



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Evaluación de la calidad sensorial, fisicoquímica, proximal y microbiológica de pan integral elaborado con la sustitución parcial de la harina integral de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*)

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

Autor: Katherine Raquel Carrera Palacios

Tutor: Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

Ambato – Ecuador

Julio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

Certifica:

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

Ambato, 05 de junio de 2026



Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

04XXXXXXX08

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Katherine Raquel Carrera Palacios, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Katherine Raquel Carrera Palacios

18XXXXXX06

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

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



Katherine Raquel Carrera Palacios

18XXXXXX06

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

05XXXXXXX54



Dra. Liliana Patricia Acurio Arcos

18XXXXXXX88

Ambato, 19 de junio de 2026.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la claridad necesarias para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, Jenny y Geovanny, por su amor, apoyo incondicional y confianza en mí. Gracias por ser mi ancla a tierra durante toda mi etapa universitaria, por impulsarme a seguir adelante y por acompañarme en cada desafío y logro alcanzado.

A mis abuelitos Duque, Magdalena y Rosa, por estar siempre pendientes de mí, por su cariño incondicional, sus consejos y por brindarme su apoyo a lo largo de este camino.

A mi abuelito Luis, quien hoy se encuentra en el cielo. Aunque ya no está físicamente a mi lado, su amor, sus enseñanzas y su recuerdo me han acompañado en cada paso de esta etapa. Gracias por ser mi ángel guardián, por guiarme, cuidarme y darme fuerzas para seguir adelante. Este logro también es para ti, porque sé que desde el cielo compartes conmigo la alegría de alcanzar esta meta.

A mis hermanos, Giovanna y Emmanuel, por estar siempre a mi lado, escuchar cada una de mis anécdotas, apoyarme en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada logro alcanzado.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi tutora, la Ing. Andrea Delgado, por su invaluable mentoría, guía y dirección durante el desarrollo de este trabajo de titulación. Gracias por compartir conmigo sus conocimientos y experiencia a lo largo de todo este proceso. Más allá de su papel como tutora, gracias por su paciencia, dedicación y apoyo constante en cada etapa de este camino.

A mis padres, por ser el motor principal de mi vida y por inculcarme desde mi infancia valores tan importantes como la disciplina, la responsabilidad y el amor. Gracias porque cada consejo, enseñanza y muestra de apoyo han contribuido a formar la mujer que soy hoy.

A mis hermanos, por cada momento de alegría compartido, por su compañía y por ayudarme a sobrellevar los días más difíciles con su cariño y apoyo.

A Ángel, quien ha estado presente durante gran parte de mi carrera, gracias por tu comprensión, apoyo y paciencia. Gracias por ayudarme a confiar más en mí misma y por impulsarme a seguir adelante cuando sentía que rendirme era una opción.

A mi segunda familia, los amigos que la universidad me regaló y que estuvieron presentes a lo largo de esta maravillosa etapa. A Nayla y Andrés, mis mejores amigos, quienes han estado conmigo desde el inicio de este camino, gracias por ser mis mayores confidentes, por escucharme y aconsejarme en cada una de las experiencias vividas durante estos años. A Darwin y Jei, quienes han formado parte de mi día a día durante los últimos semestres, gracias por escucharme, apoyarme y ayudarme en todo momento. A Paty, la mamá del grupo, gracias por ser una gran consejera, por escucharme siempre y por brindarme tu apoyo cuando más lo necesité. A Daniel, gracias por tu cariño, atención y paciencia. Gracias por estar presente, apoyarme y creer en mí en todo momento. A David, quien durante los últimos semestres se ha convertido en una persona más cercana para mí, gracias por todos los consejos brindados y por la confianza depositada en mí. A Naty y Tiff, gracias por escucharme y por regalarme sonrisas con sus ocurrencias y momentos de alegría. A Cris y Pato, gracias por su ayuda y paciencia al enseñarme aquellas materias que representaron un desafío durante la carrera. A Paul, gracias porque con cada locura y ocurrencia lograste sacarme una sonrisa incluso en los momentos más difíciles. A cada uno de ustedes los llevaré siempre en mi corazón.

A todas las personas aquí mencionadas y a aquellas que la memoria omite momentáneamente, les expreso mi más sincero agradecimiento por su tiempo, paciencia, apoyo y cariño incondicional. Este logro también les pertenece, porque de una u otra manera contribuyeron a hacerlo posible.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT	xiii
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1. Harina de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	2
1.1.2. Pan integral.....	2
1.1.3. Fibra dietética	4
1.1.4. Parámetros de calidad en pan integral de harina integral.....	5
1.1.5. Relevancia del consumo de pan integral en la salud pública	6
1.1.6. Cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	6
1.1.7. Impacto de subproductos agroindustriales en la formulación de pan integral.....	7
1.1.8. Sostenibilidad e impacto ambiental.....	8
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo general.....	10
1.2.2. Objetivos específicos	10
2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
2.1. Materiales	11
Métodos.....	13

2.1.1.	Elaboración de pan integral variando los porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) por cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).	13
2.1.1.1.	Diseño experimental.	13
2.1.1.2.	Obtención de la materia prima.	13
2.1.1.3.	Elaboración de la harina de cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).	14
2.1.1.4.	Elaboración de pan integral.	14
2.1.1.5.	Diagrama de proceso de la elaboración de pan integral	14
2.1.2.	Determinación de la mejor formulación mediante un análisis sensorial	16
2.1.3.	Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y calidad microbiológica de la formulación mejor valorada mediante el análisis sensorial	17
3.	CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1.	Análisis y discusión de resultados.	21
3.1.1.	Elaboración de pan integral variando los porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) por cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).	21
3.1.2.	Determinación de la mejor formulación mediante un análisis sensorial.	22
3.1.3.	Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y calidad microbiológica de la formulación mejor valorada mediante el análisis sensorial.	27
4.	CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
4.1.	Conclusiones.	38
4.2.	Recomendaciones.	39
	MATERIAL DE REFERENCIA	40
	ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de la composición nutricional de pan blanco vs integral en 60 gramos de muestra.....	3
Tabla 2. Composición nutricional de la cascarilla de cacao.....	7
Tabla 3. Recursos materiales	11
Tabla 4. Tratamientos propuestos para el desarrollo de pan integral con harina integral de trigo y cascarilla de cacao	13
Tabla 5. Formulación base (control) para 5 kg.....	14
Tabla 6. Resultados del contenido de humedad de las harinas utilizadas	21
Tabla 7. Estadísticos descriptivos, prueba de Friedman y Wilcoxon de cinco atributos evaluados en pan integral con sustitución parcial de harina integral de trigo por cascarilla de cacao	23
Tabla 8. Análisis fisicoquímicos del pan integral (Control vs HI75CC25)	27
Tabla 9. Parámetros de textura del pan integral (Control vs HI75CC25)	29
Tabla 10. Análisis proximales del pan integral (Control vs HI75CC25)	33
Tabla 11. Análisis microbiológicos del pan integral (Control vs HI75CC25)	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma de elaboración de pan integral.....	15
Figura 2: Porcentaje de aceptabilidad general para cada parámetro de los tratamientos de pan integral.	26

RESUMEN EJECUTIVO

El aprovechamiento de subproductos agroindustriales impulsa el desarrollo de alimentos con valor agregado; sin embargo, existe limitada información sobre la incorporación de cascarilla de cacao en pan integral y su efecto en la calidad del producto. El objetivo fue evaluar la calidad sensorial, fisicoquímica, proximal y microbiológica de pan integral elaborado mediante sustitución parcial de harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se elaboró un pan control y cuatro formulaciones con porcentajes de sustitución de 15, 25, 45 y 55 por ciento, manteniendo constantes los demás ingredientes. Las muestras fueron evaluadas mediante análisis sensorial con el propósito de identificar la mejor formulación. El tratamiento compuesto por 75 por ciento de harina integral de trigo y 25 por ciento de cascarilla de cacao, obtuvo la mejor valoración frente al control y demás tratamientos. Esta formulación presentó acidez titulable de 0,29, pH de 5,47 y actividad de agua de 0,84; además, mostró una coloración más oscura. En el análisis proximal, registró 34,10 por ciento de humedad, 2,16 por ciento de cenizas, 13,30 por ciento de grasa, 9,67 por ciento de proteína, 6,44 por ciento de fibra dietética y 34,33 por ciento de carbohidratos. Los resultados evidenciaron que el producto cumplió los parámetros establecidos por la NTE INEN 2945:2016 y presentó un incremento de fibra dietética respecto al control. Además, los análisis microbiológicos confirmaron ausencia de microorganismos indicadores de contaminación. En conjunto, el estudio demuestra el potencial de la cascarilla de cacao como ingrediente funcional.

Palabras clave: pan integral; cascarilla de cacao; harina integral de trigo; calidad sensorial; fibra dietética.

ABSTRACT

The utilization of agro-industrial byproducts drives the development of value-added foods; however, there is limited information on the incorporation of cocoa husks into whole-wheat bread and its effect on product quality. The objective was to evaluate the sensory, physicochemical, proximate, and microbiological quality of whole-wheat bread made by partially substituting whole wheat flour (*Triticum aestivum* L.) with cocoa husks (*Theobroma cacao* L.). A control bread and four formulations were prepared with substitution percentages of 15, 25, 45, and 55 percent, keeping the other ingredients constant. The samples were evaluated through sensory analysis to identify the best formulation. The treatment composed of 75 percent whole wheat flour and 25 percent cocoa husks obtained the best rating compared to the control and the other treatments. This formulation presented a titratable acidity of 0.29, a pH of 5.47, and a water activity of 0.84; it also exhibited a darker color. In the proximate analysis, the product registered 34.10 percent moisture, 2.16 percent ash, 13.30 percent fat, 9.67 percent protein, 6.44 percent dietary fiber, and 34.33 percent carbohydrates. The results showed that the product met the parameters established by NTE INEN 2945:2016 and exhibited an increase in dietary fiber compared to the control. Furthermore, microbiological analyses confirmed the absence of microorganisms indicative of contamination. Overall, the study demonstrates the potential of cocoa husk as a functional ingredient.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

La industria panadera constituye uno de los sectores más importantes y consolidados dentro del sistema agroalimentario mundial pues posee un alto consumo y aceptación de todos los productos derivados de la harina de trigo (**Esponda-Pérez & Moreno-Cortés, 2026**). El pan, en sus diversas presentaciones constituye la base de la alimentación diaria de aproximadamente el 93% de la población mundial por lo que se convierte en un alimento básico de consumo diario que además aporta significativamente energía que proviene principalmente de los carbohidratos presentes en la harina de trigo. El pan no es solo una fuente de energía, sino también es un producto ampliamente utilizado para el desarrollo de productos innovadores mediante el uso de ingredientes con un alto valor nutricional (**Antuña & Pérez, 2025**).

Sin embargo, en la actualidad existe una transición nutricional pues estudios recientes han demostrado que la alimentación y dieta moderna no presentan un equilibrio adecuado en cuanto a la ingesta de fibra dietética y macronutrientes misma situación que se asocia directamente con el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, síndrome metabólico, diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares (**Arteaga-Almeida et al., 2023**). Al mismo tiempo, en la industria cacaotera durante el procesamiento de los granos de cacao se generan subproductos, entre ellos la cascarilla que tradicionalmente se ha considerado como un residuo agroindustrial con usos limitados. No obstante, investigaciones recientes evidencian que este subproducto posee un alto contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, lo que evidencia su potencial como ingrediente funcional en el desarrollo de alimentos (**Enríquez et al., 2022**).

Por lo tanto, la incorporación de ingredientes funcionales ricos en fibra dietética y compuestos bioactivos está captando la atención como una estrategia eficaz para desarrollar alimentos más saludables sin alterar significativamente las características tecnológicas y sensoriales del producto final (**Martínez-Espinosa & Lozano-Keymolen, 2023**). Una de las alternativas estudiadas es el aprovechamiento de subproductos agroindustriales como la cascarilla de cacao, misma que posee un alto contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos. En este sentido, sustituir una parte de la harina integral de trigo por cascarilla de cacao durante el desarrollo de pan integrales es una alternativa innovadora que ayuda a mejorar el valor nutricional del producto final y a la vez contribuye al aprovechamiento sostenible de residuos generados por parte de la industria cacaotera (**Enríquez et al., 2022**).

1.1.1. Harina de trigo (*Triticum aestivum* L.)

El trigo es uno de los cereales más importantes del mundo, anualmente se procesan más de 600 millones de toneladas que se utilizan específicamente para consumo humano. Algunos factores como la calidad de suelo, la clase de cereal, el clima, las condiciones de cosecha, el almacenamiento y la molienda influyen directamente en las propiedades de la harina y las características finales de los productos horneados (Astiz et al., 2022).

La funcionalidad tecnológica del pan se fundamenta principalmente en las propiedades estructurales que brinda la harina de trigo. El trigo contiene proteínas de almacenamiento como las gluteninas y gliadinas mismas que proporcionan resistencia y elasticidad respectivamente, estas proteínas en presencia de agua desarrollan una red continua y viscoelástica llamada gluten quien es el responsable de retener el dióxido de carbono que se produce durante la fermentación al ser sometido a tensión mecánica durante el amasado, permitiendo el crecimiento de la masa y la formación de la estructura alveolar misma que es característica en el pan (Calixto et al., 2021).

Las gluteninas y gliadinas son proteínas no solubles en agua, pertenecen al grupo de las prolaminas que poseen un gran número de restos de los aminoácidos prolamina y glutamina (Calixto et al., 2022). Las gluteninas son poliméricas y poseen dos tipos diferentes de subunidades: las de alto y bajo peso molecular, estas subunidades forman polímeros gigantes que se estabilizan por puentes disulfuro y las mantiene unidades entre sí físicamente para formar agregados de tamaño variable. Por otro lado, las gliadinas son monoméricas es decir son de cadenas polipeptídicas simples e intrínsecamente desordenadas. Existen tres tipos principales: alfa (α), gamma (γ) y omega (ω) (Urquillo, 2021).

Por otro lado, en concordancia con Elías et al. (2021), desde el punto de vista reológico la calidad del pan depende de varios factores como la hidratación, el tiempo de amasado, la fermentación y el horneado. Estudios recientes de Hernández et al. (2025) han evidenciado que la sustitución parcial de hasta el 15% de harina de trigo por ingredientes alternativos y funcionales debido a que estos ingredientes pueden modificar algunos parámetros como el volumen específico, la firmeza de la miga y la cohesividad del producto final.

