



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE MANGO
(*Mangifera indica*) Y PULPA DE MANZANA (*Malus communis*)
EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS**

AUTOR

ZUÑIGA VELIZ EMILY FERNANDA

TUTOR

ING. CASTRO GARCÍA ALEX IVAN, PHD.

**MILAGRO, ECUADOR
2026**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*) Y PULPA DE MANZANA (*Malus communis*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS” realizado por el estudiante ZUÑIGA VELIZ EMILY FERNANDA; con cédula de identidad N° 0955631742 de la carrera AGROINDUSTRIA, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. CASTRO GARCÍA ALEX IVAN, Ph.D.
TUTOR

Milagro, 12 de mayo del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*) Y PULPA DE MANZANA (*Malus communis*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS”, realizado por el estudiante ZUÑIGA VELIZ EMILY FERNANDA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ph.D GAVILANEZ LUNA FREDDY
PRESIDENTE

ING. FLORES CADENA CRISTIAN, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. CEDEÑO BERMEO CRISTIAN, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 12 de mayo del 2026

DEDICATORIA

Dedicado con todo mi amor:

A mis padres, quienes con su ejemplo, esfuerzo y guía me dieron las alas para volar y la fuerza para alcanzar este gran paso profesional. Su apoyo ha sido m mayor bendición.

A mis dos hermanas, Angie Zuñiga y Antonella Zuñiga, mis compañeras incondicionales de vida y mis cómplices de siempre, por sus risas y por recordarme siempre el verdadero valor de la familia. Gracias por ser mis mejores amigas y por hacer esta etapa universitaria mucho más ligera y feliz.

Gracias por ser mi mayor motivación

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a **Dios** por bendecirme la vida, por darme salud, la sabiduría y la fortaleza necesarias para superar cada obstáculo en este camino universitario y permitirme ver culminado este gran sueño.

A mis padres, **Javier Zuñiga** y **María Fernanda Veliz** por ser mi apoyo incondicional por sus sacrificios diarios y por creer en mí desde el primer momento. Este logro es el reflejo de su amor y su entrega.

A mis dos hermanas, **Angie Zuñiga** y **Antonella Zuñiga**, por ser mi refugio, mis compañeras de vida y por llenar de alegrías y risas mis días más intensos.

De manera muy especial, agradezco a toda la gente que estuvo apoyándome a lo largo de este proceso, con una palabra o simplemente con su presencia. A todos ustedes, mi más sincera y eterna gratitud.

AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, ZUÑIGA VELIZ EMILY FERNANDA, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*) Y PULPA DE MANZANA (*Malus communis*) EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS para optar el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5,6,8;19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 12 de mayo del 2026

ZUÑIGA VELIZ EMILY FERNANDA
C.I. 0955631742

RESUMEN

La cáscara de mango (*Mangifera indica*) y la pulpa de manzana var. Emilia (*Malus communis*) destacan por su contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos con potencial antioxidante y prebiótico. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de cáscara de mango y pulpa de manzana en las características organolépticas, la composición bromatológica y la vida útil de galletas. Se elaboraron cuatro tratamientos con diferentes proporciones de harina integral, pulpa de manzana y cáscara de mango, además de un testigo. La aceptación sensorial fue evaluada mediante un panel de 30 jueces no entrenados, quienes calificaron color, olor, sabor y textura mediante una escala hedónica. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0,05$). El tratamiento con mayor aceptación fue sometido a análisis bromatológicos (carbohidratos, proteína, fibra dietética y cenizas), determinación de capacidad antioxidante y evaluación microbiológica (*Bacillus cereus*, mohos y levaduras) durante el almacenamiento. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos en los atributos sensoriales. El tratamiento T2 (85% harina integral, 10% pulpa de manzana y 5% cáscara de mango) presentó la mayor aceptación sensorial, con valores de 4,70 en color, 4,57 en olor, 4,60 en sabor y 4,37 en textura. La galleta seleccionada presentó un incremento en el contenido de fibra dietética y capacidad antioxidante, además de cumplir con los límites microbiológicos establecidos en la norma legal vigente. Se concluye que la incorporación de cáscara de mango y pulpa de manzana permite desarrollar galletas con adecuada aceptación sensorial y mayor valor funcional

Palabras clave: alimentos funcionales, fibra dietética, cáscara de mango, pulpa de manzana, prebióticos.

ABSTRACT

Mango peel (*Mangifera indica*) and Emilia apple pulp (*Malus communis* var. Emilia) are notable for their content of dietary fiber and bioactive compounds with antioxidant and prebiotic potential. The objective of this study was to evaluate the effect of incorporating mango peel and apple pulp on the organoleptic characteristics, bromatological composition, and shelf life of cookies. Four treatments were formulated with different proportions of whole wheat flour, apple pulp, and mango peel, in addition to a control treatment. Sensory acceptance was evaluated by a panel of 30 untrained judges who assessed color, odor, flavor, and texture using a hedonic scale. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($p < 0.05$). The treatment with the highest acceptance was subjected to bromatological analyses (carbohydrates, protein, dietary fiber, and ash), determination of antioxidant capacity, and microbiological evaluation (*Bacillus cereus*, molds, and yeasts) during storage. The results showed significant differences among treatments in the evaluated sensory attributes. Treatment T2 (85% whole wheat flour, 10% apple pulp, and 5% mango peel) showed the highest sensory acceptance, with scores of 4.70 for color, 4.57 for odor, 4.60 for flavor, and 4.37 for texture. The selected cookie showed an increase in dietary fiber content and antioxidant capacity, and complied with the microbiological limits established by the current legal standards. It was concluded that the incorporation of mango peel and apple pulp allows the development of cookies with adequate sensory acceptance and enhanced functional value.

Keywords: functional foods, dietary fiber, mango peel, apple pulp, prebiotics.

Índice general

RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	viii
Índice general	ix
Índice de anexos	xii
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes del problema.....	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema	14
1.2.1 Planteamiento del problema	14
1.2.2 Formulación del problema	15
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Estado del arte	18
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	19
2.2.1 Alimentos funcionales y prebióticos.....	19
2.2.1.1. <i>Concepto de alimentos funcionales y su importancia en la salud.</i>	19
2.2.1.2. <i>Prebióticos: definición, características y beneficios para la microbiota intestinal</i>	21
2.2.1.3. <i>Diferencias entre prebióticos, probióticos y simbióticos</i>	22
2.2.1.4. <i>Normativa y requisitos internacionales sobre alimentos funcionales</i>	23
2.2.2 Mango (<i>Mangifera indica</i> L.).....	24
2.2.2.1. <i>Características botánicas y variedades cultivadas</i>	24
2.2.2.2. <i>Composición química y contenido de fibra de la cáscara</i>	26
2.2.2.3. <i>Compuestos bioactivos y su función prebiótica</i>	27
2.2.2.4. <i>Potencial de la cáscara de mango como ingrediente funcional</i> ...	28
2.2.4 Manzana (<i>Malus domestica</i> var. Emilia).....	30
2.2.4.1 <i>Propiedades generales y composición de la pulpa</i>	30
2.2.4.2. <i>Contenido de pectinas y fibra dietética</i>	31
2.2.4.3. <i>Aplicaciones de la pulpa en productos alimenticios funcionales</i>	32

