- de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6422>
- Ashkar, A., Laufer, S., Rosen-Kligvaser, J., Lesmes, U., & Davidovich-Pinhas, M. (2019). Impacto de diferentes gelificantes de aceite y mecanismos de oleogelación en la lipólisis digestiva de oleogeles de aceite de canola. *Hidrocoloides Alimentarios Vol. 97*, 105 - 218.
- Ayón Wu, J. A. (2017). *Implementación de punto caliente para expendio de panadería en formato cash an carry*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2906>
- Ballesteros Vásquez, M. N., Valenzuela Calvillo, L. S., Artalejo Ochoa, E., & Robles Sardin, A. E. (2012). Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutrición hospitalaria 27 (1)*, 54 - 64.
- Barrado, E., Castrillejo, Y., De Miguel, H., Tesedo, A., & Romero, H. (2012). El perfil de los ácidos grasos como factor identificador del tipo de grasa utilizado en la elaboración de helados. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 65 - 74.
- Batista, L. (2009). El Cultivo de cacao. *CEDAF: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal*, 45 - 54.
- Beckett, S. T. (2019). *La ciencia del Chocolate*. Cambridge: RSC.
- Böle, B., Bernd, M., Gundel, A., Lutz, P., & Bin Sadit, M. (1989). Cambios químicos y físicos en la pulpa durante la maduración y almacenamiento poscosecha de las mazorcas de cacao. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 189 - 208.
- Bravo Araujo, G. T. (2019). *Sustitución de margarina por aceite de Ajonjolí y crema de Ajonjolí (Sesamum Indicum) en la elaboración de galletas*. Obtenido de Repositorio Institucional Digital Universidad Nacional del Callao: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4517>
- Britez, M., Rolhaiser, F., Fernández, C., Fogar, R., & Romero, M. (2021). Emulsiones Gelificadas enriquecidas con harina de garbanzo como potencial sustituto de grasa animal. *Enfoque UTE Vol. 12*, 24-35.
- C. Bourne, M. (2002). *Textura y viscosidad de los alimentos: Concepto y medición* (2nd ed.). Elsevier Inc. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/book/9780121190620/food-texture-and-viscosity#book-info>
- Callejo González, M. J. (2002). Industrias de cereales y derivados. *Madrid: AMV-Mundi-Prensa*, 337-340.
- Carlos Puma, K. A. (2023). *Elaboración tecnológica de galletas con sustitución parcial de harina de cushuro (Nostoc sphaericum) y aceite refinado de anchoveta (Engraulis ringens)*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Callao: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/8340>

- Casini, C., Rodríguez, J., & Bartozik, R. (2006). *Secado de granos: Proyecto eficiencia de cosecha y post cosecha*. Córdoba, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Castro Montero, E. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos*. Obtenido de Repositorio Universidad de Chile: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121381/ParamMecTexAlim07.pdf?utm_source
- Chaiseri, S., Arruda, D. H., Dimick, P. S., & Enríquez, G. A. (1989). Características térmicas y composición de grasas de especies de Theobroma. *Turrialba Vol. 39 N° 4*, 468 - 472.
- Chávez Cruz, R. E. (2023). *Elaboración del perfil de textura de pan elaborados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5910/EVALUACION%20DEL%20PERFIL%20DE%20TEXTURA%20DE%20PAN%20ELABORADOS%20CON%20SUSTITUCION%20PARCIAL%20DE%20HARINA%20DE%20TRIGO%20POR%20HARINA%20DE%20MAIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=>
- Chire Fajardo, G. C. (12 de Julio de 2019). *Mejora de propiedades físicas y su efecto en el contenido de ácidos grasos en chocolate peruano aplicando superficie de respuesta*. Obtenido de <https://alicia.concytec.gob.pe/>: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4098/chire-fajardo-gabriela-cristina.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Cifuentes Adán, I. (2022). *Desarrollo de panes dulces utilizando oleogeles como sustitutos de grasas plásticas. Estudios de digestibilidad in vitro*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/handle/10251/184235>
- Cohen, K. D., & Hoelz Jackix, M. D. (2005). Estudio del Licor de cupuasú. *Food Science and Technology*, 182 - 190.
- Cóndor Conde, Á. E. (2013). *Evaluación del efecto del enriquecimiento con lactosuero y puré de alcachofa (Cynara scolymus) en el contenido proteico y grado de aceptabilidad del pan*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional del Centro del Perú: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2671/Condor%20Conde.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cornford, S. J., Axford, D. W., & Elton, G. A. (1964). The Elastic Modulus of Bread Crumb in Linear Compression in Relation to Staling. *Cereal Chemistry, Vol. 41*, 216. Obtenido de https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1964/Documents/chem41_216.pdf
- Cruz Doncel, N. (2022). *Alternativa de aprovechamiento de la cáscara de cacao generada en unidades productivas del departamento del Casanare*. Obtenido de Repositorio Universidad El Bosque:

<https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/79a74758-a4b1-4380-b73a-7e368746e78a/content>

- Cutipa Hinostroza, T. (2022). *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum L.) por harina de cushuro (Nostoc sphaericum) en el volumen y características organolépticas del pan francés*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b921ef36-2a62-40ee-9195-3e2d6caa7799/content>
- De Azevedo Antunes, A. B. (8 de Agosto de 2001). *Extracción y Fraccionamiento de Grasa de Cupuazú (Theobroma grandiflorum) con fluidos supercriticos*. Obtenido de Repositorio Universidade Estadual de Campinas UNICAMP: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/225612>
- De Brito, E. S., Pezoa García, N. H., Gallão, M. I., Cortelazzo, A., Fiereiro, P. S., & Braga, M. R. (2000). Cambios estructurales y químicos en el cacao (Theobroma cacao L) durante la fermentación, secado y tostado. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura Vol.81 N°2*, 281 - 288.
- Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud. (2011). *Norma Sanitaria para la Fabricación, elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020 - 2010 / MINSA*. Obtenido de [minsa.gob.pe](http://www.minsa.gob.pe): <http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANADERIAS.pdf>
- Donovan, J. F., Hole-Lewis, K. A., Chavin, K. D., & Egan, B. M. (2012). *Té, Café y Cacao: Metabolitos Secundarios de las Plantas y Salud*. First Edition. Blackwell Publishing.
- Durán Vanegas, J. (2010). *ANÁLISIS QUÍMICO APLICADO - Teoría y Práctica*. Obtenido de Universidad de San Buenaventura Seccional Cali: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/0491395c-aaaa-463e-92ba-53f4f087da27>
- Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.
- Esteller, M. S., Amaral, R., & Lannes, S. (2004). Efecto de los sustitutos de azúcar y GRASA en la textura de los productos horneados. *Revista de estudios de Textura*, 383-393.
- Estrada Suazo, P. L. (2016). *Propuesta de mejora de la calidad en base a la norma ISO 9001:2008 en una panadería*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2572/E21-E88-T.pdf;jsessionid=DFF3DBDD817DA6504E016A5DF226CB2F?sequence=1>
- Exena Cantú, J. C., Báez González, J. G., & Reyes Vásquez, N. C. (2022). Microemulsión de aceite de nuez pecanera para protección de ácidos grasos omegas en el desarrollo de un pan funcional bajo en grasa. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 7*, 254-260.

- FAO. (1996). *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía*. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica, 1996.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). *CODEX ALIMENTARIUS*. Obtenido de Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS: <https://www.fao.org/4/a0369e/a0369e00.pdf>
- Fereidoon, S. (2005). *Productos industriales de aceites y grasas de Bailey's, productos industriales y no comestibles a partir de aceites y grasas*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Figueroa Gómez, A. A. (2016). *Estudio de Factibilidad de pan de camote como complemento nutricional para la lonchera escolar*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f6957cfa-5988-48b0-8f2c-7c10ad12c8e4/content>
- Fontenele Domingues, M. A., Delgado Paulo, B., Teodoro da Silva, T., & Badan Ribeiro, A. P. (2023). Propiedades físicas de la manteca de cacao: efecto de los ésteres de sacarosa sobre la migración del aceite. *International Journal of Food Science + Technology*.
- Fontenele Dominguez, M. A., Badan Ribeiro, A. P., Kieckbusch, T. G., Gioielli, L. A., Grimaldi, R., Cardoso, L. P., & Guaraldo Gonçalves, L. A. (2015). *Temas avanzados en cristalización de lípidos*. Rijeka, Croacia: InTech.
- Fowler, M. S., & Coutel, F. (2017). Granos de cacao : del árbol a la fábrica. *Beckett's industrial chocolate manufacture and use*, 9 - 49.
- Gálvez Rodas, J. B., & Ortiz Dávila, R. (2023). *EVALUACIÓN DEL PERFIL SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE UN PAN ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (Triticum aestivum) POR ALMIDÓN DE YUCA (Manihot esculenta)*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Señor de Sipán: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/11572/Galvez%20Rodas%20Julio%20Bremel%20-%20Ortiz%20Davila%20Ronaldo.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Gambaro, A., Varela, P., Giménez, A. L., & Aldrovandi Landini, A. R. (2002). Calidad textural del pan blanco de molde mediante medición sensorial e instrumental. *Revista de Estudios de Textura, Vol. 33*, 401- 413. doi:10.1111/j.1745-4603.2002.tb01356.x
- García Carrión, L. F. (2010). Catálogo de cultivares de cacao del Perú. *Ministerio de Agricultura, Centro de Documentación de Información Agrícola*.
- Gilabert Escrivá, M. V. (2002). *Caracterización y selección de grasas de semillas del género Theobroma para aplicación tecnológica*. Obtenido de Repositorio Universidade Estadual de Campinas UNICAMP: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/251529>
- Google Maps. (2024). Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/kJZz2zc8UzRvGVct5>