1.1.2. Pan integral

Entre los diversos tipos de pan, el pan integral ha cobrado mayor relevancia en los últimos años debido a su mayor valor nutricional comparado con el pan elaborado con harina refinada. Como se muestra en la Tabla 1, en donde se evidencia que el pan integral presenta un mayor valor nutricional en comparación con el pan blanco, el pan integral se destaca por su mayor contenido de fibra (2,8 g)

y proteína (7,8 g). Sin embargo, posee un contenido de calorías ligeramente superior debido a su mayor contenido de fibra (Arriero, 2023).

Tabla 1

Comparación de la composición nutricional de pan blanco vs integral en 60 gramos de muestra

	Pan blanco	Pan integral
Calorías (kcal)	188	159
Grasa (g)	2,6	1,9
Carbohidratos (g)	29,4	33,6
Proteína (g)	5,4	7,8
Fibra (g)	1,6	2,8

Fuente: (Arriero, 2023).

El pan integral se elabora con harina integral que contiene las tres partes del grano: endospermo, germen y salvado. La presencia de estas fracciones permiten obtener un mayor contenido de fibra dietética, minerales, vitaminas del complejo B y compuestos bioactivos (Tong et al., 2026).

Desde el punto de vista tecnológico, la harina integral de trigo presenta propiedades diferentes de la harina de trigo refinada principalmente debido a la presencia de partículas de salvado de trigo. Estas partículas pueden interferir parcialmente con la formación de gluten, la estructura proteica responsable de la elasticidad de la masa y su capacidad para retener gases. La presencia de fibra puede alterar la estructura del pan y afectar el volumen del producto final, lo que requiere ajustes adecuados como un incremento en el contenido de agua en la masa, mayor tiempo de amasado y menor tiempo de horneado (Svisla et al., 2026).

El proceso de elaboración del pan integral implica varios pasos que inciden directamente en la calidad del producto final. Estos pasos incluyen la mezcla de los ingredientes, el amasado de 8 a 10 min, el moldeado de la masa en un tiempo aproximado de 10 min, la fermentación a 30 °C con una humedad relativa de 60-70% en un tiempo de 30 min, y el horneado a 180 °C en un tiempo de 20 a 25 minutos (Vásquez-Lara et al., 2021). Durante la fermentación, la levadura metaboliza los azúcares de la masa para producir dióxido de carbono y etanol que expanden la masa y crean la estructura alveolar característica del pan. Durante el horneado se producen una serie de cambios físicos y químicos como la gelatinización del almidón, la coagulación de las proteínas y las reacciones de pardeamiento que contribuyen al desarrollo del aroma, color y sabor del pan (Monasterios, 2023).

Investigaciones recientes de **Espejo et al. (2022)** en ciencia y tecnología de los alimentos han explorado diversas estrategias para mejorar la calidad nutricional del pan integral mediante la adición de ingredientes funcionales. Entre estas estrategias, destaca la adición de fibras dietéticas alternativas derivadas de subproductos agrícolas ya que pueden aportar compuestos bioactivos y contribuir a la sostenibilidad del sistema alimentario. Sin embargo, la adición de estos ingredientes puede alterar ciertas características tecnológicas del pan como el color, la textura y la capacidad de retención de agua por lo que su impacto en la calidad del producto final debe evaluarse cuidadosamente (**Calixto et al., 2021**).

1.1.3. Fibra dietética

La fibra dietética es un componente importante de los alimentos de origen vegetal y desempeña un papel esencial en la nutrición humana. Se define como un conjunto de polisacáridos no digeribles y compuestos asociados que resisten la acción de las enzimas digestivas en el intestino delgado y pueden ser fermentados por la microbiota intestinal en el intestino grueso. Sus principales componentes son la celulosa, hemicelulosa, pectina, gomas, mucílago y lignina, mismos que forma parte de la estructura de la pared celular vegetal (**Alanís-García et al., 2021**).

La fibra dietética se clasifica generalmente en soluble e insoluble según su comportamiento en presencia de agua. La fibra soluble se disuelve en agua para formar en el estómago una sustancia gruesa que posee gran viscosidad como un gel, proporciona algunas calorías y puede ser fermentada por microorganismos intestinales pertenecientes a la microbiota intestinal entre ellos se encuentran *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides* y algunas especies de *Clostridium*. La fibra insoluble no es fuente de calorías y no se disuelve en agua por lo que pasa relativamente intacta por el tracto gastrointestinal en forma de una mezcla de viscosidad baja (**Rivera-De Alba & Flores-Girón, 2022**).

Una ingesta adecuada de fibra dietética se asocia con diversos beneficios para la salud como una mejor salud intestinal, el control de la glucemia y la reducción de colesterol. Estos beneficios contribuyen a un menor riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes tipo II (**Meza-Ortiz et al., 2022**). Sin embargo, varios estudios han demostrado que la ingesta de fibra dietética en mayor parte de la población no alcanza la ingesta diaria recomendada lo que ha generado un creciente interés en promover el consumo de alimentos ricos en fibra (**Huamán et al., 2024**).

1.1.4. Parámetros de calidad en pan integral de harina integral

La evaluación de la calidad del pan integral es esencial para garantizar que el producto cumpla con sus características técnicas, organolépticas y nutricionales. Desde el punto de vista fisicoquímico se consideran parámetros como la textura, la elasticidad, el color, el contenido de humedad, el pH y la actividad de agua; estos parámetros son determinantes para garantizar la estabilidad, frescura y aceptabilidad del producto final **(Escobar, 2022)**.

Uno de los parámetros importantes es la textura que se relaciona con la suavidad, elasticidad y cohesividad del pan. La textura depende de algunos factores como la estructura del gluten, el contenido de humedad y la proporción de fibra en la formulación. La textura se mide mediante análisis instrumental de perfil de textura o evaluación sensorial en donde se evalúan características como la suavidad, la esponjosidad y la capacidad de recuperación de la miga a su forma original después de la compresión misma que se debe encontrar en un rango de 4 – 8 N **(Navarro, 2024)**.

El color, aroma y sabor son características sensoriales fundamentales para evaluar la calidad del pan integral, impactando directamente la percepción del consumidor y la aceptación del producto. Durante el horneado se producen reacciones de pardeamiento no enzimático como la reacción de Maillard y la caramelización que contribuyen al oscurecimiento de la corteza y la miga del pan, en cuanto al color un rango aceptable es de 40-55 L* es decir una tonalidad marrón media a oscura por la presencia de salvado en el pan integral **(Miranda, 2023)**.

El pH permite evaluar los cambios en la acidez de un producto, en el caso del pan integral suele ser ligeramente ácido con un valor aproximado de 4,3 a 7 mismo que puede variar ligeramente debido a la fermentación de la masa y a la interacción de los diversos ingredientes presentes en la formulación **(Ngoc-Dan et al., 2023)**.

La actividad de agua y humedad son parámetros importantes que se deben evaluar para verificar la calidad del producto final. La actividad de agua mide la cantidad de agua libre disponible para el crecimiento microbiano y es esencial para evaluar la estabilidad microbiológica de un producto puesto que valores elevados promueven el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias. La a_w del pan generalmente se encuentra en un rango de 0,93-0,97 **(Miranda, 2023)**. Por otro lado, el contenido de humedad es la cantidad total de agua presente en el producto y en el caso de pan integral este valor se encuentra en un rango de 20-45% **(Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016)**.

Desde el punto de vista nutricional analizar el contenido total de fibra dietética es un indicador clave mismo que se debe encontrar en un valor aproximado de 2,8 g para un pan integral **(Quitral et al., 2022)**. Además, el análisis de la composición proximal del producto final permite verificar el

contenido de proteínas, cenizas, grasas y carbohidratos valores que se deben encontrar en los rangos establecidos de 7-10%; 1,2-2,5%; 1,5-4%; 60-70% respectivamente (**Hans-Uwe et al., 2022**).

1.1.5. Relevancia del consumo de pan integral en la salud pública

La reformulación de productos de consumo diario representa una estrategia clave dentro de las políticas de salud pública que se orientan hacia la mejora de la calidad de alimentación de la población en general. En este contexto, desarrollar alimentos con ingredientes nutritivos pueden ayudar a prevenir problemas asociados con dietas desequilibradas y estilos de vida sedentarios (**Ferreira et al., 2021**).

Incorporar subproductos agroindustriales con potencial nutricional en alimentos de consumo generalizado puede ampliar el acceso a opciones alimentarias más nutritivas sin alterar significativamente los hábitos alimentarios de las personas. Además, estas iniciativas promueven hábitos alimentarios más conscientes y sostenibles, en concordancia con las recomendaciones internacionales que promueven dietas equilibradas y sistemas alimentarios responsables. Por lo tanto, la investigación y desarrollo de alimentos enriquecidos son una herramienta crucial para fortalecer las estrategias de prevención con respecto a la salud pública y mejora de la calidad de vida (**Espitia-Rangel et al., 2023**).

1.1.6. Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*)

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) es un subproducto de la industria chocolatera con gran contenido de compuestos fitoquímicos y nutricionales que se genera después del proceso de tostado y descascarillado del grano. Este subproducto representa aproximadamente el 12% de la masa del grano tostado, ha sido considerado como un residuo agroindustrial que posee un bajo valor comercial y está destinado principalmente a usos secundarios como alimentación animal o abono para plantaciones (**De la Cruz & Castro, 2025**). Sin embargo, en el marco actual de economía circular y sostenibilidad toma importancia la revalorización de subproductos de origen agroindustrial aprovechándolos como ingredientes funcionales en la formulación de alimentos debido a su composición nutricional (**Baldera et al., 2021**). Como se muestra en la Tabla 2, la composición nutricional de la cascarilla de cacao donde se destaca el contenido de fibra dietética total (56,8%) lo que evidencia su gran potencial como ingrediente funcional en la formulación de alimentos (**Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017**).

Tabla 2

Composición nutricional de la cascarilla de cacao

Parámetro	Valor (%)
Humedad	6,7
Cenizas	11,4
Grasas	0,7
Proteínas	6,3
Fibra dietética total	56,8

Fuente: (Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017).

1.1.6.1. Harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Para la obtención de la harina de la cascarilla de cacao se requieren procesos como secado, molienda y tamizado con la utilización de un tamiz N.º 60 que facilita la estandarización a un tamaño de 250 µm de las partículas, este es un factor importante y determinante dentro de las matrices panificadas debido a que un tamaño adecuado de partículas facilita su incorporación homogénea en la masa reduciendo así posibles efectos negativos que alteran la estructura del gluten (Murcia & Castañeda, 2022).

En cuanto a su composición nutricional, la harina que se obtiene a partir de la cascarilla de cacao presenta un alto contenido de fibra dietética total en donde predomina la fracción insoluble de aproximadamente el 60% de la fibra dietética total, misma que está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. De la misma manera, la fibra insoluble se encarga de contribuir a la sensación de saciedad que favorece el control del consumo energético (Cáceres et al., 2023).

Además de la fibra dietética, la cascarilla de cacao aporta compuestos fenólicos en los que destacan catequinas y epicatequinas que poseen actividad antioxidante. Estos metabolitos secundarios se encargan de la reducción del estrés oxidativo celular y prevención de enfermedades crónicas no transmisibles entre las cuales se destacan patologías cardiovasculares y trastornos metabólicos (Murcia & Castañeda, 2022).

1.1.7. Impacto de subproductos agroindustriales en la formulación de pan integral

El pan integral es uno de los productos más consumidos en la industria panadera ecuatoriana, gracias a su asociación con una alimentación saludable y su alto contenido de fibra dietética. En los últimos años, la demanda de alimentos funcionales ha seguido creciendo, impulsado principalmente por la demanda de productos con beneficios adicionales entre los que se destacan un mayor contenido de

antioxidantes, un índice glucémico más bajo y el uso de ingredientes naturales que posee un alto valor nutricional **(Iglesias & Morejón, 2022)**.

Entre los subproductos agroindustriales que han empleado como ingredientes funcionales y sostenibles en la producción de alimentos se destacan: Cascarilla de cacao, salvado de trigo, bagazo de cerveza, cáscara de frutas, semillas y residuos de oleaginosas. Estos productos o solo contribuyen a mejorar el perfil nutricional de los productos finales, sino que también promueven la economía circular al reducir desperdicios agroindustriales **(Romero-Sáez, 2022)**.

Estudios recientes de Burgos et al., (2020) han demostrado que niveles moderados de sustitución de hasta el 15% permiten mejorar la composición nutricional del pan sin afectar de forma significativa sus propiedades organolépticas. De la misma manera, la presencia de compuestos fenólicos ayuda a mejorar la estabilidad oxidativa del producto final durante el almacenamiento, incrementando así su valor funcional **(Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017)**.

Desde una perspectiva tecnológica, la adición de la harina de cascarilla de cacao puede influir en diversas propiedades fisicoquímicas de la masa del pan. La alta capacidad de retención de agua de la fibra insoluble puede alterar el estado óptimo de la hidratación de la masa, influyendo de esta manera en la formación de la red de gluten y la retención de gases durante el proceso de fermentación; esto produce cambios en la firmeza de la miga, el volumen específico y la textura final del pan **(García & Valenzuela, 2025)**.

En este contexto, la cascarilla de cacao toma relevancia como materia prima de calidad alimentaria debido a su amplia disponibilidad, costo relativamente bajo y alto contenido de fibra dietética y compuestos fenólicos. Reemplazar parcialmente la harina integral de trigo por cascarilla de cacao en la producción de pan integral es una alternativa innovadora que ofrece beneficios tanto nutricionales como ambientales **(Vera et al., 2021)**.

Desde el punto de vista ambiental, la valorización de la cascarilla de cacao ayuda a reducir los residuos generados por la industria chocolatera y promueve métodos de producción más sostenibles que se alinean con los principios de una economía circular **(Baldera et al., 2021)**.

1.1.8. Sostenibilidad e impacto ambiental

El uso de la cascarilla de cacao como ingrediente funcional en panes integrales se ajusta a los principios del desarrollo sostenible y la gestión eficiente de los recursos agrícolas. La industria chocolatera genera importantes residuos durante el tostado y procesamiento del cacao entre los cuales la cascarilla representa una fracción significativa de residuos de aproximadamente el 20% del peso total del grano de cacao **(Buraglia, 2021)**.

Tradicionalmente, estos residuos han sido subutilizados o desechados de forma inadecuada, lo que ha generado impactos ambientales negativos debido a su acumulación y disposición inadecuada. El uso de la cascarilla de cacao como materia prima en la industria alimentaria puede transformar estos subproductos en un recurso con alto valor tecnológico y nutricional, reduciendo la contaminación y promoviendo el aprovechamiento integral del grano (**Aguiar et al., 2022**).