2.2.3. Componentes funcionales y bioactivos de frutas.....	33
2.2.3.1. <i>Fibra dietética: tipos, beneficios y propiedades tecnológicas.</i>	33
2.2.3.2. <i>Pectinas y hemicelulosas: usos en productos de panificación</i>	35
2.2.3.3. <i>Compuestos fenólicos y actividad antioxidante</i>	36
2.2.3.4. <i>Rol de los compuestos bioactivos en la prevención de enfermedades crónicas</i>	37
2.2.4. Tecnología de elaboración de galletas prebióticas	39
2.2.4.1. <i>Ingredientes básicos en galletería y su función tecnológica</i>	39
2.2.4.2. <i>Sustitución parcial de harinas tradicionales por harinas de frutas</i>	40
2.2.4.3. <i>Propiedades fisicoquímicas de las galletas con fibra y prebióticos</i>	42
2.2.4.5. <i>Vida útil y estabilidad de galletas con alto contenido de fibra</i>	43
2.3 Marco legal	44
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.1 Enfoque de la investigación	47
3.1.2 Tipo y alcance de la investigación.....	47
3.1.3 Diseño de investigación	47
3.2 Metodología	47
3.2.1 <i>Variables</i>	47
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i>	47
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i>	48
3.1.2 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	48
3.2.3 <i>Tratamientos</i>	49
3.2.4 <i>Diseño experimental</i>	49
3.2.5 <i>Recolección de datos</i>	49
3.2.5.1. <i>Recursos</i>	49
3.2.5.2. <i>Métodos y técnicas</i>	50
3.2.6 <i>Análisis estadístico</i>	56
4. RESULTADOS.....	57
4.1 Tratamiento de mayor aceptación sensorial de las galletas elaboradas con cáscara de mango y la pulpa de manzana.....	57

4.2 Composición nutricional (contenido de carbohidratos, proteína fibra dietética y cenizas) y capacidad antioxidante de la galleta que obtuvo la mayor aceptación sensorial	58
4.3 vida útil de la galleta seleccionada, mediante el análisis de parámetros microbiológicos (<i>Bacillus cereus</i>, mohos y levaduras) durante su almacenamiento	60
6. CONCLUSIONES	67
7. RECOMENDACIONES	68
8. BIBLIOGRAFÍA	69
9. ANEXOS	78

Índice de anexos

Anexo 1. Boleta para análisis sensorial	78
Anexo 2. Análisis estadístico	74
Anexo 3. Evidencia fotográfica de la elaboración del producto	79
Anexo 4. Análisis de laboratorio	86

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Durante el procesamiento industrial de frutas como el mango y la manzana se generan cantidades considerables de residuos agroindustriales. Estos subproductos, constituidos principalmente por cáscaras y pulpas, contienen diversos compuestos bioactivos que pueden ser valorizados en el desarrollo de alimentos funcionales. En particular, la cáscara de mango se reconoce como una fuente importante de fibra dietética y compuestos fenólicos con actividad antioxidante y potencial efecto prebiótico (Serna y Torres, 2014). De manera complementaria, la pulpa de manzana, especialmente de la variedad Emilia, se emplea en la elaboración de distintos productos alimentarios debido a su valor nutricional y a sus características sensoriales favorables (Paredes, 2012).

En los últimos años, el incremento en la demanda de alimentos funcionales ha estimulado el desarrollo de productos que, además de aportar nutrientes, contribuyan al bienestar y la salud del consumidor. Dentro de este contexto, los prebióticos se definen como ingredientes alimentarios no digeribles que favorecen el crecimiento y la actividad de bacterias benéficas en el intestino, lo que se asocia con mejoras en la salud digestiva y el fortalecimiento del sistema inmunológico. Por esta razón, la incorporación de ingredientes naturales ricos en fibra y compuestos bioactivos en productos de consumo frecuente, como las galletas, constituye una estrategia viable para incrementar la ingesta de compuestos prebióticos en la dieta cotidiana.

En el contexto productivo regional, la manzana Emilia representa un cultivo emblemático de la provincia de Tungurahua y forma parte de su identidad cultural y agrícola. No obstante, durante los procesos de industrialización esta fruta presenta ciertas limitaciones tecnológicas, entre ellas el pardeamiento enzimático, fenómeno que deteriora el color, el sabor y el valor nutricional del producto final. A nivel mundial, la industria frutícola busca constantemente mejorar la calidad de los productos procesados, responder a la creciente demanda de frutas frescas y diversificar las alternativas de transformación agroindustrial. Entre los principales desafíos tecnológicos se encuentra la oxidación enzimática en frutas como la manzana, proceso asociado principalmente a la actividad de la enzima polifenol-

oxidasa (PPO), identificada como el principal agente responsable del pardeamiento en diferentes tejidos vegetales. El estudio de este fenómeno resulta complejo debido a las características propias de los materiales biológicos, los cuales presentan altas concentraciones de compuestos fenólicos y elevados niveles de actividad de PPO (Barrera, 2020).

Diversos estudios han explorado el uso de subproductos de frutas en la elaboración de alimentos funcionales. Por ejemplo, la cáscara de mango ha sido utilizada en la formulación de galletas funcionales debido a su alto contenido de fibra y compuestos bioactivos (Trejo, et al., 2023). Asimismo, la pulpa de manzana deshidratada ha sido empleada en la elaboración de galletas enriquecidas con antioxidantes (Adrian, 2020). Estos enfoques no solo valorizan los subproductos agroindustriales, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental al reducir la generación de residuos.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La industria procesadora de frutas enfrenta el desafío de gestionar eficientemente los residuos generados durante la producción. La cáscara de mango es un subproducto que no se aprovecha adecuadamente y puede representar un problema ambiental y económico. Sin embargo, su alto contenido en fibra dietética y compuestos bioactivos ofrece una oportunidad para su reutilización en la elaboración de alimentos funcionales con propiedades prebióticas.

El pardeamiento de frutos y vegetales durante su crecimiento, recolección y almacenamiento, así como en productos procesados, es un problema significativo en la industria alimentaria. Este fenómeno causa pérdida de calidad y valor comercial debido a cambios en la apariencia y propiedades organolépticas, además de desprendimiento de olores y deterioro nutricional. La búsqueda de alternativas para mejorar la economía agrícola e industrial del país incluye la manzana Emilia, una fruta representativa de Tungurahua, apreciada por su jugosidad, dulzor y sabor. Sin embargo, la manzana se deteriora rápidamente al cortarla, mostrando cambios de textura y color, y contaminación microbiológica. Estos cambios se deben al pardeamiento enzimático, donde los compuestos fenólicos reaccionan catalizados por polifenoloxidasas (PPO), afectando las características organolépticas del producto final. Por ello, se buscan alternativas para aprovechar mejor este producto.

La incorporación de estos productos en la formulación de galletas con fines prebióticos plantea varias interrogantes como la influencia la adición de cáscara de mango en las propiedades prebióticas del producto final, además, de qué manera afecta la inclusión de estos ingredientes en las características organolépticas de las galletas, como sabor, textura y apariencia, así como la percepción y aceptación de los consumidores. Abordar estas cuestiones es fundamental para desarrollar un producto que no solo sea nutritivo y funcional, sino también atractivo para el mercado y sostenible desde el punto de vista ambiental.

1.2.2 Formulación del problema

¿Se puede reutilizar subproductos como la cáscara de mango y aprovechar la manzana Emilia para desarrollar alimentos funcionales con propiedades prebióticas, mejorando al mismo tiempo las características organolépticas y la aceptación del consumidor?

1.3 Justificación de la investigación

La elaboración de alimentos funcionales con propiedades prebióticas representa una alternativa innovadora y sostenible dentro de la industria alimentaria actual, respondiendo a las tendencias de consumo orientadas hacia productos que, además de su valor nutricional, aporten beneficios adicionales a la salud humana. En este contexto, el aprovechamiento de subproductos agroindustriales, como la cáscara de mango (*Mangifera indica*) y la pulpa de manzana var. Emilia (*Malus domestica*), adquiere especial relevancia al permitir su reincorporación en la cadena productiva, reduciendo el impacto ambiental asociado a su desecho y generando valor agregado.

La cáscara de mango, considerada tradicionalmente un residuo, posee un elevado contenido de fibra dietética y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y actividad prebiótica, los cuales favorecen el crecimiento de bacterias benéficas en el tracto intestinal, contribuyendo a la regulación de la microbiota intestinal y al adecuado funcionamiento del sistema digestivo (Serna y Torres, 2014). Por su parte, la pulpa de manzana var. Emilia, además de ser un producto característico de la región de Tungurahua, destaca por su aporte nutricional y por ser fuente de carbohidratos, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que aportan beneficios funcionales a los alimentos elaborados (Paredes, 2012).