Google Maps. (2025). Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/kJZz2zc8UzRvGVct5>

Google Maps. (2025). Obtenido de https://www.google.com/maps/place/Delicia+M%C3%ADa/@-7.160827,-78.5094748,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x91b25baa720068b9:0xd866494c055d9d44!8m2!3d-7.1608323!4d-78.5068999!16s%2Fg%2F11rr9fq1_c?entry=tту

Google Maps. (2025). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Ofilab+Per%C3%BA+S.A.C./@-11.9537167,-77.0561474,16z/data=!4m6!3m5!1s0x9105d178a37f48e1:0xaa1edcd7d41cd4e5!8m2!3d-11.953722!4d-77.0509976!16s%2Fg%2F11fn2wn55p?entry=tту>

Granada Cano, N. A., Caicedo Eraso, J. C., & Duarte Castillo, A. (2023). Caracterización fisicoquímica del aceite de cacao extraído a diferentes temperaturas de prensado. Resultados preliminares. *EIEI ACOFI*, 3 - 5.

Gutiérrez Arce, A. G. (2017). *Efecto de la adición de goma xantana, goma guar y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en pan tipo pita integral*. Obtenido de Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/3053/RE_IND.ALIM_AL EXIS.GUTIERREZ_EFECTO.DE.LA.ADICION_DATOS.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez Balbuena, C. M. (2017). *Efecto de la adición de hidrocoloides y tiempo de almacenamiento sobre la humedad, textura y volumen específico del pan tipo francés*. Obtenido de Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/2886/RE_IND.ALIM_CL AUDIA.GUTIERREZ_ADICION.DE.HIDROCOLOIDES_DATOS.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Hair JR., J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). *ANÁLISIS DE DATOS MULTIVARIABLES* (7ma ed.). Pearson Education Limited. Obtenido de <https://www.drnishikantjha.com/papersCollection/Multivariate%20Data%20Analysis.pdf>

Hansen, C., Del Olmo, M., & Burri, C. (1999). Actividades enzimáticas en los granos de cacao durante la fermentación. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 273 - 281.

Hashim, P., Selamat, J., Muhammad, K., & Ali, A. (1999). Efecto del tiempo de secado, la profundidad del grano y la temperatura sobre las concentraciones de aminoácidos libres, péptido-N, azúcar y pirazina de los granos de cacao de Malasia. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura Vol. 79 N° 7*, 987 - 994.

Horstmann, S. W., Axel, C., & Arendt, E. K. (2018). "Absorción de agua como herramienta de predicción para la aplicación de hidrocoloides en pan a base de almidón de papa". *Hidrocoloides Alimentarios*, 81, 129-138. Recuperado el 04 de Abril de 2025, de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X17316065?utm_source.com