Según **Salazar-Lopez et al. (2023)** desde una perspectiva ambiental, este enfoque contribuye a reducir los residuos orgánicos y a promover modelos de producción más responsables. Además, la diversificación de los ingredientes utilizados en productos horneados reduce la dependencia de la harina de trigo y ofrece alternativas más sostenibles ante fluctuaciones económicas y climáticas que afectan la producción de granos. En este sentido, la integración de subproductos agrícolas no solo promueve la innovación tecnológica, sino que también contribuye a el fortalecimiento de una estrategia de desarrollo sostenible del sistema agroalimentario ecuatoriano (**Buraglia, 2021**).

1.2. Objetivos

1.2.1.Objetivo general

Evaluar la calidad sensorial, fisicoquímica, proximal y microbiológica del pan integral elaborado mediante la sustitución parcial de la harina integral de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando diferentes proporciones en su formulación.

1.2.2.Objetivos específicos

- Elaborar pan integral variando los porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*).
- Determinar la mejor formulación mediante un análisis sensorial.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y calidad microbiológica de la formulación mejor valorada mediante el análisis sensorial.

2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

El presente trabajo de titulación fue de tipo experimental y se llevó a cabo en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

En la Tabla 3, se enlista la materia prima, reactivos, material fungible y equipos que se utilizaron durante la investigación.

Tabla 3

Recursos materiales

Categoría	Elemento
Materia prima	Harina de trigo
	Harina integral de trigo
	Cascarilla de cacao
Materiales	Vasos de precipitación
	Matraces Erlenmeyer
	Matraces Kjeldahl
	Probetas graduadas
	Buretas
	Placas Petri
	Tubos de ensayo
	Crisoles de porcelana
	Espátulas
	Pinzas metálicas
	Asa bacteriológica
	Cucharas
	Espátulas de silicona
	Tamizador
	Cuchillos
	Bandejas
	Platos
	Vasos

Categoría	Elemento
Equipos de laboratorio	Balanza analítica
	Texturómetro
	Estufa de secado
	Mufla
	Extractor Soxhlet
	Equipo Kjeldahl
	pH metro
	Deshidratador
	Incubadora
	Autoclave
	Agitador magnético
	Molino
	Batidora
	Horno
Ingredientes para las formulaciones	Harina de trigo
	Harina integral de trigo
	Harina de cascarilla de cacao
	Agua
	Azúcar
	Manteca vegetal
	Huevos
	Levadura fresca
	Sal
Reactivos	Agua destilada
	Hidróxido de sodio (NaOH)
	Fenolftaleína
	Ácido sulfúrico concentrado
	Catalizador Kjeldahl
	Ácido bórico
	Ácido clorhídrico (HCl)
	Hexano
	Etanol
	Alcohol al 70%

Métodos

2.1.1. Elaboración de pan integral variando los porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.).

2.1.1.1. Diseño experimental

Según Villamizar-Jaimes & López-Giraldo (2017) menciona en su investigación que el porcentaje máximo de sustitución por ingredientes procedentes de residuos agroindustriales es de hasta el 15% debido a que un porcentaje mayor altera las características finales del producto.

Se utilizó la formulación base descrita en la Tabla 5 para elaborar pan integral, en donde se varió únicamente el porcentaje de la harina integral de trigo que corresponde al 18% en la formulación base. Dicho porcentaje se sustituyó parcialmente por cascarilla de cacao como se muestra en la Tabla 4. Además, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un solo factor (porcentaje de sustitución de harina de cascarilla de cacao).

Tabla 4

Tratamientos propuestos para el desarrollo de pan integral con harina integral de trigo y cascarilla de cacao

Tratamiento	Harina integral de trigo (%)	Harina de cascarilla de cacao (%)
Control	100	0
HI85CC15	85	15
HI75CC25	75	25
HI55CC45	55	45
HI45CC55	45	55

Nota. Los porcentajes reportados pertenecen únicamente a los ingredientes que presentan variaciones entre cada uno de los tratamientos, los demás ingredientes de la formulación permanecen constantes como se muestra en la formulación base. **Fuente:** Elaboración propia

2.1.1.2. Obtención de la materia prima

La harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) fue de tipo comercial de la marca “Santa Lucía” adquirida en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) se adquirió en la Industria Alimentaria LUFELI que se encuentra ubicada en el cantón Tisaleo, parroquia Quinchicoto. Esta empresa se dedica a la elaboración de chocolate y genera como residuo agroindustrial la cascarilla de cacao.

2.1.1.3. Elaboración de la harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Se utilizó la metodología de **Benavides et al. (2023)** harinas elaboradas con subproductos agroindustriales. La cascarilla de cacao que se utilizó en este estudio se adquirió tostada por lo que su transformación en harina constó de las siguientes etapas: limpieza, molienda y tamizado. En primera instancia, la cascarilla se limpió de forma manual retirando las impurezas y materiales extraños. Posteriormente, se verificó su contenido de humedad, se realizó la molienda y tamizado de la misma con la finalidad de obtener una harina fina y homogénea.

2.1.1.4. Elaboración de pan integral

Tabla 5

Formulación base (control) para 5 kg

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Harina de trigo	1900	38
Harina integral de trigo	900	18
Manteca vegetal	750	15
Agua	950	19
Azúcar	200	4
Huevos	200	4
Sal	50	1
Levadura	50	1
Total	5000 g	100 %

Fuente: (Li et al., 2023)

2.1.1.5. Diagrama de proceso de la elaboración de pan integral

De acuerdo a lo sugerido por **Vásquez-Lara et al. (2021)** y como se indica en la Figura 1, se partió con la recepción de las harinas de trigo y de cascarilla de cacao, mismas que fueron pesadas y posteriormente tamizadas con la finalidad de asegurar su limpieza y homogeneidad. A continuación, se realizó el pesaje de los todos los demás ingredientes. En la primera etapa, se mezclan todos los ingredientes sólidos (harinas, manteca vegetal, azúcar, sal y levadura) durante aproximadamente dos minutos con la finalidad de garantizar una distribución uniforme. Posteriormente, se incorporaron los ingredientes líquidos (agua y huevos) y se amasa durante un periodo de 8 a 10 minutos hasta obtener una masa homogénea y con adecuado desarrollo estructural. Seguidamente, en un tiempo aproximado

de 8 a 10 minutos la masa fue dividida y formada en piezas uniformes para después someterla a una fermentación controlada en una temperatura de 30 °C durante 30 minutos hasta obtener un incremento en su volumen del 60 al 70%. Una vez concluida la fermentación, las piezas fueron horneadas en una temperatura de 180 °C durante 20 a 25 minutos. Finalmente, los panes se enfriaron a temperatura ambiente y se empacaron.

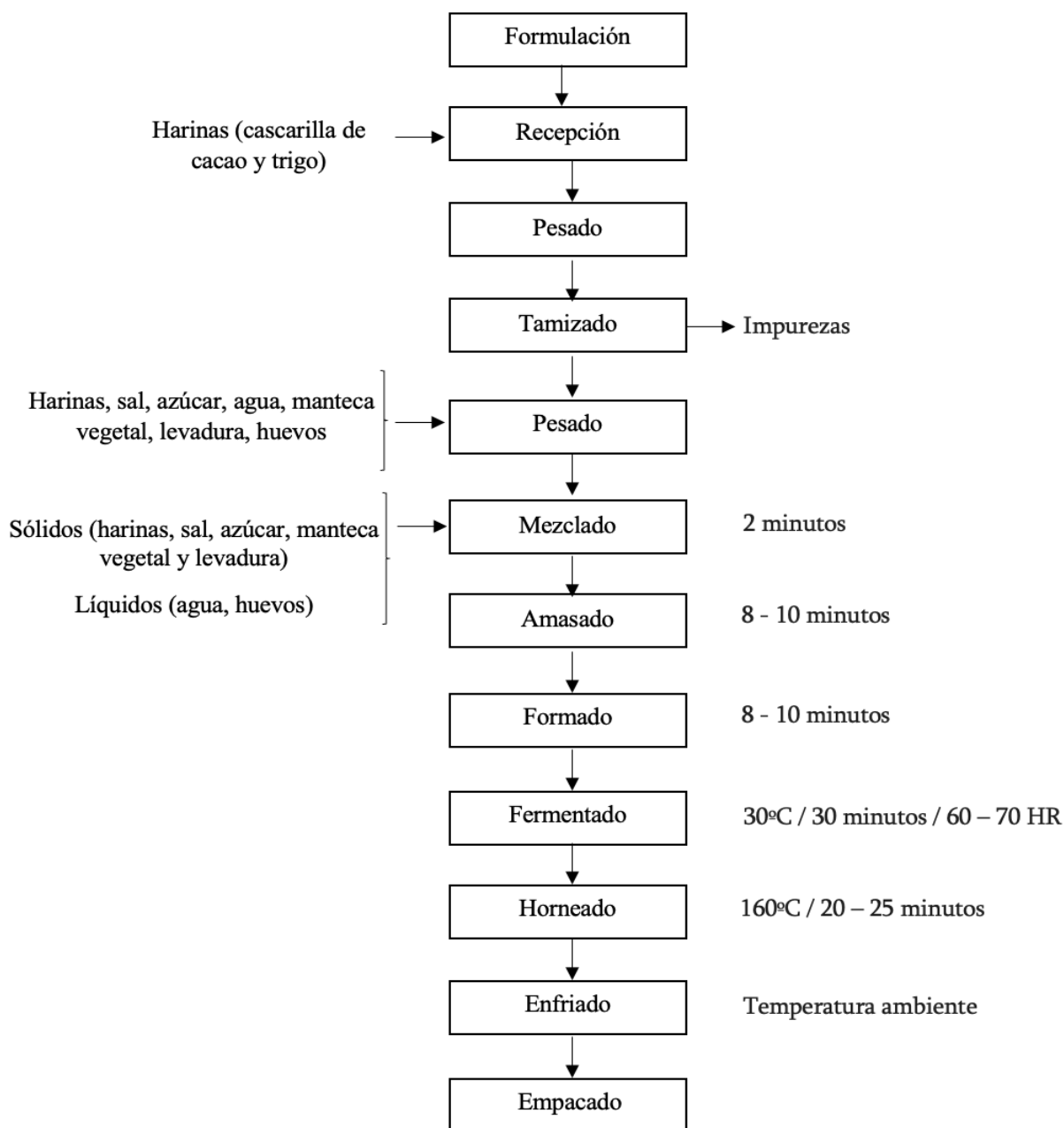


Figura 1: Flujograma de elaboración de pan integral

2.1.2. Determinación de la mejor formulación mediante un análisis sensorial

2.1.2.1. Pruebas sensoriales

Siguiendo la metodología de **Ramírez et al. (2024)**, se reunieron 30 catadores semientrenados para que puedan degustar los diferentes tratamientos de pan integral con la finalidad de encontrar la muestra con mayor aceptabilidad, en este caso los catadores fueron estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

2.1.2.2. Diseño de pruebas

Para el diseño de pruebas del presente estudio, se planteó como objetivo determinar la aceptabilidad del pan integral elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de harina integral de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) evaluando atributos sensoriales como apariencia, color, olor, sabor y aceptabilidad. Estos análisis permitieron identificar la formulación con mayor grado de aceptación por parte de los catadores.

La prueba se realizó mediante la aplicación de una escala hedónica, la misma que permite medir el nivel de agrado o desagrado de cada muestra de manera estandarizada. Se utilizó una escala de 1 a 3 (3: me gusta; 2: ni me gusta ni me disgusta; 1: no me gusta). Las diferentes formulaciones fueron codificadas de forma aleatoria para evitar sesgos en la evaluación. De la misma manera, se proporcionó agua a temperatura ambiente para que los catadores realicen la limpieza del paladar entre cada degustación garantizando una mayor objetividad en los resultados.

2.1.2.3. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la evaluación sensorial mediante la aplicación de una escala hedónica a catadores semientrenados, los resultados obtenidos fueron sometidos a las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon. De acuerdo con **Ortega et al. (2021)**, esta prueba es ideal para comparar tratamientos cuando se trabaja con datos ordinales que provienen de paneles sensoriales y no se puede asumir normalidad en la distribución de los datos. La prueba de Friedman permitió determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados.

Posteriormente, en los parámetros que existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) se aplicó la prueba de Wilcoxon utilizada para comparaciones pareadas con la finalidad de identificar entre que tratamientos existen diferencias. Esta prueba realiza comparaciones entre dos muestras relacionadas para evaluar si existen diferencias significativas entre sus medianas (**Ortega et al., 2021**).

2.1.3. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y calidad microbiológica de la formulación mejor valorada mediante el análisis sensorial

2.1.3.1. Prueba de pH

Para la determinación del pH del pan integral se utilizó la metodología establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 526:2012, se utilizó un potenciómetro equipado con un electrodo de vidrio mismo que fue calibrado previamente con soluciones tampón estándar. La muestra fue homogeneizada con agua estilada siguiendo los lineamientos del *Codex Alimentarius*. Finalmente, se midió el pH de forma directa en la suspensión con la finalidad de evaluar del grado de acidez o alcalinidad del producto **(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)**.

2.1.3.2. Prueba de acidez titulable

Para la determinación de la acidez titulable del pan integral se determinó mediante una titulación ácido-base utilizando como agente titulante hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N y como indicador fenolftaleína. La muestra fue previamente homogeneizada con agua destilada y se tituló hasta observar un cambio en la tonalidad a rosa misma que persistió durante 30 segundos, lo que indicó la neutralización de los ácidos presentes en el alimento. Este método se siguió con lo establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana, utilizado en harinas de origen vegetal. Dicha norma define el método de titulación y el cálculo de la acidez en función del volumen de NaOH consumido, su concentración y la masa de la muestra analizada. Se expresó como porcentaje de ácido sulfúrico, para su conversión se utilizó el factor de conversión de 0,049 y se aplicó la siguiente fórmula **(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013b)**.

$$\%Acidez = \frac{V \times N \times 0,049}{m} \times 100$$

En donde:

V= Volumen de hidróxido de sodio gastado en la titulación en ml

N= Normalidad del hidróxido de sodio

m= Masa de la muestra analizada en gramos

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013b)

2.1.3.3. Textura

La metodología utilizada fue la descrita en el método AACC 74-09.01 que se basa en procedimientos instrumentales aplicados para medir firmeza y frescura de productos horneados. Para evaluar la textura del pan integral se utilizó un texturómetro BROOKFIELD modelo CT3 10K con la sonda TA11/1000, mismo que permite realizar una medición objetiva y estandarizada de productos de panificación (AACC International, 2011). Mediante este análisis se determinaron parámetros como dureza, fuerza de adhesividad, adhesividad, resiliencia, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad de la miga del pan integral, parámetros que varían al sustituir un porcentaje de la harina integral por cascarilla de cacao.