La incorporación de estos ingredientes en productos de consumo masivo, como las galletas, permite diversificar la oferta de alimentos saludables disponibles en el mercado, satisfaciendo las exigencias de los consumidores que buscan mejorar su calidad de vida mediante una alimentación equilibrada y natural (Adrian, 2020). Además, el uso de cáscara de mango y pulpa de manzana favorece la reducción de residuos agroindustriales, promoviendo prácticas sostenibles y aportando a la economía circular dentro de los procesos productivos alimentarios (Trejo et al., 2023).

El desarrollo de este tipo de alimentos funcionales contribuye también a mejorar la economía de pequeños y medianos productores, al permitirles aprovechar al máximo sus materias primas y diversificar sus productos finales, fortaleciendo así las cadenas de valor del sector agroindustrial (Castro y Dutasa, 2020). Asimismo, el estudio del comportamiento de estos ingredientes en matrices alimentarias, como las galletas, permite generar conocimientos científicos y tecnológicos aplicables a la industria alimentaria, fomentando la innovación y el desarrollo de nuevos procesos y técnicas de formulación.

Desde el punto de vista de la inocuidad alimentaria, resulta imprescindible garantizar que los productos elaborados cumplan con los parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica establecidos, permitiendo determinar su estabilidad y tiempo de vida útil, aspectos esenciales para su comercialización y aceptación en el mercado (INEN, 2013). Adicionalmente, el análisis sensorial del producto final permitirá evaluar su aceptabilidad por parte de los consumidores, aspecto clave para garantizar el éxito comercial de alimentos funcionales que incorporan ingredientes poco convencionales.

Por lo tanto, esta investigación se presenta como una alternativa integral que articula el aprovechamiento de subproductos agroindustriales, la innovación tecnológica, la mejora de la salud pública y la sostenibilidad ambiental, permitiendo el desarrollo de un alimento funcional con propiedades prebióticas, con potencial de aplicación en la industria alimentaria y con impacto positivo en el bienestar de los consumidores.

1.4 Delimitación de la investigación

El trabajo de titulación se llevó a cabo en la Universidad Agraria del Ecuador, Ciudad Universitaria Milagro, específicamente en el laboratorio de procesamiento de alimentos, durante un período de 8 meses. Para la evaluación sensorial se

conformará un panel de 30 jueces, y la investigación fue dirigida a la población en general, con la excepción de personas alérgicas.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de la cáscara de mango y la pulpa de manzana var. Emilia en las características organolépticas, bromatológicas y el tiempo de vida útil

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el tratamiento de mayor aceptación sensorial de las galletas elaboradas, mediante un panel de jueces no entrenados.
- Analizar la composición nutricional (contenido de carbohidratos, proteína fibra dietética y cenizas) y capacidad antioxidante de la galleta que obtuvo la mayor aceptación sensorial.
- Estimar el tiempo de vida útil de la galleta seleccionada, mediante el análisis de parámetros microbiológicos (*Bacillus cereus*, mohos y levaduras) durante su almacenamiento.

1.7 Hipótesis

La incorporación de cáscara de mango (*Mangifera indica*) y pulpa de manzana var. Emilia (*Malus domestica*) en la elaboración de galletas influye positivamente en las características organolépticas, mejora el contenido de fibra dietética, y permite obtener un tiempo de vida útil adecuado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Múltiples estudios recientes confirman que la cáscara de mango es una fuente concentrada de fibra dietaria, polifenoles y carotenoides, con capacidades antioxidantes y efectos tecnológicos útiles en matrices de panificación. En este sentido, se ha reportado que la extracción de fibras y polifenoles desde la cáscara permite mejorar la estabilidad de la red de gluten y la retención de agua durante el horneado (Tariq et al., 2023; Jakha et al., 2024).

En la misma línea, se ha propuesto que los oligosacáridos pectínicos de mango actúan como compuestos prebióticos. Ensayos in vitro han demostrado estimulación selectiva de *Lactobacillus* y modulación favorable de metabolitos fermentativos, particularmente ácidos grasos de cadena corta, lo que respalda su uso funcional en formulaciones tipo galleta (Wongkaew et al., 2022).

Aplicaciones directas en productos horneados han indicado que el uso de polvo de cáscara de mango eleva el contenido de fibra y fenoles totales, incrementa la capacidad antioxidante y modifica parámetros de color (reducción de L^* y b^*), sin comprometer la aceptabilidad cuando se utilizan niveles moderados de sustitución de harina. Estos efectos han sido documentados en pan, bizcochos y galletas, sugiriendo rangos de inclusión del orden de 5–10 % como adecuados para balancear funcionalidad y sensorialidad (Hasan et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Por su parte, la pulpa de manzana constituye un ingrediente funcional de gran valor. Este subproducto se caracteriza por su alto contenido de pectina, fibra dietaria y polifenoles, lo que ha motivado su uso en galletas funcionales. Investigaciones experimentales han demostrado que sustituciones de harina de trigo entre 5–15 % con pomaza de manzana (subproducto obtenido después de la extracción del jugo) aumentan significativamente la fibra total y la capacidad antioxidante, manteniendo la aceptabilidad sensorial si se ajustan los sólidos y el agua de formulación (Usman et al., 2020; Zhang et al., 2024). Sin embargo, niveles más altos suelen incrementar la dureza y reducir el “spread” de la galleta.

Adicionalmente, revisiones recientes subrayan el potencial prebiótico del complejo pectina–polifenoles en la pomaza de manzana, así como sus aplicaciones tecnológicas en retención de agua y estructuración. Estrategias de biotransformación, como la fermentación con bacterias ácido lácticas, han mostrado mejorar la biodisponibilidad de polifenoles y la funcionalidad prebiótica

de este subproducto (Kalinowska et al., 2023; Vandorou et al., 2024; Wang et al., 2024).

La evidencia mecanística respecto a las pectinas ha demostrado su capacidad de favorecer la producción de ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato), reforzando su potencial como prebióticos en galletas funcionales (Wu et al., 2024).

El uso combinado de fibra de cáscara de mango y pulpa de manzana habilita un perfil sinérgico: la primera aporta fracciones insolubles y compuestos fenólicos antioxidantes, mientras que la segunda contribuye con abundante pectina y dihidrocalconas (floridzina), con beneficios tanto tecnológicos como nutricionales (Hasan et al., 2024; Kalinowska et al., 2023). Esta complementariedad facilita alcanzar declaraciones de “fuente de fibra” y objetivos de funcionalidad microbiota-dirigida en una galleta tipo clean-label.

Estudios de producto han mostrado que galletas fortificadas con pomaza de manzana presentan aumentos de hasta 6–8 veces en fibra y mejoras significativas en la capacidad antioxidante, dependiendo del nivel de sustitución y el tipo de edulcorante empleado. Para mantener un equilibrio sensorial, se recomienda no exceder el 15 % de sustitución total o dividir la inclusión entre ambas fuentes (por ejemplo, 5–8 % de cáscara de mango y 5–8 % de pomaza de manzana) (Usman et al., 2020; Zhang et al., 2024).

En cuanto a la especificidad varietal, se confirma la existencia de la manzana var. Emilia, descrita en registros pomológicos como un cultivar originario de Canadá (Canadian Agricultural Research Institute, 2021). Aunque los estudios composicionales recientes específicos de Emilia son limitados, su uso como fuente de pulpa puede considerarse equivalente al de otros cultivares en cuanto a fibra y polifenoles, siempre que se verifique experimentalmente el perfil de sólidos solubles, acidez y contenido fenólico del lote.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Alimentos funcionales y prebióticos

2.2.1.1. Concepto de alimentos funcionales y su importancia en la salud.

Los alimentos funcionales son aquellos que, además de aportar nutrientes esenciales, ejercen efectos benéficos específicos en la salud del consumidor, contribuyendo a la prevención de enfermedades o al mantenimiento del bienestar

general. Este concepto surgió en Japón en la década de 1980 con la categoría de “alimentos para usos específicos de salud” (FOSHU), que sirvió como punto de partida para el desarrollo de productos alimenticios con componentes bioactivos dirigidos a la mejora de funciones fisiológicas específicas (Martínez-Villaluenga y Peñas, 2017).