- Hurtado Gonzáles, J. A. (2016). *Utilización de prefermentos en la elaboración de pan de molde blanco para extender su tiempo de vida útil*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad San Ignacio de Loyola: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f4c71f7c-a055-48e7-ba2c-388a66b85ab7/content>
- Ibáñez Escobar , M. E. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PANADERÍA EN LA COMUNA DE MAIPÚ*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica Federico Santa María: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46350/3560901063449UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ida, B. R. (2008). *Estudio del efecto de acciones químicas y biológicas sobre la masa panaria*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Litoral - Instituto de Tecnología de Alimentos: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/125/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INACAL. (2016). *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 209.005 1968 (revisada el 2016)*. Obtenido de www.inacal.gob.pe: <https://pdfcoffee.com/209005-acidez-libre-5-pdf-free.html>
- INACAL. (2021). *NTP 208.025:2021 Manteca de cacao. Determinación del índice de refracción*. Obtenido de www.inacal.gob.pe: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INDECOPI. (2004). *NTP 206.004 PAN DE MOLDE: PAN BLANCO, PAN INTEGRAL Y SUS PRODUCTOS TOSTADOS*. Lima: El Peruano.
- International Cocoa Organization (ICCO). (2017). *Boletín Trimestral de estadísticas del Cacao*. Obtenido de <https://www.icco.org/icco-documentation/quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>
- Jahurul, M., Jing, Y. W., Foong, C. Y., Shaarani, S. M., Zaidul, I., Jinap, S., . . . Nyam, K.-L. (2017). Efecto del almacenamiento acelerado sobre las composiciones químicas de mezclas de fracciones medias de grasa de semilla de mango y aceite de palma como sustitutos de la manteca de cacao. *LWT Vol. 84*, 551-554.
- Jinap, S., & Dimick, P. S. (1990). Características ácidas de los granos de cacao fermentados y secos de diferentes países de origen. *Revista de ciencia de los alimentos Vol. 55 N°2*, 547 - 550.
- Jinap, S., Thien, J., & Yap, T. N. (1994). Efecto del secado sobre la acidez y el contenido de ácidos grasos volátiles de los granos de cacao. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura Vol. 65 N° 1*, 67 - 75.
- Karabulu, I., Turan, S., & Ergin, G. (2003). Efectos de la interesterificación química sobre el contenido de grasa sólida y el punto de fusión por deslizamiento de mezclas de grasa y aceite. *Investigación y Tecnología Alimentaria*, 224 - 229.

- Khule, G., Singh, A., & Babu, S. (2024). ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA: UNA VISIÓN INTEGRAL DE LA EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DE LOS ALIMENTOS. *Revista de dinámica y control*.
- Kodali, D. R., & List, G. R. (2005). Grasas trans: química, aparición necesidad funcional en alimentos y posibles soluciones. *Alternativas a las Grasas trans*, 1 - 25.
- LABOMAT - Instruments & Spécialités. (2024). *Texturómetro Brookfield CTX*. Obtenido de <https://labomat.eu/es/textura/282-texturometro-brookfield-ctx.html#:~:text=El%20principio%20consiste%20en%20la,una%20celda%20de%20carga%20calibrada>.
- Lecumberria, E., Mateos, R., Izquierdo Pulido, M., Rupérez, P., Goya, L., & Bravo, L. (2007). Composición de fibra dietética, capacidad antioxidante y propiedades físico-químicas de un producto rico en fibra procedente del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Química de Alimentos Vol. 104 N° 3*, 948 - 954.
- Lehrian, D. W., & Keeney, P. G. (1980). Cambios en los componentes lipídicos de las semillas durante el crecimiento y maduración del fruto del cacao. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Químicos del Petróleo Vol.57 N°2*, 61 - 65.
- Man, D. (2004). *Caducidad de los alimentos - Segunda edición*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Manual de Productos Básicos. (1991). *Cacao Fino de Aroma, estudio de la producción y el comercio mundial*. Ginebra: Centro de Comercio Interno UNCTAD/GATT.
- Martínez, E., Pardo, J., Álvarez Orti, M., Martínez Navarro, E., & Rabadán, A. (2025). Optimización del perfil lipídico y sensorial de brownies funcionales mediante la sustitución de mantequilla por aceite de nueces prensado en frío. *Applied Sciences*, 454.
- Matissek, R., Steiner, G., & Schnepel, F. M. (1998). *Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos y aplicaciones*. Zaragoza: 1998.
- Meilgaard, M., & Carr, B. (2006). *Técnicas de evaluación sensorial* (4th ed.). doi:<https://doi.org/10.1201/b16452>
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria Vol. 3 N° 5*, 307 - 313.
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria Vol. 3 N°5*, 307-313.
- MINAGRI. (2019). *Plan Nacional de Cultivos (Campaña Agrícola 2018 - 2019)*. Obtenido de <https://www.agroarequipa.gob.pe/images/AGRICOLA/PLAN%20NACIONAL%20DE%20CULTIVOS%202018-2019%20APROBACION.compressed.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú - Instituto Nacional de Salud. (2017). *TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS*. Obtenido de Repositorio Instituto Nacional de Salud:

<https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf>

- Mozaffarain, D., & Clarke, R. (2009). Efectos cuantitativos sobre los factores de riesgo cardiovascular y el riesgo de enfermedad coronaria al reemplazar los aceites vegetales parcialmente hidrogenados con otras grasas y aceites. *Revista Europea de Nutrición Clínica Vol. 63 Suplemento 2*, T22 - S33.
- Murillo Quimís, J. A. (2018). *Desarrollo y elaboración de panes precocidos y congelados, empleando varios tipos de harinas*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a28cb1f0-b0ba-4ee7-af8a-b0bfb4762e7f/content>
- Murillo-Baca, S., Ponce-Rosas, F., & Huamán-Murillo, M. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Manglar*, 67-73.
- Navas Hernández, P. B. (2010). *Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales*. Obtenido de Repositorio Universidad de Castilla La Mancha: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=87568>
- Obregón, A., & Contreras, E. (2013). *Evaluación sensorial y físicoquímica de panes con sustitución de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por HARINAS DE MAÍZ (*Zea mays*) y PAPA (*Solanum tuberosum*)*. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/ci.v16i2.9960>
- O'Brien, R. D. (2004). *Grasas y aceites: Formulación y procesamiento para aplicaciones*. Florida: CRC Press LLC.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2008). *Aceites saludables y la eliminación de ácidos grasos trans de origen industrial en las Américas. Iniciativa para la prevención de enfermedades crónicas*. Obtenido de https://www.msal.gob.ar/ent/images/stories/ciudadanos/pdf/aceites_saludables_y_la_eliminacion_de_grasastrans-OPS.pdf
- Páucar Acuña, P. R. (2017). *Efecto del uso de lactosuero dulce en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Altiplano: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/8082/Paucar_Acu%c3%b1_a_Percy_Reynaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., & Sagdic, O. (2018). Oleogeles, un aceite estructurado prometedor para disminuir las concentraciones de ácidos grasos saturados: producción y aplicaciones alimentarias. *Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición Vol. 58 N°8*, 1330 - 1341.
- Peña Flores, A. C. (2021). *Comparación de la fibra dietética obtenida de la mazorca y cascarilla de las semillas tostadas de cacao (*Theobroma cacao L.*)*. Obtenido de

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3204773>:
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3405>

- Perea V., A., Aranzazu H., F., Cadena C., T., & Martínez G., N. (2013). *Características de calidad del cacao de Colombia: Catálogo de 26 cultivares*. Obtenido de Repositorio Universidad Industrial de Santander ; Federación Nacional Cacaoteros: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/86736>
- Puscas, A., Vlad, M., Carmen , S., & Muste, S. (2020). Oleogel en alimentos: una revisión de aplicaciones actuales y potenciales. *Investigación avanzada sobre componentes lipídicos en los alimentos* .
- Ramos Ramos, M. (22 de Octubre de 2019). *Propiedades fisicoquímicas de mezclas grasas de cupuassu (Theobroma grandiflorium) y cacao (Theobroma cacao) (Doctoral Dissertation, Universidad de Buenos Aires)*. Obtenido de <https://scholar.google.es>: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6714_RamosRamos.pdf
- Rivera Aguilar, C. E. (2022). *Rendimiento y acidez de la manteca de cacao (Theobroma cacao L.) extraída por presión del grano deshidratado y tostado*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5155/TESIS%20CAROLINA%20EVANGGILETH%20RIVERA%20AGUILAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera García, J. C. (2018). *Correlación de la porosidad con el grado de fermentación del grano de cacao peruano*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3843>
- Rodríguez-Sánchez, J. L., Pérez-Santana, D., Rodríguez-Cuesta, A., Núñez de Villavicencio, M., & González de los Ríos, J. (2020). CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DE LA CASCARILLA DEL GRANO TOSTADO DE CACAO. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Vol. 30, Issue 3)*, 23-31.
- Rojas Barahona, Á. F. (2010). *Caracterización físico-mecánica de la semilla de vitabosa (Mucuna deeringiana)*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3367/87571797.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas Morales, F. J., & Burbano Galindo, F. (2011). *EFFECTO DE UN PRETRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DEL MANGO (Mangifera L.)*. Obtenido de Repositorio Universidad del Valle: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/items/46a1fca4-d5ef-4229-8eed-447233af87d5>
- Romero, C. A. (2016). *Estudio de cacao en el Perú y el Mundo. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria: <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/71>