2.1.3.4. Color

En cuanto a la determinación del color de la miga y la corteza del pan integral se utilizó un colorímetro espectrofotométrico, este instrumento permite cuantificar de forma objetiva las variaciones cromáticas producidas en el pan al sustituir un porcentaje de harina integral de trigo por cascarilla de cacao y por las reacciones químicas de Maillard y caramelización que se producen durante el horneado del pan. El análisis colorimétrico se realizó conforme lo establecido en la Norma ISO 11664-4:2008 (Colorimetría – Parte 4: CIE 1976 Lab*) misma que describe el procedimiento a realizar para determinar los parámetros luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*) y coordenada amarillo-azul (b^*), parámetros analizados bajo condiciones normalizadas de iluminación (Normalización Española, 2008).

2.1.3.5. Actividad de agua

La actividad de agua del pan integral se determinó mediante el método descrito en la norma ISO 18787:2017, en donde con la ayuda de un medidor digital de actividad de agua de la marca AQUALAB que fue calibrado previamente. La medición se realizó colocando una porción representativa de la miga del pan en la cámara del equipo, evitando la compactación de la muestra y a una temperatura aproximada de 25 °C hasta obtener una lectura estable de la cantidad de agua libre disponible en el alimento (ISO, 2017).

2.1.3.6. Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad del pan integral se utilizó el método para la determinación de humedad en cereales descrito en la norma NTE INEN 1462:2013, utilizando la balanza infrarroja en donde se colocó la muestra con un peso de 5 a 10 gramos dentro de la balanza y la misma se calentó con radiación infrarroja, evaporando el agua de la muestra mientras la balanza registra de manera

continúa la disminución en el peso hasta llegar a un peso constante. El valor obtenido fue comparado con los límites establecidos dentro de la Norma INEN 95 para pan en donde especifica que la humedad para pan integral no debe ser mayor al 40% (**Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013**).

2.1.3.7. Determinación de cenizas

Para la determinación del contenido de cenizas se utilizó el método de incineración en horno de mufla, de acuerdo con el método AOAC 923.03. Este procedimiento consistió en someter la muestra a temperaturas altas entre 525 y 550 °C, con la finalidad de eliminar la materia orgánica de la muestra por oxidación. Luego que la muestra alcance la temperatura establecida la muestra permaneció en la mufla hasta que se obtuvo el residuo inorgánico de masa constante mismo que corresponde al contenido de cenizas. La determinación se realizó por triplicado para asegurar la precisión de los resultados (**AOAC, 2005**).

2.1.3.8. Determinación de grasa

Para la determinación de grasa del pan integral se realizó mediante el método IE-AQ-06/AOAC 2003 modificado, que se basa en la extracción de lípidos con un solvente orgánico mediante el sistema Randall/Soxtec. Este método permite separar la fracción lipídica de la muestra por la acción del hexano, seguido de la evaporación del solvente y pesado del residuo de grasa que se expresa como porcentaje de grasa cruda (**AOAC, 2003**).

2.1.3.9. Determinación de proteína

La determinación de proteína se realizó mediante el método IE-AQ-07/AOAC 2001 modificado, basado en la técnica Kjeldahl. Este método comprende de tres etapas: digestión, destilación y valoración. En la primera etapa, la muestra fue calentada con ácido sulfúrico concentrado con la finalidad de descomponer la materia orgánica y convertir el nitrógeno presente en sulfato de amonio. En la segunda etapa, se añadió una base fuerte al digerido con el propósito de liberar el amoníaco mismo que fue arrastrado por destilación y capturado en un matraz con una solución ácida estándar. Finalmente, en la tercera etapa el amoníaco retenido fue titulado con una solución ácida de concentración conocida permitiendo calcular el contenido de nitrógeno, valor que fue multiplicado por el factor de conversión correspondiente para estimar el contenido de proteína total (**AOAC, 2017**).

2.1.3.10. Cuantificación del contenido de fibra dietética total del pan

La cuantificación de la fibra dietética total se realizó del control y del tratamiento mejor valorado en el análisis sensorial empleando el método IE-AQ-78/AOAC 985,29 que permite determinar la fibra dietética total (FDT). El método se basa en la cuantificación de la fracción no digerible de la muestra, mediante la hidrólisis de la proteína y almidón con la ayuda de enzimas. Seguido de la recuperación, secado y pesado del residuo que se expresa en porcentaje de fibra dietética total (McCleary, 2023).

2.1.3.11. Determinación de carbohidratos

El cálculo de los carbohidratos a diferencia de los demás componentes, se obtuvo restando del 100% los valores obtenidos en los análisis de humedad, cenizas, grasa y proteína para obtener el porcentaje de carbohidratos totales (McLughlin et al., 2023).

2.1.3.12. Recuento de *Escherichia coli*

Para la cuantificación de *Escherichia coli* se realizó mediante la Norma INEN 1529-6 y se llevó a cabo utilizando las placas Compact Dry específicas en donde se inoculó 1 mL de la muestra diluida y se incubó por 24 horas (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1990).

2.1.3.13. Recuento de mohos y levaduras

Para la cuantificación de mohos y levaduras se realizó en base a la Norma INEN 1529-11, se utilizó placas Compact Dry específicas, se inoculó 1 mL de la muestra diluida y se incubó las placas a 25 °C durante 5 días (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013).

3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Elaboración de pan integral variando los porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*).

3.1.1.1. Contenido de humedad de las harinas

Se registraron los valores de humedad de las harinas de trigo, integral y de cascarilla de cacao con la finalidad de garantizar la calidad del producto final como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados del contenido de humedad de las harinas utilizadas

Tipos de harina	Promedio (%)
Harina de trigo	12,934 ± 0,050
Harina integral de trigo	13,015 ± 0,025
Harina de cascarilla de cacao	5,038 ± 0,018

Nota. Los valores reportados son promedios ± la desviación estándar.

Los resultados obtenidos cumplen con los criterios establecidos en la norma del **Codex 152-1995** para harina de trigo, harina integral de trigo y harina de subproductos industriales. En concordancia con **Paucar-Menacho et al. (2016)** quienes mencionan que el contenido de humedad de la harina de trigo refinada se debe encontrar en un rango de 12 a 14 y de la harina integral en un rango de 12 a 15% debido a la presencia del salvado de trigo por lo que presenta mayor porcentaje de retención de agua. Además, el contenido de humedad de la harina de subproductos de origen industrial como lo es la de cascarilla de cacao oscila entre 5% a 10%, este porcentaje bajo de humedad se relaciona de forma directa con las condiciones de procesamiento de la cascarilla (**Burgos et al., 2020**).

3.1.1.2. Formulaciones para la elaboración de pan integral con las diversas sustituciones de harina integral de trigo por harina de cascarilla de cacao

Se realizaron 4 tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución de la harina integral de trigo por cascarilla de cacao como se muestra en la Tabla 4.

Las sustituciones realizadas fueron realizadas específicamente en el porcentaje de harina integral de trigo por cascarilla de cacao teniendo en cuenta que el porcentaje de cascarilla de cacao sea inferior al 15% en la formulación general de acuerdo con lo descrito por **Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, (2017)** quienes mencionan que sustituciones superiores al porcentaje mencionado genera efectos negativos en las propiedades tecnológicas y sensoriales como la dureza y aceptabilidad general del pan principalmente debido al alto contenido de fibra dietética insoluble en la cascarilla de cacao lo que interfiere directamente en la formación de la red de gluten modificando las características finales del producto. Además, la presencia de compuestos fenólicos y pigmentos naturales en la cascarilla de cacao aporta la generación de tonalidades oscuras y sabor a amargo - astringente en el pan, por lo que, el porcentaje de sustitución no debe superar el mencionado anteriormente (**Hernández-Aguilar et al., 2023**).

3.1.2. Determinación de la mejor formulación mediante un análisis sensorial.

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman, con la finalidad de determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Posteriormente, en los parámetros que existió diferencia significativa se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Wilcoxon para identificar las diferencias específicas existentes entre los tratamientos. En la Tabla 7, se pueden apreciar los valores de media $\pm$ desviación estándar, juntos con las letras superíndices que permiten identificar las diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tabla 7

Estadísticos descriptivos, prueba de Friedman y Wilcoxon de cinco atributos evaluados en pan integral con sustitución parcial de harina integral de trigo por cascarilla de cacao

Tratamientos	Estadísticos descriptivos				
	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad
Control, X ± DE	2,67 ± 0,55 ^a	2,50 ± 0,38 ^b	2,60 ± 0,50 ^a	2,57 ± 0,57 ^b	2,67 ± 0,48 ^b
HI85CC15, X ± DE	2,50 ± 0,68 ^{bc}	2,23 ± 0,68 ^c	2,70 ± 0,47 ^a	2,37 ± 0,72 ^{bc}	2,33 ± 0,61 ^c
HI75CC25, X ± DE	2,53 ± 0,73 ^{ab}	2,83 ± 0,68 ^a	2,77 ± 0,43 ^a	2,73 ± 0,52 ^a	2,80 ± 0,48 ^a
HI55CC45, X ± DE	2,17 ± 0,75 ^c	2,23 ± 0,63 ^c	2,53 ± 0,63 ^a	2,10 ± 0,84 ^d	2,27 ± 0,74 ^c
HI45CC55, X ± DE	2,23 ± 0,77 ^c	2,27 ± 0,74 ^c	2,50 ± 0,78 ^a	1,97 ± 0,85 ^{cd}	2,23 ± 0,73 ^c
Prueba de Friedman	Rangos promedio				
Control	3,52	3,17	2,88	3,42	3,37
HI85CC15	3,05	2,63	3,12	2,93	2,62
HI75CC25	3,27	3,88	3,30	3,68	3,73
HI55CC45	2,57	2,62	2,78	2,57	2,68
HI45CC55	2,60	2,70	2,92	2,40	2,60
p	0,017	<0,001	0,479	<0,001	<0,001

Nota. Los valores reportados son promedios ± la desviación estándar. Las letras superíndice indican si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Apariencia

El análisis del atributo de apariencia mostró diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Friedman ($p = 0,017$), en donde se destaca principalmente el control con las puntuaciones más altas y los tratamientos con los porcentajes de sustitución más altos (HI55CC45 y HI45CC55) presentaron las valoraciones más bajas. Este fenómeno puede atribuirse a la interferencia de la fibra insoluble presente en la cascarilla de cacao lo que puede provocar un tejido irregular, menor volumen y miga menos uniforme (Caro-Cusba et al., 2021).

Investigaciones recientes de **Ives et al. (2021)** han demostrado que la adición de una gran cantidad de subproductos ricos en fibra puede afectar de forma significativa la apariencia y las propiedades visuales del pan debido a cambios en la estructura interna y distribución de la miga. Por lo que niveles moderados de sustitución, como el tratamiento HI75CC25, mantienen características finales aceptables, lo que concuerda con investigaciones que recomiendan sustituciones de hasta el 15% pues se conserva la calidad tecnológica del pan (**Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017**).

Color

En cuanto al atributo de color se evidenciaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$), destacándose el tratamiento HI75CC25 con la puntuación más elevada en comparación con el control y los demás tratamientos. Estos resultados pueden deberse a la presencia de cascarilla de cacao en la formulación debido a que genera tonos marrones en el producto final y son agradables para los consumidores.

Estos resultados concuerdan con los estudios de **Hernández-Aguilar et al. (2023)** quienes mencionan que la presencia de pigmentos naturales y compuestos fenólicos intensifican el color del pan, produciendo un color más oscuro que puede ser percibido como agradable o atractivo por los consumidores. Sin embargo, porcentajes elevados de sustitución provocan un oscurecimiento excesivo incrementando los valores de (L^*) y reduciendo la aceptación por parte del consumidor.

Olor

El parámetro olor no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,479$), estos resultados indican que sustituir parcialmente la harina integral de trigo por cascarilla de cacao no afecta de forma significativa este parámetro sensorial. Este comportamiento puede deberse a que el aroma del pan se origina principalmente en la fermentación y las reacciones de Maillard durante el horneado, mismos que no se ven afectados significativamente por la incorporación de este subproducto en niveles moderados (**Chamorro-Gómez et al., 2023**).

Sabor

El atributo sabor presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), en donde se destaca principalmente el tratamiento HI75CC25 obteniendo la puntuación más alta de 2,73 lo que indica su preferencia por parte de los evaluadores. Por el contrario la aceptabilidad del sabor disminuyó en los tratamientos con mayor porcentaje de sustitución (HI55CC45 y HI45CC55). Los resultados obtenidos pueden deberse a que los tratamientos con mayor contenido de cascarilla de cacao presentaron un

sabor a chocolate amargo intenso lo que hace que disminuya la preferencia por parte de los evaluadores.

Según **Chun-Wei et al. (2024)** este fenómeno puede atribuirse a las altas concentraciones de compuestos fenólicos en la cascarilla de cacao lo que produce amargor o astringencia en el producto final por lo que agregar subproductos ricos en polifenoles en concentraciones bajas o medias mejora las propiedades sensoriales, pero en concentraciones altas, puede afectar de forma negativa el sabor.

Aceptabilidad

Los resultados de aceptabilidad general mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) obteniendo las puntuaciones más altas de 2,80 para el tratamiento HI75CC25, seguido del control con un valor de 2,67. El comportamiento observado puede atribuirse a que sustituciones elevadas de harina integral de trigo por cascarilla de cacao pueden generar cambios negativos como sabores astringentes o colores marrones muy oscuros en producto final lo que puede resultar poco atractivo para los consumidores.

En concordancia con **Amarachi et al. (2025)** los resultados obtenidos corroboran que una sustitución moderada de harina integral de trigo por cascarilla de cacao puede mejorar la calidad del pan sin afectar de forma negativa sus características sensoriales, por el contrario, porcentajes elevados de sustitución reducen la aceptabilidad debido a cambios en el sabor, la textura y la apariencia. Estos resultados son consistentes con lo descrito por **Chun-Wei et al. (2024)** quienes mencionan que una sustitución de 10% al 15% son viables pues se alcanza un balance entre funcionalidad y aceptación del producto final.