En la actualidad, los alimentos funcionales ocupan un lugar relevante en la industria alimentaria debido al creciente interés de los consumidores por dietas más saludables y la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y la obesidad. A diferencia de los alimentos convencionales, los funcionales contienen compuestos bioactivos, tales como fibra dietética, polifenoles, probióticos y prebióticos, que favorecen el equilibrio de la microbiota intestinal, reducen procesos inflamatorios y mejoran la respuesta inmune (Roberfroid, 2018; Granato et al., 2020).

La importancia de los alimentos funcionales radica en su capacidad para mejorar funciones fisiológicas sin perder su carácter de alimento, lo que los diferencia de los suplementos dietéticos o fármacos. Entre sus principales beneficios, destacan la mejora de la salud gastrointestinal, la reducción de la absorción de colesterol y la regulación de la glucosa sanguínea, entre otros efectos positivos (Sharma et al., 2021). De este modo, estos alimentos representan una alternativa estratégica para combatir el aumento de enfermedades crónicas asociadas a estilos de vida poco saludables.

Dentro de los alimentos funcionales, los prebióticos han adquirido gran relevancia. Se definen como ingredientes no digeribles que benefician al organismo al estimular selectivamente el crecimiento y la actividad de bacterias beneficiosas en el colon, como las especies de *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (Gibson et al., 2017). La fibra dietética soluble, como las pectinas y los fructooligosacáridos presentes en frutas y vegetales, constituye uno de los principales compuestos prebióticos de interés. Estos ingredientes, además de mejorar la salud intestinal, pueden actuar sinérgicamente con antioxidantes y compuestos fenólicos para brindar protección frente al daño oxidativo (Hernández-Gómez et al., 2022).

La investigación en alimentos funcionales ha evolucionado hacia la búsqueda de fuentes alternativas de compuestos bioactivos, especialmente a partir de subproductos agroindustriales, como cáscaras de frutas ricas en fibra y polifenoles. Estos subproductos, que antes eran considerados desechos, hoy son

aprovechados para el desarrollo de alimentos funcionales, contribuyendo a una economía circular y sostenible (da Silva et al., 2020). Así, la incorporación de cáscara de mango o pulpa de manzana en productos de panificación no solo enriquece el valor nutricional, sino que también proporciona compuestos prebióticos capaces de mejorar la salud gastrointestinal.

Los alimentos funcionales representan una intersección entre nutrición, salud y sostenibilidad, siendo una tendencia clave en la industria alimentaria moderna. Su desarrollo, basado en ingredientes naturales como fibras y compuestos bioactivos, permite ofrecer productos que no solo nutren, sino que contribuyen activamente a la prevención de enfermedades y al bienestar general.

2.2.1.2. Prebióticos: definición, características y beneficios

Los prebióticos se definen como ingredientes no digeribles que promueven efectos beneficiosos para la salud del huésped mediante la estimulación selectiva del crecimiento o actividad de bacterias benéficas en el colon, como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (Gibson et al., 2017). A diferencia de los probióticos, que son microorganismos vivos, los prebióticos son compuestos que sirven como “sustrato” para la microbiota intestinal, favoreciendo el equilibrio y la diversidad microbiana.

Las principales características de un prebiótico son:

- Resistencia a la digestión en el tracto gastrointestinal superior.
- Capacidad de fermentación por bacterias beneficiosas en el colon.
- Estimulación selectiva de especies bacterianas que confieren efectos

positivos para la salud (Markowiak y Śliżewska, 2017).

Los tipos más comunes de prebióticos incluyen la inulina, los fructooligosacáridos (FOS), los galactooligosacáridos (GOS) y algunos polisacáridos no almidonosos, como las pectinas y fibras solubles de frutas. Estos compuestos están presentes en alimentos como frutas, vegetales, cereales integrales y legumbres (Bindels et al., 2015). En particular, subproductos agroindustriales como cáscaras de frutas han ganado interés como fuentes sostenibles de prebióticos, debido a su alto contenido de fibra dietética y compuestos fenólicos.

El consumo regular de prebióticos se ha relacionado con múltiples beneficios para la salud intestinal. Estos compuestos estimulan la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el butirato, propionato y acetato, que

contribuyen a mantener el pH intestinal, mejorar la integridad de la mucosa y reducir el crecimiento de patógenos (Ríos-Covián et al., 2016). Además, el butirato es una fuente de energía para los colonocitos, ejerciendo un efecto antiinflamatorio y protegiendo contra enfermedades como el síndrome del intestino irritable y la colitis ulcerosa (Cummings et al., 2019).

A nivel sistémico, los prebióticos también se asocian con la regulación de la glucemia, la reducción de lípidos en sangre y la mejora de la absorción de minerales como calcio y magnesio, lo que resulta beneficioso para la salud ósea (Vulevic et al., 2015). Estos efectos, sumados a la modulación del sistema inmune, han impulsado el desarrollo de alimentos enriquecidos con compuestos prebióticos como una estrategia para la prevención de enfermedades crónicas.

El uso de fibras provenientes de frutas como el mango y la manzana, por su contenido de pectinas, hemicelulosas y compuestos antioxidantes, representa una alternativa funcional en la formulación de productos de panificación y galletas con valor prebiótico, contribuyendo no solo a la salud intestinal sino también al aprovechamiento de subproductos agroindustriales (da Silva et al., 2020).

2.2.1.3. Diferencias entre prebióticos, probióticos y simbióticos

En el campo de los alimentos funcionales, es fundamental distinguir entre los conceptos de prebióticos, probióticos y simbióticos, ya que cada uno desempeña un papel diferente en la salud intestinal.

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud del huésped al mejorar el equilibrio microbiano intestinal (Hill et al., 2014). Generalmente, los probióticos pertenecen a géneros como *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Saccharomyces*, y se encuentran en productos fermentados como el yogur, kéfir o suplementos dietéticos. Estos microorganismos fortalecen la barrera intestinal, modulan el sistema inmune y compiten con patógenos por nutrientes y espacio, reduciendo infecciones gastrointestinales (Markowiak y Śliżewska, 2017).

Los prebióticos, en cambio, no son microorganismos vivos, sino compuestos no digeribles (principalmente fibras solubles y oligosacáridos) que sirven como sustrato para la fermentación selectiva de bacterias beneficiosas en el colon (Gibson et al., 2017). Estos compuestos promueven la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butirato, que nutre a las células intestinales y

contribuye a la salud del colon. Ejemplos de prebióticos incluyen la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) y la fibra de frutas como la manzana y el mango.

Los simbióticos representan una combinación de probióticos y prebióticos en un mismo producto, diseñados para actuar de forma sinérgica (Pandey et al., 2015).

Las diferencias clave entre estos tres conceptos pueden resumirse en que los probióticos son organismos vivos, los prebióticos son componentes no digeribles que alimentan a las bacterias beneficiosas, y los simbióticos son la unión estratégica de ambos para maximizar sus efectos (Swanson et al., 2020). Mientras que los probióticos buscan restablecer el equilibrio microbiano introduciendo cepas beneficiosas, los prebióticos optimizan el entorno intestinal para favorecer su desarrollo. Los simbióticos, por su parte, integran ambos mecanismos para mejorar la salud intestinal, fortaleciendo la barrera epitelial, reduciendo la inflamación y mejorando la digestión.

El estudio de estos conceptos es esencial en el diseño de productos funcionales, ya que la elección entre prebióticos, probióticos o simbióticos dependerá del objetivo específico del alimento, la población objetivo y la funcionalidad deseada.

2.2.1.4. Normativa y requisitos internacionales sobre alimentos funcionales

La regulación de los alimentos funcionales varía entre países debido a que no existe una definición universalmente aceptada. En términos generales, un alimento funcional se considera como aquel que, además de sus funciones nutricionales básicas, aporta beneficios adicionales para la salud del consumidor, respaldados por evidencia científica (Siró et al., 2008). Sin embargo, las autoridades regulatorias exigen que estos beneficios estén científicamente demostrados para que puedan comunicarse al consumidor mediante declaraciones de propiedades saludables.