- Rondón, J. B., & Cumaná Campos, L. J. (2005). Revisión Taxonómica del género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 113 - 134.
- Ruíz Jara, L. J. (2023). *Parámetros fisicoquímicos para la obtención de snack de ñuña (Phaseolus vulgaris L.) sometidos a diferentes tiempos y tipos de aceite*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5836/TESIS%20LEIDY%20JAMILETH%20RUIZ%20JARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar De Paz, L. (2022). *Caracterización físico-mecánica del grano de cacao (Theobroma cacao L.) producido en Llaylla de la microcuenca del río Chalhuamayo, Satipo*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5324/salazar-de-paz-luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saltini, R., Akkerman, R., & Froschb, S. (2013). Optimización de la producción de chocolate a través de la trazabilidad: una revisión de la influencia de las prácticas agrícolas en la calidad del grano de cacao. *Food Control Vol. 29*, 167 - 187.
- Silva Cruz, S. G. (2018). *Extracción y caracterización de la grasa de la almendra de mango (Mangífera indica L.) variedad Kent por prensa mecánica*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3571/silva-cruz-sheyla-giselle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva Huilcapi, C. J. (08 de Mayo de 2018). *Elaboración de Pan con Harina de trigo, enriquecido con Harina de Soya y Fibra soluble para mejorar su valor nutritivo*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a0512f16-c8bb-4cc1-8dc0-84ef6ef8cde6/content>
- Silva Jaimes, M., Gallardo Camarena, G., & Pascual Chapman, G. (2013). Extracción y Caracterización del aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) del distrito de Cachachi, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca. *Infinitum...*, Vol. 03. doi:<https://doi.org/10.51431/infinitum.v3i2.382>
- Silva Lannes, S. C., & Ignácio, R. M. (2013). *Alimentos grasos estructurantes*. InTech.
- Soncco Pacco, L. M., & Suasaca Belizario, M. (2020). *Efecto de la adición de harina de lenteja germinada (Lens culinaris) en pan tipo molde sobre las características físicas, químicas, nutricionales y sensoriales*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional San Agustín de Arequipa: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0538328c-e62e-4cbd-8b68-8c621dd0e30d/content>
- Sonco Zegarra, M. C., & Linares García, M. R. (14 de Agosto de 2020). *Elaboración de pan enriquecido con cacao y determinación de su capacidad antioxidante*. Obtenido de

Repositorio Institucional Universidad Norbert Wiener:
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/3837>

- Sotelo, Á., Lucas, B., Garza, L., & Giral, F. (1990). Características y contenido de ácidos grasos de la grasa de semillas de nueve plantas silvestres mexicanas. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria* Vol. 38 N° 7, 1503 - 1505.
- Stone, H., & Sidel, J. (2004). *Prácticas de evaluación sensorial* (3er ed.). Elsevier Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672690-9.X5000-8>
- Szczesniak, A. S. (1963). Medición objetiva de la textura de los alimentos. *Ciencia de los Alimentos*, Vol. 28, 410-420. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00219>.
- Talbot, G. (2014). Grasas para chocolate y confitería. *Fats in Food Technology* 2e, 169 - 211.
- Talens Oliag, P. (s.f.). *Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura*. Obtenido de Repositorio Institucional Universitat Politècnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/eb87084f-e668-4c7a-91d1-caaa79f0790e/content>
- Tejero, F. (2016). *Moho: Prevención en el pan de molde envasado*. Obtenido de Asesoría Técnica en Panificación: <https://www.franciscotejero.com/tecnicas/moho-prevencion-en-el-pan-de-molde-ensado/>
- Vaca Cayo, G. L. (Marzo de 2024). *Elaboración de galletas a base de la harina de Cebada (Hordeum Vulgare) con la sustitución parcial de productos residuales de la extracción de aceite de nuez (Juglans Regia L.), utilizando dos tipos de leudantes (levadura y royal)*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11764>
- Valdecir, L. (2001). *Fraccionamiento térmico y obtención de grasas de copoazú alternativas a la manteca de cacao para uso en la fabricación de chocolate*. Obtenido de Repositorio Universidade Estadual De Campinas UNICAMP: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475451>
- Vargas, V., & Vásquez, M. (Noviembre de 2017). *CACAO FINO Y DE AROMA: UNA ALTERNATIVA PARA LA AGROEXPORTACION*. Obtenido de International Symposium on Cocoa Research ISCR: <https://www.icco.org/wp-content/uploads/2019/07/T5.E4.-CACAO-FINO-Y-DE-AROMA-UNA-ALTERNATIVA-PARA-LA-AGROEXPORTACION-1.pdf>
- Vega Turizo, A. (2004). *Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces*. Obtenido de Repositorio Federación Nacional de Cultivares de Palma de Aceite: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/80837>