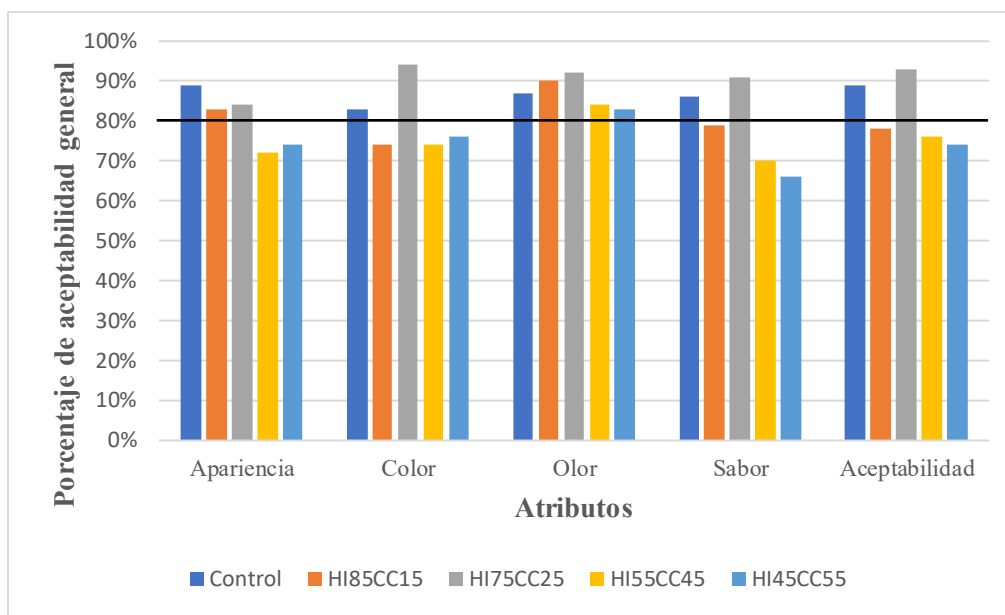


Figura 2: Porcentaje de aceptabilidad general para cada parámetro de los tratamientos de pan integral.

Nota. En la gráfica se incluye una línea horizontal de referencia ubicada en el 80% lo que indica el umbral de aceptabilidad sensorial.

Aceptabilidad general

El tratamiento HI75CC25 posee el porcentaje más alto de aceptación por parte de los evaluadores, seguido del control. Ambos superan el umbral del 80% de aceptación sensorial en todos los atributos evaluados. Estos resultados reflejan que niveles elevados de sustitución afectan de forma negativa todos los parámetros sensoriales evaluados.

De acuerdo con el estudio realizado por **Rinaldi et al. (2020)**, un porcentaje superior al 15% de cascarilla de cacao en la formulación puede alterar las características finales debido a que la fibra dietética interfiere de forma directa en la formación de gluten reduciendo el volumen y calidad visual del pan. Además, la presencia de compuestos fenólicos en la cascarilla de cacao produce cambios como colores marrones y sabores a chocolate, por lo que, en porcentajes moderados de sustitución puede resultar atractivo para los consumidores (**Belwal et al., 2022**).

3.1.3. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y calidad microbiológica de la formulación mejor valorada mediante el análisis sensorial.

3.1.3.1. Propiedades fisicoquímicas del pan integral

A continuación, se detallan los análisis fisicoquímicos realizados al control y al tratamiento mejor valorado en el análisis sensorial (HI75CC25). Realizando una comparación entre los valores obtenidos en cada uno de los parámetros. Los valores obtenidos se detallan en la Tabla 8 y en la Tabla 9.

Tabla 8

Análisis fisicoquímicos del pan integral (Control vs HI75CC25)

Parámetro	Control	HI75CC25
Acidez titulable (%)	$0,27 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,01$
pH	$5,65 \pm 0,03$	$5,47 \pm 0,04$
Color	L: $36,7 \pm 3,03$	L: $20,2 \pm 2,28$
	a: $22,3 \pm 0,98$	a: $4,7 \pm 3,12$
	b: $22,3 \pm 1,10$	b: $5,9 \pm 2,24$
Actividad de agua (aw)	$0,88 \pm 0,01$	$0,84 \pm 0,02$

Nota. Los valores descritos son promedios $\pm$ la desviación estándar (n=3). La acidez se expresa en porcentaje de ácido sulfúrico. El color en coordenadas del sistema CIELab, L* representa la luminosidad, a* el eje rojo-verde y b* el eje amarillo-azul.

Acidez titulable

En los resultados obtenidos se observa que el tratamiento HI75CC25 presentó un valor de $0,29 \pm 0,01$ que es ligeramente superior de acidez titulable en comparación con el control que obtuvo un valor de $0,27 \pm 0,01$. Este comportamiento se asocia con los resultados de **Muñoz-Bernal et al. (2024)**, quienes mencionan que este incremento en la acidez puede deberse a la incorporación de subproductos agrícolas con presencia de compuestos bioactivos como lo es la harina de cascarilla de cacao que contiene compuestos fenólicos y ácidos orgánicos que incrementan la acidez total del sistema debido a su influencia en la actividad fermentativa de la masa intensificando este parámetro fisicoquímico. Según **(Suca-Apaza et al., 2022)**, el rango de acidez permitido para productos de panificación es de 0,2 a 0,4 lo que concuerda con los valores obtenidos en este estudio y confirma

que una sustitución moderada de harina integral del trigo por cascarilla de cacao no genera alteraciones negativas en la calidad fisicoquímica del producto final.

pH

En cuanto al pH se obtuvo un valor de $5,47 \pm 0,04$ en el tratamiento HI75CC25 que es inferior al valor del control que es de $5,65 \pm 0,03$. Ambos valores se encuentran dentro del rango de 4,3 a 7 establecido en la norma NTE INEN 2945 para todos los tipos de pan (**Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016**). El comportamiento observado en el pH del tratamiento HI75CC25 puede relacionarse con los resultados obtenidos por **Muñoz-Bernal et al. (2024)**, quienes en su estudio realizaron la evaluación funcional y sensorial de pan elaborado con harina de trigo enriquecida con subproductos del vino, los autores mencionan que la adición de subproductos de origen vegetal puede incrementar la acidez y reducir el pH del producto final por la presencia de ácidos orgánicos en la composición del subproducto vegetal. De manera similar **Tolve et al. (2021)** verificaron una disminución significativa del pH en panes fortificados con orujo de uva en comparación con el control, lo que confirma que la adición de subproductos vegetales ricos en compuestos bioactivos modifica las propiedades ácido-base de la matriz panadera dando como resultado una relación inversa entre el pH y la acidez.

Color

Los resultados de color mostraron los valores obtenidos de $20,2 \pm 2,28$ para L^* , $4,7 \pm 3,12$ para a^* y $5,9 \pm 2,24$ para b^* en el tratamiento HI75CC25 son significativamente menores que los obtenidos en el control, lo que indica que es un pan más oscuro y con menor intensidad en las tonalidades rojizas y amarillas. Según **Purlis (2010)** en el sistema CIELab la reducción de L^* refleja una menor luminosidad, mientras que, la disminución de los valores a^* y b^* indica una disminución en la saturación cromática. Este fenómeno es consistente con los hallazgos de **Chun-Wei et al. (2024)**, quienes realizaron panes enriquecidos con cascarilla de cacao y evidenciaron que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución se reduce la luminosidad y los tonos amarillos del producto final debido al color oscuro de la cascarilla de cacao y a las reacciones de pardeamiento que ocurren durante el horneado.

Actividad de agua

Con respecto a la actividad de agua, el tratamiento HI75CC25 obtuvo un valor de $0,84 \pm 0,02$ inferior en comparación con el control que fue de $0,88 \pm 0,01$. Este comportamiento indica que el pan con sustitución parcial por cascarilla de cacao presentó menor disponibilidad de agua libre. Estos resultados podrían ser favorables desde el punto tecnológico puesto que la FDA menciona que un valor de actividad de agua menor o igual a 0,85 puede limitar de manera importante el crecimiento

microbiano en el producto final, sin embargo, en pan fresco la actividad de agua puede superar el 0,90 lo que lo hace más susceptible al deterioro por mohos y levaduras (**Food and Drug Administration, 2016**).

En comparación con otros estudios, los valores obtenidos en este son menores que los detallados por **Sempio et al.(2024)** en un pan enriquecido con mezclas de fibras dietéticas solubles e insolubles, en donde la actividad de agua de los panes fue de 0,94 y 0,98. No obstante, los resultados obtenidos son similares a los mostrados por **Iberedem & Ayten (2025)** en panes formulados con harina de yuca y jengibre donde la actividad de agua fue de 0,84 y 0,88, además, mencionan que la disminución de la actividad de agua puede relacionarse con el contenido de fibra dietética total y capacidad de retención de agua de los ingredientes utilizados en la formulación como lo es en este caso la cascarilla de cacao que contiene alrededor de 61,18/100 g y 3,47 g/g respectivamente (**Botella-Martínez et al., 2021**).

Tabla 9

Parámetros de textura del pan integral (Control vs HI75CC25)

Parámetro	Unidad	Control	HI75CC25
Ciclo 1 Dureza	N	16,42 ± 1,87	19,44 ± 1,34
Fuerza de adhesividad	N	0,08 ± 0,00	0,39 ± 0,08
Adhesividad	mJ	0,25 ± 0,07	2,25 ± 0,35
Resiliencia	-	0,1 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Ciclo 2 Dureza	N	14,18 ± 1,21	16,85 ± 2,04
Cohesividad	-	0,45 ± 0,07	0,35 ± 0,01
Elasticidad	mm	19,51 ± 1,78	17,05 ± 1,94
Firmeza	N	5,71 ± 0,90	8,80 ± 2,00
Masticabilidad	mJ	96,45 ± 5,16	211,9 ± 1,70

Nota. Los valores reportados corresponden a los promedios ± la desviación estándar (n=3).

Dureza Ciclo 1 y Ciclo 2

En los resultados se observa que el tratamiento HI75CC25 posee un ligero incremento en la dureza en ambos ciclos presentando valores de 19,44 ± 1,34 N para el tratamiento HI75CC25 16,42 ± 1,87 N para el control en el ciclo 1. En el ciclo dos valores de 16,85 ± 2,04 N para el tratamiento HI75CC25 y 14,18 ± 1,21 N para el control. Este incremento indica que el pan con sustitución parcial por cascarilla de cacao requiere una mayor fuerza para ser comprimido o mordido debido a que posee una miga más compacta y resistente.

Los resultados obtenidos son consistentes con **Verbeke et al. (2024)** quienes en su estudio realizaron una sustitución de harina por fibras de arveja, cacao y manzana en donde observaron un incremento en la absorción de agua y reducción en el volumen del pan debido a la interferencia de la fibra durante el desarrollo de la red de gluten con respecto al control. De la misma manera **Bouaziz et al. (2020)** en su estudio utilizaron semillas de dátil como fuente de fibra dietética para mejorar la textura y propiedades sensoriales del pan de trigo, observaron que algunos polisacáridos derivados de semillas de dátil incrementaron la dureza del pan en comparación con el control, además, mencionaron que la dureza del pan puede estar relacionada de forma directa con la interacción entre el gluten y la fibra dietética. De esta manera la dureza observada en el tratamiento HI75CC25 se explica por la estructura de la miga más cerrada y menos aireada.

Fuerza de adhesividad y adhesividad

La fuerza de adhesividad y adhesividad del tratamiento HI75CC25 con valores de $0,39 \pm 0,08$ N y $2,25 \pm 0,35$ mJ respectivamente, fueron superiores con respecto al control que presentó valores de $0,08 \pm 0,00$ N y $0,25 \pm 0,07$ mJ para cada uno de los parámetros mencionados anteriormente. Este resultado indica que la miga del pan con sustitución por cascarilla de cacao requirió mayor fuerza y energía para separarse de la sonda, es decir, desde el punto de vista sensorial este pan se adhiere con mayor facilidad al paladar, dientes o lengua durante la masticación.

Los resultados obtenidos pueden asociarse al contenido de fibra, compuestos hidrofílicos y mayor capacidad de retención de agua de la cascarilla de cacao (**Alinovi et al., 2022**). En comparación con el estudio de **Pirca-Palomino et al. (2024)** quienes realizaron panes enriquecidos con harina de hoja de mango y reportaron valores de adhesividad de entre 0,02 y 0,25 mJ inferiores a los obtenidos en el tratamiento HI75CC25. Esta variación puede atribuirse a la distinta naturaleza del ingrediente incorporado en la formulación.

Resiliencia

El tratamiento HI75CC25 obtuvo un valor de resiliencia $0,08 \pm 0,01$ que es menor en comparación con el control que presentó un valor de $0,1 \pm 0,01$ lo que indica que el pan con sustitución por cascarilla de cacao tardó más tiempo en recuperarse de la compresión inicial debido a su estructura más rígida y con menor elasticidad. En el aspecto sensorial, este pan presenta mayor pegajosidad o permanencia de la miga en la boca.

Este resultado es similar a los hallazgos de **Rinaldi et al. (2020)** quienes informaron que panes enriquecidos con fracciones de cascarilla de cacao tuvieron menor resiliencia que el control, atribuyendo los resultados a la modificación en estructura alveolar de la miga debido a la presencia

de fibra en la cascarilla de cacao. **Alinovi et al. (2022)** también obtuvieron resultados similares, señalando que la resiliencia del pan depende principalmente del contenido de humedad y la estructura interna, por lo tanto, la presencia de fibra dietética en la formulación altera este parámetro.

Cohesividad

La cohesividad en el tratamiento HI75CC25 fue menor con un valor de $0,35 \pm 0,01$ con respecto al control con un valor de $0,45 \pm 0,01$. Este comportamiento muestra que la miga del pan con sustitución por cascarilla de cacao presentó menor capacidad para mantenerse integrada después de ser comprimido durante la masticación.

Este resultado es coherente con el estudio de **Dahdah et al. (2024)** quienes evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por orujo de aceituna liofilizado y determinaron que la cohesividad del pan disminuye conforme aumenta el porcentaje de sustitución. De manera similar, **Almoumen et al. (2025)** informaron que la adición del 20% de pulpa de dátil redujo la cohesividad en un 18% con respecto al control, lo que respalda que un alto contenido de fibra dietética en la formulación puede debilitar la continuidad de la matriz gluten-almidón.

Elasticidad

Con respecto a la elasticidad, el tratamiento HI75CC25 obtuvo un valor de $17,05 \pm 1,94$ mm menor al compararlo con el control con un valor de $19,51 \pm 1,78$ mm. El resultado obtenido indica que la miga del pan HI75CC25 presentó menor capacidad para volver a su forma inicial después de ser deformado por la compresión o mordida.

Este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos por **Mashau et al. (2024)** quienes en pan sustituyeron harina de trigo por harina de plátano verde de cultivos no comerciales en donde observaron que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución disminuye la elasticidad de la miga del pan. De manera similar **Liu et al. (2023)** al fortificar pan de trigo con harina de la raíz de *Platycodon grandiflorus*, evidenciaron que porcentajes altos de sustitución afectan de forma negativa la elasticidad y la microestructura de la masa generando panes con menor volumen específico y diferente textura en comparación con el control. Estas evidencias respaldan que el contenido de fibra dietética en la formulación reduce la elasticidad del pan.

Firmeza

En comparación con el control que presentó un valor de $5,51 \pm 0,90$ N, el tratamiento HI75CC25 presentó mayor firmeza con un valor de $8,80 \pm 0,01$ N. Este incremento indica que el pan con sustitución parcial por cascarilla de cacao tuvo una textura más densa y compacta resistente a la compresión o mordida. Este fenómeno puede deberse a la capacidad de la fibra presente en la cascarilla de cacao para absorber agua, reducir la disponibilidad de agua requerida por el gluten e incrementar la densidad de la masa.