A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen directrices generales para la evaluación de probióticos y prebióticos en alimentos, pero no proporcionan una regulación específica para todos los tipos de alimentos funcionales. Estas instituciones recomiendan que cualquier declaración

de propiedades funcionales se base en estudios clínicos rigurosos, con dosis seguras y demostración de su efecto sobre la salud (FAO/WHO, 2002).

El Reglamento (CE) N.º 1924/2006 regula el uso de declaraciones nutricionales y de salud, exigiendo evidencias científicas concluyentes para aprobar frases como “contribuye a la salud intestinal” o “reduce el colesterol” (EFSA, 2011). Esta normativa establece criterios claros para la validación de alegaciones funcionales, diferenciándolas de las declaraciones nutricionales tradicionales.

La Food and Drug Administration (FDA) regula los alimentos funcionales dentro de la categoría de “foods with health claims” (alimentos con declaraciones de salud). Las declaraciones deben estar respaldadas por evidencia científica “significativa” (significant scientific agreement), y los ingredientes funcionales deben figurar en la lista GRAS (Generally Recognized as Safe) (FDA, 2016). A diferencia de la UE, en EE. UU. la clasificación de “alimento funcional” no está legalmente definida, pero los productos con beneficios adicionales para la salud se validan a través de sus componentes bioactivos.

Japón posee una categoría legal denominada “Foods for Specified Health Uses” (FOSHU), que establece un marco regulatorio estricto para los alimentos que buscan ser comercializados con propiedades funcionales. Para recibir la aprobación FOSHU, el producto debe presentar estudios clínicos en humanos, demostrar seguridad y eficacia, y cumplir con los requisitos de etiquetado específicos (Iwatani y Yamamoto, 2019).

En América Latina, la regulación es menos homogénea. En países como Brasil, la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) establece guías técnicas para la validación de alimentos funcionales y declaraciones de propiedades saludables (ANVISA, 2016). En Ecuador, el marco regulatorio para alimentos funcionales se encuentra dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN y el reglamento sanitario para alimentos procesados, que establece lineamientos para la incorporación de ingredientes funcionales, aunque no existe una categoría legal exclusiva para “alimentos funcionales” (ARCSA, 2021).

2.2.2 Mango (*Mangifera indica* L.)

2.2.2.1. Características botánicas y variedades cultivadas.

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia *Anacardiaceae*, la cual incluye aproximadamente 70 géneros y 600 especies, siendo una de las frutas tropicales más cultivadas y apreciadas a nivel mundial (Sivakumar et al., 2016). Es

originario del sudeste asiático, particularmente de India y Birmania, y actualmente se cultiva en diversas regiones tropicales y subtropicales, como América Latina, África y Australia (Khan et al., 2021).

Su árbol es perenne, de crecimiento vigoroso, que puede alcanzar hasta 30 metros de altura, con una copa densa y ramificada. Presenta hojas simples, lanceoladas, coriáceas y de color verde brillante, con una longitud de 15 a 30 cm. Las flores, dispuestas en panículas terminales, son pequeñas, de color blanco-amarillento y presentan polinización entomófila (por insectos). El fruto es una drupa carnosa, de forma ovalada o redondeada, con una piel lisa de colores que varían entre el verde, amarillo, rojo o púrpura, dependiendo de la variedad y el estado de maduración (Singh et al., 2018).

Se caracteriza por su pulpa jugosa, aromática y de sabor dulce o ligeramente ácido, con una semilla grande y fibrosa en el centro. Su contenido de compuestos bioactivos, como carotenoides, vitamina C, fibra dietética y polifenoles, lo convierte en una fruta de gran valor funcional y nutricional. Además, los subproductos del mango, como la cáscara y la semilla, son fuentes potenciales de fibra, antioxidantes y compuestos bioactivos de interés para la industria alimentaria (Liu et al., 2020).

En cuanto a la diversidad varietal, se han descrito más de 1,000 variedades de mango en el mundo, aunque solo unas pocas se comercializan ampliamente. Entre las más reconocidas en América Latina se encuentran:

- **Tommy Atkins:** Fruto de gran tamaño, piel roja y verde, con pulpa firme y fibrosa.
- **Kent:** De sabor dulce, con baja fibra y pulpa amarilla intensa.
- **Haden:** De piel rojiza, sabor aromático y contenido moderado de fibra.
- **Ataulfo (o miel):** De tamaño pequeño, forma alargada, pulpa cremosa, dulce y con mínima fibra.
- **Keitt:** Fruto grande, piel verde incluso al madurar, pulpa firme y poca fibra.

En Ecuador, el mango se cultiva principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí, siendo las variedades Tommy Atkins, Kent y Ataulfo las más representativas en los mercados locales y de exportación (MAG, 2021).

El conocimiento de las variedades cultivadas es fundamental en la investigación y desarrollo de productos, ya que las características de la cáscara (espesor, contenido de fibra, compuestos fenólicos y pigmentos) pueden variar

significativamente entre cultivares, lo que influye en su funcionalidad al incorporarse en formulaciones como galletas con fines prebióticos.

2.2.2.2. Composición química y contenido de fibra de la cáscara

La cáscara de mango, tradicionalmente considerada un subproducto agroindustrial, posee una composición química rica en compuestos bioactivos y fibra dietética, lo que la convierte en una materia prima de gran interés para la formulación de alimentos funcionales. Se estima que la cáscara representa entre el 15 % y 20 % del peso total del fruto, siendo una fuente potencial de antioxidantes y fibras solubles e insolubles (Ajila et al., 2010).

- Composición química principal

Contiene un alto porcentaje de carbohidratos complejos (celulosa, hemicelulosa y pectinas), además de pequeñas cantidades de lípidos (0,5-1,5 %), proteínas (3-4 %) y cenizas (2-3 %) (Berardini et al., 2005). Destaca por su riqueza en compuestos fenólicos como mangiferina, quercetina, kaempferol y ácido gálico, los cuales tienen reconocida actividad antioxidante y capacidad de eliminar radicales libres (Dorta et al., 2012). Además, se han identificado carotenoides (β -caroteno y luteína) responsables de su coloración amarilla o rojiza y vitamina C, que contribuyen a su poder antioxidante.

- Contenido de fibra dietética.

Es una fuente significativa de fibra dietética, con un contenido total que oscila entre 40 % y 60 % en base seca, siendo aproximadamente 30 % insoluble (celulosa y lignina) y 10-15 % soluble (pectinas y hemicelulosas) (Deng et al., 2019). La fibra soluble presente en la cáscara, como las pectinas, contribuye a la formación de geles, mejora la textura de productos horneados y posee un efecto prebiótico al ser fermentada por bacterias beneficiosas en el colon (Sharma et al., 2021).

- Propiedades funcionales y aplicaciones.

El alto contenido de polifenoles y fibra dietética en la cáscara de mango favorece la reducción del colesterol, la regulación del tránsito intestinal. Diversos estudios han demostrado que el polvo de cáscara de mango puede incorporarse en formulaciones de galletas, panes y barras energéticas como ingrediente funcional, incrementando el contenido de fibra y la capacidad antioxidante del producto final (Ribeiro et al., 2019).

- Variaciones por variedad.

La composición química de la cáscara puede variar según la variedad de mango, el estado de maduración y las condiciones de cultivo. Por ejemplo, variedades como Tommy Atkins y Kent poseen mayores niveles de carotenoides y mangiferina en comparación con otras variedades de pulpa amarilla (Liu et al., 2020).

La cáscara de mango no solo representa una alternativa para la reducción de residuos agroindustriales, sino que también es una fuente natural de fibra prebiótica y compuestos antioxidantes con potencial para el desarrollo de alimentos funcionales.