- Vicente Pardal, A. D. (2012). *Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Extremadura: <https://repositorio.ipbeja.pt/handle/20.500.12207/738>
- Vieira, S., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2015). Desafíos de utilizar grasas saludables en los alimentos. *Avances en Nutrición Vol. 6 N° 3*, 309 - 317.
- Voight, J., Biehl, B., & Wazir, S. K. (1993). Las principales proteínas de las semillas de *Theobroma cacao* L. *Química de Alimentos Vol. 47 N°2*, 145 - 151.
- Von Linné, C. W. (1797). *Species Plantarum 2*.
- Wayne, G. (2013). *Panadería y Repostería para profesionales*. México D.F: Limusa S.A.
- Young, L. S., & Cauvain, S. P. (2002). *Fabricación de pan*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., . . . Valdéz, F. (2018). El uso y domesticación de *Theobroma cacao* durante el Holoceno medio en el alto Amazonas. *Nature ecology & evolution Vol. 2*, 1879 - 1888.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Ficha de Evaluación sensorial.

“PAN BLANCO ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MANTECA VEGETAL COMERCIAL POR MANTECA DE SEMILLAS DE CACAO”

Nº Jurado: Fecha:

Instrucciones:

Frente a usted tiene tres (3) muestras de pan blanco elaborado con sustitución parcial de manteca vegetal común por manteca de semillas de cacao las cuales estarán codificadas de la siguiente manera: *T1*; *T2* y *T3*. Observe y pruebe cada muestra yendo de izquierda a derecha e indique el grado en que le gusta o le desagrada puntuando en una escala del 1 al 5, en función al: olor, color, sabor y textura (sensación en boca) para ello se tendrá en cuenta lo siguiente:

Olor. Aroma característico (fresco y agradable).

Color:

- Corteza: ni demasiado oscuro (quemado) ni demasiado pálido.
- Miga: color uniforme que varíe desde blanco a crema, sin manchas o decoloraciones.

Sabor. Sabor suave y agradable. No debe haber sabores amargos, ácidos o metálicos.

Textura (sensación en boca).

- Corteza: crujiente al momento de masticar, pero no demasiado dura. Debe proporcionar una ligera resistencia al morder, seguida de una textura más suave.
- Miga: no debe ser gomosa ni seca, sino por el contrario debe ser suave en la boca (sin ser pegajosa ni grumosa), ligera y esponjosa.

No olvide tomar agua luego de la degustación de cada muestra.

Los puntajes y significados con los que se tendrá que evaluar cada cualidad son:

Característica	Puntaje	Escala de medición	Significado
Olor	1	Me desagrada mucho	Muestra un aroma imperceptible
	2	Me desagrada moderadamente	Aroma ligero no predominante del cacao Aroma
	3	No me agrada ni me desagrada	Se percibe aroma a cacao de alguna manera
	4	Me agrada moderadamente	Muestra un aroma ligero y agradable a cacao
	5	Me agrada	Presencia de un aroma suave y natural a cacao bastante perceptible en contraste con el pan sin sustitución
Color (corteza y miga)	1	Me desagrada mucho	Color de la corteza demasiado oscura y de la miga demasiado pálida
	2	Me desagrada moderadamente	El color presenta algunas tonalidades referentes a las características del pan
	3	No me agrada ni me desagrada	Presenta un color uniforme y homogéneo tanto en la corteza como en la miga
	4	Me agrada moderadamente	La corteza presenta un color marrón ligeramente oscuro y la miga es de color ligeramente amarillenta
	5	Me agrada	El color de la corteza es dorado claro y la miga presenta un color blanco ligeramente amarillento
Sabor	1	Me desagrada mucho	No se percibe el sabor a cacao, además muestra amargor
	2	Me desagrada moderadamente	El sabor a cacao es imperceptible
	3	No me agrada ni me desagrada	Presenta un sabor ligero a cacao casi neutro
	4	Me agrada moderadamente	Se percibe el sabor a cacao, ligeramente dulce
	5	Me agrada	Intensidad de sabor a cacao bastante perceptible en la miga del pan, ligeramente dulce
	1	Me desagrada mucho	Presenta dificultad para masticar, demasiado dura