Este resultado es consistente con los hallazgos de **Lysakowska et al. (2025)** quienes realizaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de *Cordyceps sinensis* en pan y observaron que la dureza del pan aumentó en un 46,9% con respecto al control, atribuyendo este comportamiento a la reducción de la porosidad y al debilitamiento de la fuerza de la red de gluten.

Masticabilidad

En cuanto a masticabilidad el tratamiento HI75CC25 obtuvo un valor de $211,9 \pm 0,70$ mJ significativamente mayor con respecto al control que presentó un valor de $96,45 \pm 5,16$ mJ. Este resultado indica que el pan del tratamiento HI75CC25 requirió más energía de masticación para lograr niveles óptimos de deglución. Este comportamiento puede estar relacionado con el aumento de la dureza del pan por la presencia de fibra ya que requiere mayor esfuerzo de masticación.

De forma semejante, **Abedin et al. (2025)** informaron que al agregar mijo cola de zorro y pulpa de plátano maduro en la formulación de pan de trigo, la dureza, adhesividad y masticabilidad del pan incrementaron, además, atribuyeron estos cambios al efecto que producen los ingredientes con alto contenido de fibra sobre la estructura de la miga del pan. **Muñoz-Bernal et al. (2024)** también observaron resultados similares al fortificar pan con subproductos de uva, debido a que la presencia de fibra dietética y compuestos fenólicos alteran la dureza, cohesividad y masticabilidad del pan.

3.1.3.2. Composición proximal del pan integral

En cuanto a la composición proximal, los valores obtenidos se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10*Análisis proximales del pan integral (Control vs HI75CC25)*

Parámetro	Control	HI75CC25
Humedad (%)	35,53 ± 0,28	34,10 ± 0,19
Cenizas (%)	1,82 ± 0,03	2,16 ± 0,07
Grasa (%)	16,68 ± 0,07	13,30 ± 0,07
Proteína (%)	10,13	9,67
Fibra dietética (%)	5,25	6,44
Carbohidratos (%)	30,59	34,33

Nota. Los valores de humedad, cenizas y grasa corresponden a los promedios ± la desviación estándar (n=3). Los valores de proteína, fibra y carbohidratos se reportan como valores únicos. Los carbohidratos se determinaron por diferencia.

Humedad

El contenido de humedad para el control con un valor de 35,53 ± 0,28 y el tratamiento HI75CC25 con un valor de 34,110 ± 0,01 se encuentran dentro de lo establecido en la norma NTE INEN 2945 para todos los tipos de pan, valor que no debe superar el 45% (**Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016**). En los resultados obtenidos, el tratamiento HI75CC25 mostró una ligera disminución con respecto al control, lo que indica que la adición de cascarilla de cacao en la formulación redujo el contenido de humedad en el producto final.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por **Chun-Wei et al. (2024)** en pan fortificado con cascarilla de cacao, este estudio mostró una disminución de la humedad del 35,81% en el control al 34,23% en el tratamiento con 25% de sustitución por cascarilla de cacao. Este fenómeno se atribuye a la diferencia de contenido de humedad inicial entre las harinas de trigo y cascarilla de cacao como se muestra en la Tabla 6. A diferencia de otros estudios como el de **Dahdah et al. (2024)** quienes utilizaron el orujo de oliva que es un subproducto húmedo por lo que incrementó la humedad del pan hasta el 36,68%. En este sentido, los resultados obtenidos son coherentes con el uso de un subproducto con alto contenido de fibra dietética y una baja humedad.

Cenizas

El contenido de cenizas del tratamiento HI75CC25 fue superior en comparación con el control presentando valores de $2,16 \pm 0,07$ y $1,82 \pm 0,03$ respectivamente, lo que indica un mayor contenido de minerales como potasio, magnesio, calcio y fósforo por la presencia de cascarilla de cacao en la formulación.

Este comportamiento es similar a lo reportado por **Matínez & Ramos-Escudero (2024)** en un pan peruano tradicional con adición de subproductos agrícolas en su formulación, entre ellos cascarilla de cacao, donde el contenido de cenizas vario entre 1,01 y 2,18 g/100g lo que indica un mayor contenido de minerales en los panes reformulados. De forma semejante, **Prasad et al. (2024)** observaron un aumento significativo del contenido de cenizas en pan enriquecido con espinaca con valores desde 1,15 a 1,95 g/100g. **Wirkijowska et al. (2025)** también reportaron resultados similares en un pan con orujo de espin amarillo observando un incremento de 2,29% a 2,51% en el contenido de minerales atribuido al aporte mineral del subproducto incorporado en la formulación. De esta manera, los resultados obtenidos son coherentes debido a lo reportado en la literatura sobre el contenido de fibra dietética y minerales de la cascarilla de cacao que son de 59,1% y 17,9 mg/g respectivamente (**Gil-Ramírez et al., 2024**).

Grasa

El contenido de grasa del tratamiento HI75CC25 con un valor de $13,30 \pm 0,07$ disminuyó con respecto al control que presentó un valor de $16,68 \pm 0,07$ lo que indica que la sustitución de harina integral de trigo por cascarilla de cacao redujo el contenido lipídico del pan integral debido a su gran contenido de fibra dietética.

Este fenómeno puede relacionarse con el bajo contenido de grasa de la cascarilla de cacao, ya que **Lu et al. (2018)** informaron que la cáscara de mazorca de cacao contiene alrededor de 1,5% y 2% de grasa en base seca, por lo que su incorporación en la fórmula puede generar un efecto de dilución sobre los lípidos presentes en la misma. Este resultado difiere de las observaciones de **Adeoti et al. (2023)** quienes elaboraron panes con cacao en polvo y cereales, determinando el contenido de grasa de los panes de 9,45% y 10,83% con una tendencia al incremento en este porcentaje debido al uso del cacao en polvo, ingrediente que posee una composición nutricional distinta a la cascarilla de cacao. Por lo tanto, desde la perspectiva nutricional la reducción observada en el tratamiento HI75CC25 puede ser favorable especialmente si se busca un pan integral con menor contenido de grasa.

Proteína

En cuanto al contenido de proteína se observa una disminución en el tratamiento HI75CC25 que presentó un valor de $9,67 \pm 0,01$ en comparación con el control con un valor de $10,13 \pm 0,01$ lo que puede atribuirse a la sustitución parcial realizada en la formulación, puesto que, la harina de trigo es la fuente principal de proteínas formadoras de gluten y la cascarilla de cacao posee una composición proteica menor. Además, los valores obtenidos se encuentran en concordancia con la norma NTE INEN 2945 para todos los tipos de pan que establece que el porcentaje de proteína en el pan debe ser superior al 7% (**Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016**).

Los resultados obtenidos son coherentes con el estudio de **Lu et al. (2018)** observaron que el contenido de proteína en base seca de la cáscara de mazorca de cacao es de aproximadamente el 7% al 10%. Este hallazgo es consistente con los resultados de **Amiza et al. (2022)** quienes elaboraron panes sustituidos por harina de cáscara de melón e indicaron que el contenido de proteína disminuyó de 6,86% a 6,04%, atribuyendo esta disminución a la sustitución de la harina de trigo por subproductos de origen vegetal con un bajo contenido proteico. Por lo tanto, el descenso en el porcentaje de proteína del tratamiento HI75CC25 se explica por la sustitución realizada en la formulación.

Fibra dietética

El contenido de fibra dietética fue superior en el tratamiento HI75CC25, con un valor de 6,44, frente al control, que obtuvo un valor de 5,25, este comportamiento puede atribuirse a la incorporación de la cascarilla de cacao en la formulación, debido a que este subproducto presenta un gran contenido de fibra dietética en su composición.

Este resultado es coherente con lo obtenido por **Lu et al. (2018)** quienes señalan que la cáscara de mazorca de cacao es una materia prima con alto contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectinas que son componentes que están relacionadas de forma directa con la fibra dietética, además, reportaron un porcentaje de aproximadamente el 60% en la cáscara de cacao de este parámetro. De manera similar, **Tolve et al. (2021)** informaron que la adición de polvo de orujo de uva al pan incrementa el contenido de fibra de 1,8 g/100 g en el control a 2,8 g/100 g en el tratamiento con 5% de sustitución. En este sentido, el comportamiento observado en el tratamiento HI75CC25 confirma que la adición parcial de subproductos agroindustriales ricos en fibra dietética puede mejorar el perfil nutricional del producto final.

Carbohidratos

En cuanto al contenido de carbohidratos se observa un incremento en el tratamiento HI75CC25, con un valor de 34,33, en relación con el control, que presentó 30,59. Sin embargo, este resultado debe interpretarse con precaución debido a que este parámetro se calcula por diferencia. Por lo tanto, el incremento observado no indica necesariamente una mayor cantidad de azúcares o almidón disponible, sino un cambio proporcional en la composición general del pan. En este caso, el aumento del contenido de carbohidratos en el tratamiento HI75CC25 puede explicarse principalmente por la disminución de los parámetros de humedad, grasa y proteínas frente al control.

Además, el estudio de **Djali et al. (2023)** demostró que la cascarilla de cacao tostada posee alrededor de 41% al 61% de carbohidratos estructurales que forman parte de la fibra dietética. Sin embargo, este comportamiento difiere de los hallazgos de **Dahdah et al. (2024)** quienes en pan fortificado con orujo de aceituna observaron que el contenido de carbohidratos disminuyó del 36,24% en el control al 29,11% en el tratamiento con 3% de sustitución. Por lo tanto, el mayor contenido de carbohidratos en el tratamiento HI75CC25 no debe considerarse como un factor negativo puesto que la formulación presentó menor contenido de grasa y mayor porcentaje de fibra y cenizas lo que mejora el perfil nutricional del pan integral.

Tabla 11

Análisis microbiológicos del pan integral (Control vs HI75CC25)

Parámetro	Control	HI75CC25
Mohos y levaduras (UFC/g)	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Ausencia	Ausencia

Mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras para las dos muestras analizadas dio como resultado ausencia de crecimiento, comprobando las condiciones higiénicas durante la elaboración del control y el tratamiento HI75CC25. Se utilizó como referencia la Norma Sanitaria Peruana RM N.º 1020-2010/MINSA aplicable para productos de panificación, galletería y pastelería que no requieren refrigeración como en este caso el pan, la norma establece un límite de 10^2 UFC/g para mohos. De esta manera la ausencia de crecimiento reportada se encuentra por debajo de los límites permitidos por lo que el producto cumple con los criterios microbiológicos aceptables (**Ministerio de Salud del Perú, 2010**).

Escherichia coli

El recuento de *Escherichia coli* presentó ausencia de crecimiento en las muestras analizadas, evidenciando las condiciones higiénico-sanitarias durante el proceso de elaboración del pan. La normativa ecuatoriana para pan NTE INEN 2945:2016, no establece criterios microbiológicos en el producto terminado (**Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016**). Por esta razón, se tomó como referencia complementaria el Reglamento Técnico Centroamericano para pan y productos de panadería y pastelería 67.04.50:17 que establece un límite permitido de <10 UFC/g para *Escherichia coli*. De esta manera, la ausencia observada en el presente estudio cumple de manera satisfactoria con dicho criterio microbiológico y confirma la seguridad microbiológica del producto final (**Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana, 2018**).

4. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La utilización de la cascarilla de cacao constituye una alternativa favorable para el desarrollo de productos horneados con alto valor nutritivo siempre que se utilicen porcentajes de sustitución adecuados que mantengan las propiedades del producto final. Este estudio evaluó las propiedades sensoriales, fisicoquímicas, proximales y microbiológicas del pan integral elaborado con sustitución parcial de harina integral de trigo por cascarilla de cacao.
- Se observó que la adición de cascarilla de cacao en la formulación modifica las características del pan debido a la composición fibrosa y pigmentada de este subproducto, por lo que, se elaboró un control de pan integral y cuatro formulaciones utilizando los siguientes porcentajes de sustitución (15%, 25%, 45% y 55%) de harina integral de trigo por cascarilla de cacao.
- Mediante un análisis sensorial se determinó que la mejor formulación fue la que contiene proporciones de 25% de cascarilla de cacao y 75% harina integral de trigo. Esta formulación presentó un equilibrio adecuado entre el porcentaje de sustitución y aceptabilidad del pan, destacándose por obtener el nivel más alto de aceptación sensorial frente al control y demás tratamientos evaluados.
- Los resultados de los análisis fisicoquímicos del tratamiento HI75CC25 se encontraron dentro de los rangos establecidos en la norma para pan NTE INEN 2945:2016. El tratamiento con 25% de sustitución de harina integral de trigo por cascarilla de cacao presentó una acidez titulable de 0,29%, un pH de 5,47, valores de color de L* 20,2, a* 4,7 y b* 5,9, una actividad de agua de 0,84 y una humedad de 34,10%. En cuanto a los análisis proximales, registró 2,16 de cenizas, 13,30% de grasa, 9,67 % de proteína, 6,44 % de fibra dietética y 34,33 % de carbohidratos. Finalmente, los análisis microbiológicos evidenciaron ausencia de *Escherichia coli*, mohos y levaduras, confirmando que el pan integral fue elaborado bajo condiciones higiénicas adecuadas, por lo que puede considerarse un producto microbiológicamente inocuo y apto para el consumo.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios posteriores orientados a la aplicación de la formulación HI75CCA25 en procesos de producción a gran escala, con la finalidad de evaluar su comportamiento tecnológico, rendimiento, costos de elaboración y estabilidad del producto, considerando que esta formulación presentó resultados favorables en cuanto a las características organolépticas y valor nutricional.
- Se sugiere evaluar la vida útil del pan integral con sustitución parcial por cascarilla de cacao bajo diversas condiciones de almacenamiento, considerando parámetros como el contenido de humedad, actividad de agua, crecimiento microbiano y aceptabilidad sensorial para establecer el tiempo y variables apropiadas para la conservación del producto final.
- Se recomienda realizar análisis específicos de polifenoles totales y capacidad antioxidante en el pan correspondiente al tratamiento HI75CC25, con la finalidad de respaldar de forma científica su potencial funcional y nutricional, además de promover al aprovechamiento sostenible de la cascarilla de cacao como subproducto de la industria cacaotera.