2.2.2.3. Compuestos bioactivos y su función prebiótica

La cáscara de mango se ha identificado como una fuente rica de compuestos bioactivos, entre los que destacan polifenoles, carotenoides, vitamina C, fibra dietética y mangiferina, los cuales poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y prebióticas de relevancia para la salud humana (Ajila y Rao, 2013). Estos compuestos no solo contribuyen a la estabilidad del alimento en el que se incorporan, sino que también ejercen efectos fisiológicos positivos al ser metabolizados por la microbiota intestinal.

• Polifenoles.

Los polifenoles son los compuestos bioactivos más abundantes en la cáscara de mango. Entre ellos se encuentran la mangiferina, la quercetina, el ácido gálico y los taninos condensados (Masibo y He, 2008). Estos compuestos presentan un alto potencial antioxidante, neutralizando radicales libres y protegiendo las membranas celulares del daño oxidativo. Adicionalmente, algunos estudios han demostrado que los polifenoles pueden estimular el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, lo que refuerza su carácter prebiótico (López-Cobo et al., 2017).

• Carotenoides y vitamina C.

Los carotenoides, principalmente β -caroteno, luteína y zeaxantina, confieren propiedades antioxidantes y son precursores de la vitamina A, la cual contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico (Manthey y Perkins-Veazie, 2009). La vitamina C, presente en concentraciones entre 50 y 80 mg/100 g de cáscara, actúa en sinergia con los polifenoles para potenciar el efecto antioxidante, además de favorecer la absorción de hierro y la protección de tejidos frente al estrés oxidativo.

- **Fibra dietética y su efecto prebiótico.**

La fracción de fibra dietética soluble, principalmente compuesta por pectinas, hemicelulosas y oligosacáridos, no se digiere en el intestino delgado y alcanza el colon, donde es fermentada por la microbiota. Este proceso da lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butirato, el cual es esencial para la salud del colon, el mantenimiento del pH intestinal y la reducción del riesgo de enfermedades inflamatorias (Ribeiro et al., 2019).

- **Función prebiótica.**

El efecto prebiótico de los compuestos de la cáscara de mango se debe principalmente a la fermentación de las pectinas y oligosacáridos por bacterias beneficiosas, lo que estimula su crecimiento y desplaza microorganismos patógenos. Además, los polifenoles interactúan con la microbiota, mejorando su diversidad y contribuyendo a la producción de metabolitos bioactivos que regulan la respuesta inmune y reducen la inflamación intestinal (Sharma et al., 2021).

En conjunto, la combinación de polifenoles, carotenoides y fibra dietética convierte a la cáscara de mango en una fuente de compuestos con un alto potencial funcional. La incorporación de estos compuestos en formulaciones alimenticias, como galletas prebióticas, permite desarrollar productos con valor agregado y beneficios para la salud digestiva.

2.2.2.4. Potencial de la cáscara de mango como ingrediente funcional

La cáscara de mango, tradicionalmente descartada en la industria procesadora de esta fruta, ha sido reconocida como una fuente valiosa de compuestos bioactivos y fibra dietética, lo que le confiere un alto potencial como ingrediente funcional en diversas formulaciones alimenticias. Su aprovechamiento contribuye no solo al desarrollo de alimentos con propiedades saludables, sino también a la reducción de residuos agroindustriales, promoviendo la economía circular y la sostenibilidad (Dorta et al., 2012).

- **Riqueza en fibra y compuestos antioxidantes.**

La cáscara de mango contiene entre 40 % y 60 % de fibra dietética total en base seca, con una fracción significativa de fibra soluble (pectinas) que presenta propiedades prebióticas, y fibra insoluble (celulosa y lignina) que mejora el tránsito intestinal (Ajila et al., 2010). Además, es una fuente destacada de polifenoles, como mangiferina, quercetina y ácido gálico, así como carotenoides (β -caroteno y luteína)

y vitamina C, todos ellos asociados con actividades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Berardini et al., 2005; Ribeiro et al., 2019).

- **Aplicaciones en alimentos funcionales.**

Diversos estudios han reportado la viabilidad de incorporar polvo de cáscara de mango en productos horneados, como galletas, panes y bizcochos, para enriquecer el contenido de fibra, mejorar la capacidad antioxidante y reducir el índice glucémico del producto final. Por ejemplo, Ajila et al. (2008) demostraron que la inclusión de un 5 % de harina de cáscara de mango en galletas incrementó significativamente el contenido de fibra y la actividad antioxidante sin afectar la calidad tecnológica del producto.

Asimismo, la pectina de la cáscara de mango se ha utilizado como agente gelificante y espesante en la elaboración de mermeladas, yogures y productos de confitería, mostrando propiedades comparables a las pectinas comerciales extraídas de cítricos (Berardini et al., 2005). Esto abre oportunidades para formular alimentos con texturas mejoradas y funcionalidad añadida.

- **Función prebiótica y beneficios para la salud.**

La fermentación de las fibras solubles de la cáscara de mango en el colon favorece el crecimiento de bacterias beneficiosas, como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, lo que contribuye al equilibrio de la microbiota intestinal y a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) con efectos protectores contra enfermedades inflamatorias intestinales (Sharma et al., 2021). Además, los polifenoles presentes ejercen una acción sinérgica con la fibra, modulando el ecosistema intestinal y reduciendo la proliferación de microorganismos patógenos.

- **Sostenibilidad y valor económico.**

El uso de cáscara de mango como ingrediente funcional también tiene un impacto ambiental positivo, ya que ayuda a disminuir el volumen de residuos generados por la industria de jugos y pulpas de mango. Su revalorización en productos con valor agregado representa una estrategia rentable y alineada con las tendencias actuales de producción sostenible y consumo responsable (Liu et al., 2020).

La cáscara de mango representa un ingrediente funcional versátil, rico en fibra y antioxidantes, que puede contribuir a la formulación de alimentos prebióticos,

promoviendo tanto la salud del consumidor como la sostenibilidad de los procesos agroindustriales.

2.2.4 Manzana (*Malus domestica* var. *Emilia*)

2.2.4.1 Propiedades generales y composición de la pulpa

La manzana (*Malus domestica* Borkh.), perteneciente a la familia Rosaceae, es una de las frutas de mayor producción y consumo a nivel mundial, debido a su versatilidad industrial, valor nutricional y contenido de compuestos bioactivos. La variedad Emilia se caracteriza por su pulpa firme, de color crema claro, sabor dulce-ácido balanceado y un alto contenido de azúcares naturales, lo que la convierte en una materia prima adecuada para la elaboración de productos procesados como galletas, mermeladas y jugos (Rupasinghe et al., 2018).

- Propiedades generales.

La manzana está compuesta principalmente por agua (alrededor del 84-86 %), seguida de carbohidratos (12-14 %), principalmente en forma de fructosa, glucosa y sacarosa. Contiene pequeñas cantidades de proteínas (0,2-0,5 %) y grasas (<0,5 %), pero es una fuente importante de fibra dietética, tanto soluble (pectinas) como insoluble (celulosa y hemicelulosa). Las pectinas, presentes en concentraciones que varían entre 0,5 % y 1,5 % en base fresca, son compuestos con propiedades gelificantes, prebióticas y moduladoras de la microbiota intestinal (Koutsos et al., 2017).

- Composición bioactiva.

La pulpa de manzana es rica en compuestos fenólicos como el ácido clorogénico, ácido cafeico, epicatequinas y quercetina, los cuales ejercen actividades antioxidantes y antiinflamatorias, protegiendo frente al daño oxidativo celular (Boyer y Liu, 2017). También contiene flavonoides y triterpenoides que se han asociado con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2.

Los minerales presentes en la pulpa incluyen potasio (100-170 mg/100 g), fósforo, calcio, magnesio y pequeñas cantidades de hierro y zinc. En cuanto a vitaminas, destacan la vitamina C (4-6 mg/100 g), vitaminas del complejo B (B1, B2, B6) y pequeñas cantidades de vitamina E (Hyson, 2011).

- Propiedades funcionales.