Textura (sensación en boca)	2	Me desagrada moderadamente	Se presenta una miga seca
	3	No me agrada ni me desagrada	Fácilmente masticable, una resistencia ligera al masticar
	4	Me agrada moderadamente	Textura homogénea y ligera. No densa ni pesada en el paladar
	5	Me agrada	Miga suave, esponjosa y crujiente en el paladar

A continuación, se presenta la cartilla donde usted realizará la evaluación de las muestras en mención:

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE: “PAN BLANCO ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MANTECA VEGETAL COMERCIAL POR MANTECA DE SEMILLAS DE CACAO”				
Muestra	Puntuación para cada cualidad			
	Olor	Color	Sabor	Textura (sensación en boca)
<i>T1</i>				
<i>T2</i>				
<i>T3</i>				

Comentarios:

¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

ANEXO 2: Proceso de elaboración del pan blanco con sustitución parcial de manteca de semillas de cacao.



Recepción de M.P



Análisis de índice de acidez



Análisis de índice de refracción



Pesado de los insumos



Pesado de los insumos



Amasado



División



Boleado y formado



Pesado de la masa



Fermentación



Horneado



Enfriamiento

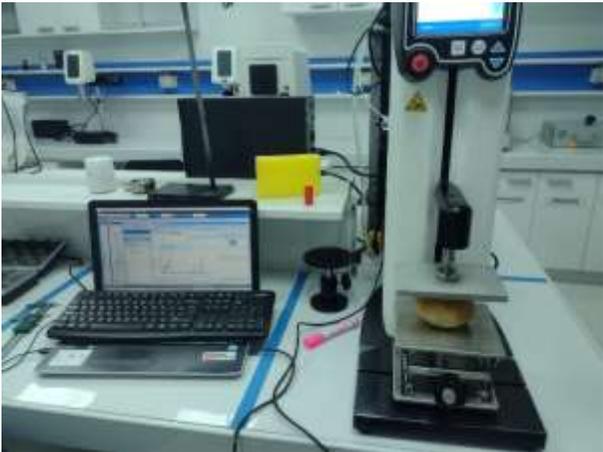
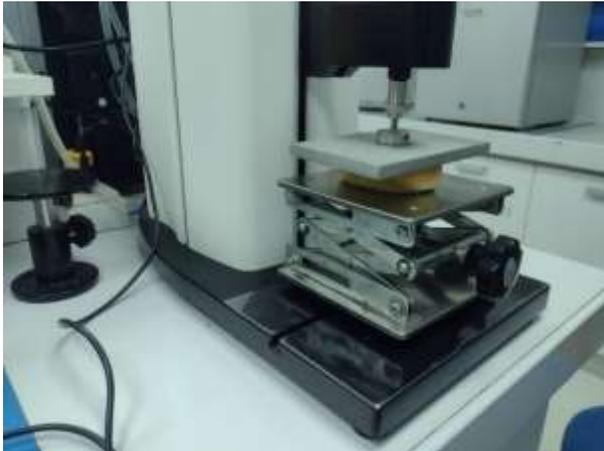
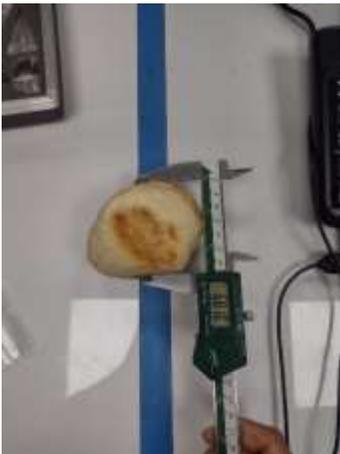


Envasado



Almacenamiento

ANEXO 3: Análisis de TPA.



ANEXO 4: Análisis sensorial.



ANEXO 5: Certificado de análisis de TPA.