MATERIAL DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- AACC International. (2011). *Método AACC 74-09*.
- Abedin, J., Tajria, J., Mohammad, A., Tariqul, M., & Farzana, T. (2025). *Enhancing nutritional and antioxidant properties of wheat bread: The role of foxtail millet and ripe banana pulp*. 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100932>
- Adeoti, O., Alabi, A., Olatidoye, O., Elutilo, O., & Adebayo-Alabi, I. (2023). *Effect of Cocoa Bean (Theobroma cacao) Powder on the Physicochemical, Antioxidant and Acceptability Properties of Bread Produced from Blends of Selected Cereals Flour*. 11(3).
- Aguiar, S., Enríquez, M., & Uvidia, H. (2022). Residuos agroindustriales: Su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Científica de docencia, investigación y proyección social*, (27). <https://doi.org/https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Alanís-García, P., González-Rubio, L., Delgado-Olivares, L., & Cruz-Cansino, N. (2021). Fibra dietética: Historia, definición y efectos en la salud. *Salud y Educación*, 9(18). <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18>
- Alinovi, M., Rinaldi, M., & Chiavaro, E. (2022). *Chestnut peels and wheat bran at different water level influence the physical properties of pan bread*. 248, 1227-1237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00217-022-03959-3>
- Almoumen, A., Mohamed, H., Sobti, B., Ayyash, M., Kamleh, R., Al-Marzouqi, A., & Kamal-Eldin, A. (2025). *Quality of bread rolls fortified with date fruit pomace: Structure, proximate composition, staling, and sensory evaluation*. 38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nfs.2025.100214>
- Amarachi, P., Olusola, S., Durosimi, Y., Johnson, O., & Itunnu, F. (2025). *Valorization of Cocoa (Theobroma cacao) Bean Shell and Tigernuts (Cyperus esculentus) as Partial Wheat-Flour Replacer in Cookies Formulation: Nutritional and Quality Assessment*. 2(2), 174-187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fpf2.70009>
- Amiza, M., zamzahaila, M., & Nurnabila, N. (2022). *Physicochemical and sensory properties of bread incorporated with Melon Manis Terengganu (Cucumis melo var Inodorus cv. Manis Terengganu 1) peel powder*. 6(2), 444-446. [https://doi.org/https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(2\).313](https://doi.org/https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(2).313)
- Antuña, V., & Pérez, E. (2025). *Fagopyrum esculentum vs. Fagopyrum tataricum: Revisión sistemática de su potencial nutricional, funcional y tecnológico en la industria panadera*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125048/records/69033d547aadcc1109abcaf6>

- AOAC. (1990). *AOAC 920.39: Ether Extract in Feed*.
<https://es.scribd.com/document/480055415/AOAC-920-39>
- AOAC. (2005). *Método AOAC 923.03: Cenizas de Harina*.
<https://es.scribd.com/document/653002786/M923-03-Ceniza>
- AOAC. (2017). *Determinación de Proteína: AOAC 981.10*.
<https://es.scribd.com/document/365303872/Informe-6-Completo>
- Arriero, E. (2023). Diseño, elaboración, análisis sensorial y estudio de la composición nutricional de panes sin gluten. *Universidad Rey Juan Carlos*. <https://burjcdigital.urjc.es/items/8065496f-b20d-4adc-b1d0-f515420bbbb5>
- Arteaga-Almeida, C., Bustillos-Ortiz, A., & Bustillos-Ortiz, D. (2023). Alimentación del futuro. *Dialnet*, 108-202.
- Astiz, V., Salinas, M., & Puppo, M. (2022). *Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera*. 121(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Baldera, J., Granda, M., & Chavez, S. (2021). Capacidad antioxidante y polifenoles totales de infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) y macambo (*Theobroma bicolor*). *AgroPS*, 5(3).
- Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F., & Cravotto, G. (2022). *Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production Chain*. 11(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11060798>
- Benavides, V., Cortez, J., Aldas, A., & Revilla, K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Dialnet*, 10(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9063224>
- Botella-Martínez, C., Lucas-Gonzales, R., Ballerter-Costa, C., Pérez-Álvarez, J., Fernández-López, J., Delgado-Ospina, J., Chaves-López, C., & Viuda-Martos, M. (2021). *Ghanaian Cocoa (Theobroma cacao L.) Bean Shells Coproducts: Effect of Particle Size on Chemical Composition, Bioactive Compound Content and Antioxidant Activity*. 11(401). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11020401>
- Bouaziz, F., Ben, A., Koubaa, M., Ellouz, R., & Ellouz, S. (2020). *Date Seeds as a Natural Source of Dietary Fibers to Improve Texture and Sensory Properties of Wheat Bread*. 9(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9060737>
- Buraglia, M. (2021). *El diseño como estrategia de circularidad en el aprovechamiento de residuos agroindustriales*. 8(2).
- Burgos, G., Suárez, A., Alcívar, U., & Zambrano, A. (2020). Evaluación Técnica del enriquecimiento de harina de trigo con cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*). *Revista Colón Ciencias*

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151282002/index.html>

- Cáceres, S., López-Giraldo, L., & Muvdi-Nova, C. (2023). Extracción de polifenoles: Una comparación a partir de cáscara de cacao húmeda vs cáscara de cacao secada. *Scielo*, 25(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyv.v25i2.12223>
- Calixto, J., Guzmán, C., Pinzón, D., Gutiérrez, A., Rajaram, S., Solís, A., & Mariezcurrena, M. (2022). Identificación de alelos de gluteninas y gliadinas en harinas de trigo entero (*Triticum aestivum* L.) y su relación con la calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.24215/16699513e118>
- Calixto, J., Pinzón-Martínez, D., Jardón, J., Sanjaya, R., & Albarrán-Mucientes, M. (2021). *Calidad panadera de harinas de trigo entero mediante pruebas convencionales y una prueba no convencional*. 120(1).
- Caro-Cusba, N., Saavedra-Montañez, G., & Borrás-Sandoval, L. (2021). Evaluación de subproductos de *Solanum tuberosum* y *Daucus carota* mediante FES como alternativa en la alimentación animal. *Ciencia y Agricultura*, 18(2), 55-56.
- Chamorro-Gómez, R., Abad-Villar, D., Natividad-Bardales, Á., Estacio-Laguna, R., Ríos-García, G., Muñoz-Garay, S., Rojas-Portal, R., Cueto-Rosales, C., & Villanueva-Tiburcio, J. (2023). *Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)*. 10(2).
- Chun-Wei, W., Hui-Shan, S., Chih-Wei, Y., Pei-Ci, S., & Sheng-Dun, L. (2024). *Physicochemical, Antioxidant, Starch Digestibility, and Sensory Properties of Wheat Bread Fortified with Taiwanese Cocoa Bean Shells*. 13(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13172854>
- Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana. (2018). *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos*.
- Dahdah, P., Cabizza, R., Grazia, M., Fadda, C., Del Caro, A., Montanari, L., Hassoun, G., & Piga, A. (2024). *Effect of partial substitution of wheat flour with freeze-dried olive pomace on the technological, nutritional, and sensory properties of bread*. 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1400339>
- De la Cruz, K., & Castro, J. (2025). Biodegradación de Residuos Agroindustriales Uso de *Pleurotus ostreatus* en el Compostaje de Cáscaras de Cacao y Coco. *Dialnet*, 9726, 9(1), 9713.
- Djali, M., Santasa, K., Indiarito, R., Subroto, E., Fetriyuna, F., & Lembong, E. (2023). *Proximate Composition and Bioactive Compounds of Cocoa Bean Shells as a By-Product from Cocoa Industries in Indonesia*. 12(17). <https://doi.org/10.3390/foods12173316>

- Elías, J., García, C., Pérez, R., & Yauris, C. (2021). Caracterización Fisicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinoa (*chenopodium quinoa willd*) y Kiwicha (*amaranthus caudatus* L.) Germinadas. *Revistas INFOC*, 2(2), 69-83. <https://doi.org/https://doi.org/10.47192/rcs.v2i2.64>
- Enríquez, M., Torres, L., Monar-Vega, K., & Uvidia-Cavadiana, H. (2022). *Alimentos funcionales la tendencia del consumo del siglo XXI*. 2(1(2)). <https://doi.org/https://doi.org/10.47187/kmh29p98>
- Escobar, R. (2022). Influencia del tipo de harina en la formación de neo-contaminantes y características sensoriales de pan tipo “marraqueta”. *Universidad de Chile*. <https://doi.org/10.58011/q69b-e107>
- Espejo, J., Tumani, M., Aguirre, C., Sanchez, J., & Parada, A. (2022). Educación alimentaria nutricional: Estrategias para mejorar la adherencia al plan dietoterapéutico. *Revista chilena de nutrición*, 49(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182022000300391>
- Espitia-Rangel, E., Martínez-Cruz, A., Hortelano-Santa Rosa, R., Valverde-Ramos, M., & Sesma-Hernández, F. (2023). *Calidad panadera y galletera de mezclas de harina integral de amaranto y refinada de trigo*. 13(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i8.3162>
- Esponda-Pérez, J., & Moreno-Cortés, K. (2026). Estrategias de comercialización y elaboración de panadería artesanal por las mujeres zoques en Ocozocoautla, Chiapas. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 35(65). <https://doi.org/https://doi.org/10.24836/es.v35i65.1557>
- Ferreira, K., João, P., Anjos, A., Silva, M., Yoshie, C., & Piler, C. (2021). Impact of whole millet extruded flour on the physicochemical properties and antihyperglycemic activity of gluten free bread. *Elsevier*, 147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111495>
- Food and Drug Administration. (2016). *Water Activity (aw) in Foods*.
- García, M., & Valenzuela, M. (2025). Laboración y vida útil del pan de molde integral con inclusión de harinas de granos andinos. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/12869>
- Gil-Ramírez, A., Cañas, S., Monedero, I., Rebollo-Hernanz, M., Rodríguez-Rodríguez, P., Benítez, V., Arribas, S., Martín-Cabrejas, M., & Aguilera, Y. (2024). Uncovering cocoa shell as a safe bioactive food ingredient: Nutritional and toxicological breakthroughs. *Elsevier*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100461>

- Hans-Uwe, D., Zahra, A., & Sillanpaa, M. (2022). Evaluation of nutrients in bread: A systematic review. *Journl of Health, Population and Nutrition*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41043-022-00329-3>
- Hernández, B., Torres, M., & García, A. (2025). *Relación de gliadinas y gluteninas con la calidad fisiológica en diferentes genotipos de trigo (Triticum aestivum L.)*. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:69620/Description>
- Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, A., Romero-Galindo, R., Igno-Rosario, O., Valderrama-Bravo, C., Tsonchev, R., Contreras-Gallegos, E., & Cruz-Orea, A. (2023). *Caracterización colorimétrica, textura y calidad sanitaria de panes adicionados con maíces criollos y Cúrcuma longa*. 35. https://doi.org/https://doi.org/10.47566/2022_syv35_1-220407
- Huamán, S., Palomino, L., & Mosquera, C. (2024). Ingesta de fibra dietética y consumo de alimentos ultraprocesados asociado a la obesidad abdominal en escolares. *Nutrición clínica y Dietética Hospitalaria*, 44(4).
- Iberedem, R., & Ayten, T. (2025). *Effect of Cassava Flour and Ginger Powder Addition on Physicochemical and Antioxidant Properties of Bread*. 15(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app15073762>
- Iglesias, D., & Morejón, B. (2022). *Optimización del proceso de obtención de un extracto acuoso de cascarilla de cacao*. 53(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2221-24422022000100060&script=sci_arttext
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la cocentración de ión hidrógeno o pH*. <https://es.scribd.com/document/228282024/NTE-INEN-526-2012ph-de-Harina>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013a). *CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. MÉTODO BÁSICO DE REFERENCIA*. <https://es.scribd.com/document/653998348/NTE-INEN-1462-CEREALES-DETERMINACION-CONT-DE-HUMEDAD>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013b). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://es.scribd.com/document/653997386/NTE-INEN-521-DETERMINACION-DE-LA-ACIDEZ-TITULABLE-HARINAS-DE-ORIGEN-VEGETAL>
- ISO. (2017). *Determination of water activity*. <https://www.iso.org/standard/63379.html>
- Ives, Y., Goñas, K., Bernal, W., Vásquez, H., & Maicelo, J. (2021). *Caracterización química y digestibilidad in vitro de semillas y subproductos agroindustriales amazónicos con potencial*

- para alimentación animal.* 32(3).
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.18765>
- Li, J., Mesiar, R., Ouyang, Y., & Wu, L. (2023). *On the coincidence of the pan-integral and the Choquet integral.* 467. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fss.2023.108577>
- Liu, Y., Zhang, Q., Wang, Y., Xu, P., Wang, L., Liu, L., & Rao, Y. (2023). *Enrichment of Wheat Bread with Platycodon grandiflorus Root (PGR) Flour: Rheological Properties and Microstructure of Dough and Physicochemical Characterization of Bread.* 12(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12030580>
- Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., Van, I., Westwood, N., Shaw, L., Robinson, J., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., & Charalampopoulos, D. (2018). *Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions.* 14, 80-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>
- Łysakowska, P., Sobota, A., & Zarzycki, P. (2025). *Evaluation of the Physicochemical, Antioxidant and Sensory Properties of Wheat Bread with Partial Substitution of Wheat Flour with Cordyceps sinensis Powder.* 75(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31883/pjfn/205435>
- Martínez-Espinoza, A., & Lozano-Keymolen, D. (2023). Dieta tradicional saludable para México en el contexto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 33(61).
- Mashau, M., Maluleke, N., Mufamadi, H., & Ramashia, S. (2024). *Physical and textural properties and sensory acceptability of wheat bread partially incorporated with unripe non-commercial banana cultivars.* 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/opag-2022-0348>
- Matínez, E., & Ramos-Escudero, F. (2024). *Valorization of flours from cocoa, sinami and sacha inchi by-products for the reformulation of Peruvian traditional flatbread ('Pan Chapla').* 36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100930>
- McCleary, B. (2023). Measurement of Dietary Fiber: Which AOAC Official Method of Analysis to Use. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 917-930. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsad051>
- McLughlin, C., McKie, V., & McCleary, B. (2023). Validación del método de ensayo: Determinación de carbohidratos disponibles en cereales y productos derivados de cereales, productos lácteos, verduras, frutas y productos alimenticios relacionados, y piensos para animales: Estudio colaborativo, acción final 2020.07. *Revista de AOAC INTERNATIONAL*, 106(2), 370-383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac116>