La combinación de fibra soluble e insoluble en la pulpa de manzana contribuye a la regulación del tránsito intestinal y a la reducción de los niveles de

colesterol, mientras que su contenido de polifenoles mejora la capacidad antioxidante de los alimentos en los que se incorpora. Las pectinas de la manzana, al ser fermentadas por la microbiota, producen ácidos grasos de cadena corta (AGCC) con funciones prebióticas y beneficios metabólicos (Koutsos et al., 2017).

- **Aplicaciones industriales.**

La variedad Emilia se ha empleado en la producción de productos funcionales, debido a su alta calidad sensorial y contenido de fibra. La pulpa procesada (en forma de puré o deshidratada) se utiliza en formulaciones de galletas, barras energéticas y productos horneados, donde actúa como sustituto parcial de grasas o azúcares, mejorando el perfil nutricional sin comprometer la aceptabilidad del producto (Rupasinghe et al., 2018).

2.2.4.2. Contenido de pectinas y fibra dietética

La pulpa de manzana es reconocida como una de las fuentes más importantes de fibra dietética y pectinas, componentes que contribuyen de manera significativa a su valor funcional y a su aplicación en la industria alimentaria. Estos compuestos no solo mejoran el perfil nutricional de los productos en los que se incorporan, sino que también ejercen beneficios fisiológicos relacionados con la salud gastrointestinal. (Koutsos et al., 2017).

Contenido de fibra dietética.

La fibra total presente en la pulpa de manzana se sitúa entre 1,5 y 2,5 g por cada 100 g en base fresca. De este contenido, aproximadamente el 60 % corresponde a fracción insoluble, principalmente celulosa y hemicelulosa, mientras que el 40 % restante está constituido por fracción soluble, representada en gran medida por pectinas (Hyson, 2011). La fracción insoluble favorece el incremento del volumen fecal y contribuye al adecuado tránsito intestinal. En contraste, la fracción soluble posee la capacidad de formar geles en presencia de agua, lo que se asocia con la disminución en la absorción de colesterol y con una mejor regulación de los niveles de glucosa en sangre (Liu et al., 2013).

Pectinas: características y aplicaciones.

Las pectinas son polisacáridos complejos de naturaleza aniónica, formados principalmente por ácido galacturónico. En la pulpa de manzana, la concentración de pectinas varía entre 0,5 y 1,2 % en base fresca, dependiendo de la variedad, estado de maduración y condiciones de cultivo (Schieber et al., 2003). Estas pectinas poseen una alta capacidad de gelificación y emulsificación, por lo que son

ampliamente utilizadas en productos de confitería, mermeladas, geles y productos horneados.

Desde el punto de vista nutricional, las pectinas tienen propiedades prebióticas, ya que son fermentadas por bacterias beneficiosas del colon como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, favoreciendo la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butirato, el cual es esencial para la salud del epitelio intestinal y la reducción de procesos inflamatorios (Koutsos et al., 2017).

Beneficios funcionales.

El consumo de fibra dietética proveniente de la manzana se asocia con una reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y obesidad. Esto se debe a la capacidad de las pectinas y fibras solubles para disminuir la absorción de grasas y regular el índice glucémico (Boyer y Liu, 2017). En la industria alimentaria, la fibra de manzana se utiliza en formulaciones de galletas, panes y productos horneados, actuando como ingrediente funcional que incrementa el contenido de fibra y mejora la textura.

Influencia de la variedad Emilia.

La variedad Emilia se distingue por su pulpa firme y su alto contenido de pectinas y fibras solubles, lo que la hace especialmente útil en la elaboración de productos funcionales como galletas prebióticas, donde puede mejorar la textura y aportar beneficios nutricionales.

2.2.4.3. Aplicaciones de la pulpa en productos alimenticios funcionales

La pulpa de manzana, particularmente de la variedad Emilia, se ha consolidado como un ingrediente versátil en la industria alimentaria debido a su contenido de pectinas, fibra dietética, compuestos fenólicos y azúcares naturales, que le confieren propiedades tecnológicas y funcionales de gran interés. Su uso en alimentos funcionales ha sido ampliamente estudiado, ya que puede actuar como sustituto parcial de grasas o azúcares, mejorar la textura de productos horneados y contribuir a la salud intestinal por su efecto prebiótico (Rupasinghe et al., 2018).

- Aplicaciones en panificación y galletas.

La pulpa de manzana deshidratada o en forma de puré se utiliza en formulaciones de galletas, panes y bizcochos como fuente de fibra soluble (pectinas) y compuestos bioactivos. Investigaciones han demostrado que la inclusión de entre 5 % y 10 % de harina de pulpa de manzana en galletas no solo aumenta el contenido de fibra y antioxidantes, sino que también mejora la humedad

y la suavidad del producto final (Fernandes et al., 2019). Además, la pectina actúa como un agente estabilizante que ayuda a mejorar la estructura de la masa y prolonga la frescura del producto durante el almacenamiento.

- **Uso en productos lácteos y bebidas.**

Gracias a su capacidad para formar geles y su sabor agradable, la pulpa de manzana se emplea en yogures, leches fermentadas y bebidas funcionales. Las pectinas presentes en la pulpa permiten mejorar la textura y la estabilidad de estos productos, además de aportar fibra soluble con propiedades prebióticas que favorecen el crecimiento de bacterias beneficiosas en el colon (Hyson, 2011).

- **Aplicaciones en alimentos bajos en grasa.**

El puré de manzana se utiliza como reemplazo parcial de grasas en productos horneados (muffins, pasteles y brownies), sin afectar significativamente la textura ni el sabor. Esto se debe a su capacidad para retener humedad y mejorar la cohesión de la masa, lo que permite desarrollar alimentos con un perfil nutricional mejorado y menos calorías (Tian et al., 2021).

- **Productos extruidos y snacks.**

La incorporación de pulpa de manzana deshidratada en mezclas para snacks o barras energéticas mejora el contenido de fibra, antioxidantes y compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides. Además, la presencia de azúcares naturales actúa como agente edulcorante, disminuyendo la necesidad de añadir azúcares refinados (Koutsos et al., 2017).

- **Valor funcional.**

El consumo de productos elaborados con pulpa de manzana ha sido asociado con efectos positivos sobre la salud, como la reducción del colesterol sérico, el control de la glucemia y la modulación de la microbiota intestinal, gracias a la fermentación de las pectinas y la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (Boyer y Liu, 2017).

2.2.3. Componentes funcionales y bioactivos de frutas

2.2.3.1. Fibra dietética: tipos, beneficios y propiedades tecnológicas.

La fibra dietética es un componente fundamental en la formulación de alimentos funcionales debido a su capacidad para mejorar la salud digestiva, modular la microbiota intestinal y contribuir a la prevención de enfermedades crónicas. Se define como el conjunto de polisacáridos y ligninas presentes en las

paredes celulares vegetales que no son digeridos por las enzimas del tracto gastrointestinal humano (Elleuch et al., 2011).

Tipos de fibra dietética

La fibra se clasifica en dos grupos principales: soluble e insoluble, de acuerdo con su capacidad de disolverse en agua.

Fibra soluble: Incluye pectinas, β -glucanos, gomas, inulina y hemicelulosas. Esta fracción forma geles viscosos en presencia de agua, lo que contribuye a la reducción de la absorción de glucosa y lípidos, ayudando a controlar los niveles de glucemia y colesterol sanguíneo (Jiménez-Escrig y Sánchez-Muniz, 2000).

Fibra insoluble: Formada principalmente por celulosa, lignina y parte de las hemicelulosas. No se disuelve en agua y su función principal es incrementar el volumen del bolo alimenticio y acelerar el tránsito intestinal, previniendo el estreñimiento (Schneeman, 2002).

- Beneficios fisiológicos

El consumo regular de fibra dietética está asociado con una disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidad y algunos tipos de cáncer, principalmente el de colon (Stephen et al., 2017). La fermentación de la fibra soluble por bacterias del colon genera ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el butirato, el propionato y el acetato, que tienen efectos antiinflamatorios y contribuyen a la integridad de la mucosa intestinal (Ríos-Covián et al., 2016). Además, la fibra actúa como prebiótico, estimulando el crecimiento de bacterias benéficas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*.