- Meza-Ortiz, C., Mat3nez-V3zquez, S., & Yamamoto, F. (2022). Asociaci3n del consumo de fibra diet3tica con la actividad de la colitis ulcerosa cr3nica idiop3tica. Estudio exploratorio en poblaci3n mexicana. *Gaceta m3dica de M3xico*, 158(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.24875/gmm.21000457>
- Ministerio de Salud del Per3. (2010). *Norma sanitaria para la fabricaci3n, elaboraci3n y expendio de productos de panificaci3n, galletera y pasteler3a*. RM N.º 1020-2010/MINSA. Direcci3n General de Salud Ambiental.
- Miranda, A. (2023). Evaluaci3n de cinco mezclas de harina de papa y trigo para elaboraci3n de pan. *REVISTA DE INVESTIGACI3N PROYECCI3N CIENT3FICA*, 5(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.56785/ripc.v5i1.97>
- Monasterios, S. (2023). Calidad sensorial de pan con harina integral y salvado de trigo en el municipio de Viacha. *CIBUM SCIENTIA*, 2(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.53287/euji5159vc11x>
- Mu3oz-Bernal, 3., Coria-Oliveros, A., & Vazquez-Flores, A. (2024). *Functional and sensory evaluation of bread made from wheat flour fortified with wine byproducts*. 6(94).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s43014-024-00271-3>
- Murcia, K., & Casta3eda, M. (2022). Evaluaci3n del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de extractos etan3licos de la c3scara de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Investigaci3n Agraria y Ambiental*, 13.
- Navarro, L. (2024). Estudio del efecto de distintos tratamientos de la harina integral del trigo sobre la calidad y la aceptabilidad del pan. *Dialnet*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=374832>
- Ngoc-Dan, T., Snyder, S., Lin, Y., Liin, Y., & Negi, S. (2023). Unraveling the Potential of Electrochemical pH-Swing Processes for Carbon Dioxide Capture and UtilizationClick to copy article link. *ACS Publications*, 62(49).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.iecr.3c02183>
- Normalizaci3n Espa3ola. (2008). *Colorimetr3a. Parte 4: Espacio crom3tico L*a*b* CIE 1976. (ISO 11664-4:2008)*.
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048164>
- Ortega, E., Ochoa, C., & Molina, M. (2021). *Pruebas no param3tricas*. 17(36).
<https://evidenciasenpediatria.es/articulo.php?lang=es&id=7892>
- Paucar-Menacho, L., Salvador-Reyes, R., Guill3n-S3nchez, J., & Mori-Arismendi, S. (2016). *Efecto de la sustituci3n parcial de la harina de trigo por harina de soya en las caracter3sticas tecnol3gicas y sensoriales de cupcakes destinados a ni3os en edad escolar*. 7(2).
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357646642005>

- Pirca-Palomino, M., Malange, Y., Ramos-Escudero, F., Muñoz, A., & Cancino-Chávez, K. (2024). *Antioxidant Properties, Texture and Sensory Quality of Sliced Bread Enriched with Leaf Powder from Mango (Mangifera indica)*. 74(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.31883/pjfn/194599>
- Prasad, R., Dhital, S., Williamson, G., & Barber, E. (2024). *Nutrient Composition, Physical Characteristics and Sensory Quality of Spinach-Enriched Wheat Bread*. 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13152401>
- Purlis, E. (2010). *Browning development in bakery products*. 99(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>
- Quital, V., Sepúlveda, M., Figueroa, D., Saa, V., & Flores, M. (2022). Cáscaras de frutas y vegetales como ingrediente en pan: Aporte nutricional, saciedad y preferencia sensorial. *Tecnología de los alimentos*, 26. <https://doi.org/https://doi.org/10.14306/renhyd.26.S1.1467%20>
- Ramírez, J., Betancourt, S., Montoya, L., & López, M. (2024). Diseño de alimentos de la reflexión al proceso de formulación. *Dialnet*, 11(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9613024>
- Rinaldi, M., Littardi, P., & Chiavaro, E. (2020). *Effect of cocoa bean shells granulometries on qualitative properties of gluten-free bread during storage*. 246, 1583-1590. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00217-020-03513-z>
- Rivera-De Alba, J., & Flores-Girón, E. (2022). *La fibra dietética como ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos*. 16(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i1.892>
- Romero-Sáez, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Scielo*, 25(54). <https://doi.org/https://doi.org/10.22430/22565337.2505>
- Salazar-Lopez, N., Eriquez-Valencia, S., Zuniga, B., & Gonzalez-Aguilar, G. (2023). Residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y compuestos fenólicos. *Scielo*, 17(34). <https://doi.org/https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.265>
- Sempio, R., Segura, C., Nyhan, L., Sahin, A., Zannini, E., Walter, J., & Arendt, E. (2024). *Closing the Fibre Gap—The Impact of Combination of Soluble and Insoluble Dietary Fibre on Bread Quality and Health Benefits*. 13(13). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13131980>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (1990). *Control Microbiológica de los Alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del número mas probable*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Detección de mohos y levaduras en alimentos*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). NTE INEN 2945. *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. <https://www.normalizacion.gob.ec>

- Suca-Apaza, C., Suca-Apaza, F., & Rojas, D. (2022). *Physicochemical classification of French bread by cluster and discriminant analyses*. 33(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000100259>
- Svisla, M., Sribnaya, T., & Uzbekov, R. (2026). On the coincidence of the Choquet integral and the pan-integral: An abstract setting and examples. *Elsevier*, 532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fss.2026.109774>
- Tolve, R., Simonato, B., Rainero, G., Bianchi, F., Rizzi, C., Cervini, M., & Giuberti, G. (2021). *Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties*. 10(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10010075>
- Tong, K., Jun, L., Leifan, Y., & Ran, W. (2026). A sufficient and necessary condition of coincidence of the concave integral and the pan-integral. *Elsevier*, 528.
- Urquillo, L. (2021). Estudio agromorfológico y caracterización de las gluteninas de alto peso molecular de los ecotipos autóctonos gallegos de triticum aestivum l. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291377>
- Vásquez-Lara, F., Verdú-Amat, S., Islas-Rubio, A., Barat-Baviera, J., Grau-Meló, R., Granados-Nevárez, M., & Ramírez, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Scielo*, 23(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1388>
- Vera, J., Jiménez, W., Naula, M., Villa, U., Zamura, F., & Montencé, G. (2021). *Residuos de la producción de cacao (Theobromacacao L.) como alternativa alimenticia para rumiantes*. 13(2).
- Verbeke, C., Debonne, E., Versele, S., Van, F., & Eeckhout, M. (2024). *Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread*. 13(16). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13162582>
- Villamizar-Jaimes, A., & López-Giraldo, L. (2017). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: Simulación de una planta piloto para su extracción. *Revista Respuestas*, 22(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/0122820X.821>
- Wirkijowska, A., Zarzycki, P., & Terpilowski, K. (2025). *Development of Wheat Bread Fortified with Sea Buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) Pomace: Nutritional Enhancement, Technological Properties, and Consumer Acceptance*. 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app152212319>

ANEXOS



Anexo 1. Recepción de materia prima



Anexo 2. Harina de cascarilla de cacao



Anexo 3. Humedad de la harina de cascarilla de cacao



Anexo 4. Amasado de la masa para pan integral (Control)



Anexo 5. Leudado del pan integral (Control)



Anexo 6. Leudado del tratamiento (HI75CC25)



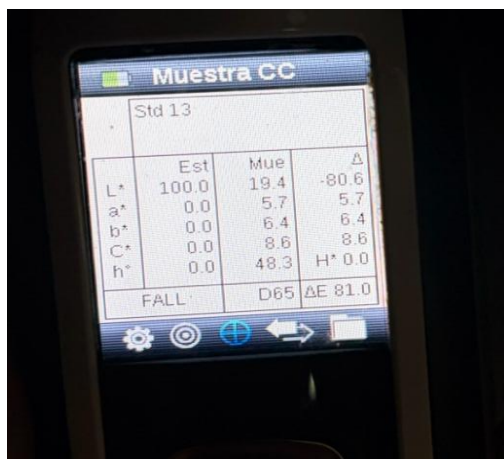
Anexo 7. Muestra de pan integral (Control)



Anexo 8. Muestra del tratamiento (HI75CC25)



Anexo 9. Determinación del pH



Anexo 10. Determinación del color



Anexo 9. Determinación de la actividad de agua



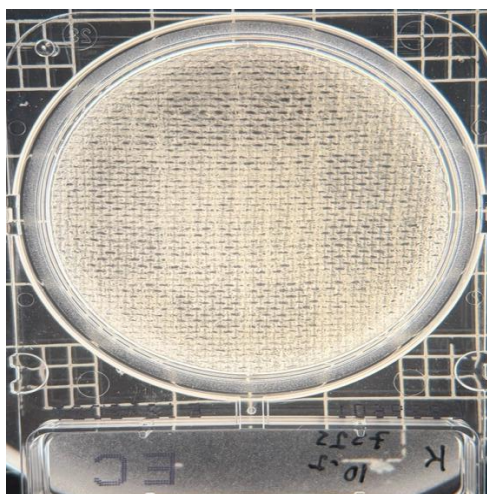
Anexo 10. Determinación de textura



Anexo 11. Determinación de humedad



Anexo 12. Determinación de cenizas



Anexo 13. Análisis microbiológicos de *E. coli*



Anexo 13. Análisis microbiológicos de mohos y levaduras



Anexo 14. Análisis sensorial de los panes (Control, HI85CC15, HI75CC25, HI55CC45, HI45CC55)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTO Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA ALIMENTOS

Nombre:

Tema: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL, FISICOQUÍMICA, PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICA DE PAN INTEGRAL ELABORADO CON LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA INTEGRAL DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”

Instrucciones:

Por favor, evalúe cada atributo del producto colocando una “X” en el casillero que mejor represente su opinión.

Parámetros	Respuestas	MUESTRAS				
		CONTROL	8515	7525	5545	4555
APARIENCIA	No me gusta					
	Ni me gusta ni me disgusta					
	Me gusta					
COLOR	No me gusta					
	Ni me gusta ni me disgusta					
	Me gusta					
OLOR	No me gusta					
	Ni me gusta ni me disgusta					
	Me gusta					
SABOR	No me gusta					
	Ni me gusta ni me disgusta					
	Me gusta					
ACEPTABILIDAD	No me gusta					
	Ni me gusta ni me disgusta					
	Me gusta					

Observaciones:

Gracias por su colaboración

Anexo 15. Hoja de catación para 30 panelistas

INFORME DE RESULTADOS

INF.AQ

6484b

Cliente	CARRERA KATHERINE	Lote	
Dirección	Ambato	Fecha Elaboración	
Muestreado por	Cliente	Fecha Vencimiento:	
Muestra de	Alimento	Fecha Recepción:	13/4/2026
		Hora Recepción:	9:18:00
Descripción	Pan Integral	Fecha Análisis:	14/4/2026
		Fecha Entrega:	23/4/2026
		Código/# Control:	

Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	200 g
Material de Empaque:	

Condiciones ambientales durante el ensayo	Temperatura (°C)	20	Humedad relativa (%)	57
---	------------------	----	----------------------	----

RESULTADOS AREA QUIMICA

SUB OT	6484b
--------	-------

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE U K=2 %
GRASA	%	16,68	IE-AQ-06/AOAC 2003,06 Modificado	0,07
PROTEINA	%	10,13	IE-AQ-07/AOAC 2001,11 Modificado *	-----
FIBRA DIETARIA	%	5,25	IE-AQ-78/AOAC 985,20	*

Nota 1: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



Q.A. Grace Ramos
JEFE AREA QUIMICA



- Documento firmado con respaldo de seguridad Quick Response Code
- El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad de la información y los derechos de propiedad del cliente según el Procedimiento PG-4.2. y PG-4.1
- Las muestras así como la información y datos relacionados con su descripción e identificación, fueron proporcionados por el cliente bajo condiciones propias. QUIMICALABS se responsabiliza únicamente de los análisis.
- Es responsabilidad del cliente si la información que emite no es verdadera, la cual puede afectar a la validez de los resultados, QUIMICALABS no se responsabiliza de dicha información.
- QUIMICALABS no se responsabiliza por el uso de los resultados emitidos en este laboratorio. Los datos reportados en este informe son válidos solo para muestras analizadas.
- Está Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados emitidos en este informe por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
- Informe realizado en base a información proporcionado por el cliente

PRECAUCION: Constituye un delito el uso no autorizado de la imagen o información comercial del Laboratorio Química Labs Cia. Ltda, así como la adulteración total o parcial de los informes de resultados emitidos por nuestra institución, esta acción de ser detectada podrá ser sancionada conforme la normativa legal vigente y alertada a los entes reguladores para los fines de sanción pertinentes

INF.AQ

6484b

Anexo 16. Certificado de análisis de grasa, proteína y fibra (Control) del laboratorio Química Labs

INFORME DE RESULTADOS

INF.AQ

6484a

Cliente	CARRERA KATHERINE	Lote	-----
Dirección	Ambato	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	Cliente	Fecha Vencimiento:	-----
Muestra de	Alimento	Fecha Recepción:	13/4/2026
		Hora Recepción:	9:18:00
		Fecha Análisis:	14/4/2026
Descripción	Pan Integral con sustitución	Fecha Entrega:	23/4/2026
		Código/# Control:	-----

Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	200 g
Material de Empaque:	-----

Condiciones ambientales durante el ensayo	Temperatura (°C)	20	Humedad relativa (%)	57
---	------------------	----	----------------------	----

RESULTADOS AREA QUIMICA

SUB OT	6484a
--------	-------

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE U K=2 %
GRASA	%	13,3	IE-AQ-06/AOAC 2003,06 Modificado	0,07
PROTEINA	%	9,67	IE-AQ-07/AOAC 2001,11 Modificado	*
FIBRA DIETARIA	%	6,44	IE-AQ-78/AOAC 985,20	*

Nota 1: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



Q.A. Grace Ramos
JEFE AREA QUIMICA



- Documento firmado con respaldo de seguridad Quick Response Code
- El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad de la información y los derechos de propiedad del cliente según el Procedimiento PG-4.2. y PG-4.1
- Las muestras así como la información y datos relacionados con su descripción e identificación, fueron proporcionados por el cliente bajo condiciones propias. QUIMICALABS se responsabiliza únicamente de los análisis.
- Es responsabilidad del cliente si la información que emite no es verdadera, la cual puede afectar a la validez de los resultados, QUIMICALABS no se responsabiliza de dicha información.
- QUIMICALABS no se responsabiliza por el uso de los resultados emitidos en este laboratorio. Los datos reportados en este informe son válidos solo para muestras analizadas.
- Está Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados emitidos en este informe por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
- Informe realizado en base a información proporcionado por el cliente

PRECAUCION: Constituye un delito el uso no autorizado de la imagen o información comercial del Laboratorio Química Labs Cia. Ltda, así como la adulteración total o parcial de los informes de resultados emitidos por nuestra institución, esta acción de ser detectada podrá ser sancionada conforme la normativa legal vigente y alertada a los entes reguladores para los fines de sanción pertinentes

INF.AQ

6484a

Anexo 17. Certificado de análisis de grasa, proteína y fibra (tratamiento HI75C25) del laboratorio Química Labs