- Propiedades tecnológicas

Desde el punto de vista tecnológico, la fibra dietética es utilizada en la industria alimentaria por su capacidad de absorber agua, formar geles, emulsionar grasas y mejorar la textura de los alimentos. En productos de panificación, como galletas y panes, la fibra contribuye a aumentar la retención de humedad, la estabilidad del producto y el valor nutricional (Elleuch et al., 2011). La pectina, una fibra soluble presente en frutas como la manzana y el mango, se utiliza como agente gelificante y estabilizante en mermeladas, yogures y confitería.

- Fuentes de fibra dietética

Las frutas como el mango, la manzana, la pera, la naranja y los cítricos son excelentes fuentes de fibra soluble, mientras que los cereales integrales, las legumbres y algunos vegetales aportan principalmente fibra insoluble. En particular,

la cáscara de mango y la pulpa de manzana son ingredientes de gran interés en el desarrollo de alimentos funcionales por su alto contenido de pectinas y polifenoles asociados a la fibra (Sharma et al., 2021).

2.2.3.2. Pectinas y hemicelulosas: usos en productos de panificación

Las pectinas y hemicelulosas son componentes estructurales de la pared celular vegetal, y su aprovechamiento en la industria alimentaria ha adquirido gran relevancia debido a sus propiedades funcionales, tecnológicas y nutricionales. Estos polisacáridos no solo aportan beneficios a la salud humana como fibra dietética, sino que también desempeñan funciones tecnológicas importantes en matrices alimentarias, especialmente en productos de panificación como galletas, panes y bizcochos.

- Pectinas: propiedades y aplicaciones en panificación

Las pectinas son polisacáridos de naturaleza aniónica, compuestos principalmente por unidades de ácido galacturónico, parcialmente esterificadas con grupos metilo. Su capacidad para formar geles en presencia de azúcares y ácidos las convierte en ingredientes ampliamente utilizados en mermeladas, jaleas, yogures y productos horneados (Thakur et al., 2020).

Principales aplicaciones en panificación:

- **Mejorar la textura y retención de humedad:** La adición de pectinas en masas de galletas y panes ayuda a mejorar la cohesión y retención de agua, lo que prolonga la frescura y reduce la dureza del producto durante el almacenamiento (Liu et al., 2019).

- **Sustitución parcial de grasas:** Gracias a su capacidad para formar geles y emulsiones, las pectinas pueden sustituir parcialmente la grasa en productos horneados sin afectar su volumen ni su calidad sensorial (Sanz et al., 2019).

- **Enriquecimiento nutricional:** Como fibra soluble, las pectinas contribuyen a la disminución del colesterol y a la modulación del índice glucémico, añadiendo un valor funcional a los productos.

- Hemicelulosas: función tecnológica en panificación

Las hemicelulosas son polisacáridos heterogéneos que incluyen xilanos, mananos, arabinoxilanos y glucanos. Aunque no forman geles como las pectinas, poseen una gran capacidad para interactuar con proteínas y almidones, mejorando las propiedades reológicas de las masas (Zhao et al., 2020).

En productos de panificación, las hemicelulosas:

- Mejoran la estructura de la masa y el volumen final: Esto es posible gracias a su capacidad para unir agua y fortalecer la red de gluten en las formulaciones con harinas de trigo.
- Aumentan la retención de agua y reducen la retrogradación del almidón, mejorando la vida útil del producto y evitando el endurecimiento.
- Actúan como fibra funcional, contribuyendo al contenido total de fibra y proporcionando beneficios a la salud intestinal.

- **Aplicaciones con materias primas frutales**

Subproductos de frutas como la cáscara de mango y la pulpa de manzana son fuentes naturales de pectinas y hemicelulosas, las cuales pueden incorporarse en galletas y panes para mejorar su perfil nutricional y funcional. Estudios han demostrado que el uso de harinas enriquecidas con estas fibras aumenta la capacidad antioxidante del producto final, aportando un valor agregado a la panificación tradicional (Ribeiro et al., 2019).

2.2.3.3. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de las plantas caracterizados por la presencia de uno o varios anillos aromáticos con grupos hidroxilo. Estos compuestos poseen una reconocida actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana, lo que los hace de gran interés para la formulación de alimentos funcionales. En frutas como el mango y la manzana, los polifenoles están presentes en concentraciones significativas, tanto en la pulpa como en las cáscaras, y contribuyen a la estabilidad oxidativa y al valor nutricional de los productos elaborados con estos ingredientes (Panche et al., 2016).

- **Clasificación de los compuestos fenólicos**

Los polifenoles se dividen en varios grupos principales:

- **Ácidos fenólicos:** Incluyen los derivados del ácido benzoico (ácido gálico, ácido protocatéquico) y del ácido cinámico (ácido cafeico, p-cumárico y ferúlico).
- **Flavonoides:** El grupo más diverso, compuesto por flavonoles (quercetina, kaempferol), flavanonas, flavonas, antocianinas y catequinas.
- **Taninos:** Polímeros fenólicos con alto peso molecular, presentes en frutas como la cáscara de mango.
- **Estilbenos:** Menos comunes, como el resveratrol.

En mango, predominan la mangiferina, quercetina, catequinas y ácido gálico, mientras que en manzana destacan los flavonoles (quercetina), catequinas y ácido clorogénico (Masibo y He, 2008; Boyer y Liu, 2017).

- **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe principalmente a su capacidad de donar electrones o átomos de hidrógeno, neutralizando radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS). Este mecanismo ayuda a prevenir el daño oxidativo en lípidos, proteínas y ADN, lo cual está relacionado con la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Scalbert et al., 2005).

Los polifenoles por su capacidad antioxidante pueden quelar metales. de transición como el hierro y el cobre, previniendo reacciones prooxidantes, y actúan como moduladores de enzimas antioxidantes endógenas como la catalasa y la superóxido dismutasa (Shahidi y Ambigaipalan, 2015).

- **Importancia en alimentos funcionales**

En productos de panificación como galletas, la incorporación de harinas de frutas ricas en compuestos fenólicos (como cáscara de mango o pulpa de manzana) aumenta la capacidad antioxidante total del producto final. Esto no solo mejora su valor funcional, sino que también contribuye a prolongar la vida útil al inhibir la oxidación lipídica y el enranciamiento (Ajila et al., 2008).

- **Interacción con fibra dietética**

Una parte de los compuestos fenólicos se encuentra asociada a la fibra dietética, formando complejos no extraíbles que se liberan durante la fermentación en el colon. Esta interacción confiere un efecto sinérgico, ya que los polifenoles actúan como prebióticos, modulando la microbiota intestinal y favoreciendo la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (Saura-Calixto et al., 2010).

2.2.3.4. Rol de los compuestos bioactivos en la prevención de enfermedades crónicas

Los compuestos bioactivos presentes en frutas, como polifenoles, carotenoides, vitamina C y fibra dietética, desempeñan un papel fundamental en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), tales como enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidad y algunos tipos de cáncer. Estos compuestos ejercen efectos positivos a través de mecanismos

antioxidantes, antiinflamatorios, moduladores de la microbiota intestinal y reguladores de procesos metabólicos (Scalbert et al., 2005).

- **Mecanismos antioxidantes y antiinflamatorios**

Los compuestos fenólicos neutralizan radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS), protegiendo a las células del daño oxidativo en lípidos, proteínas y ADN, procesos asociados con el envejecimiento y el desarrollo de patologías crónicas (Shahidi y Ambigaipalan, 2015). Además, estos compuestos regulan la expresión de mediadores inflamatorios, reduciendo el estrés oxidativo y la inflamación sistémica, factores clave en enfermedades como aterosclerosis y diabetes (Del Rio et al., 2013).

Por ejemplo, la mangiferina, presente en la cáscara de mango, ha mostrado actividad hipoglucemiante, hepatoprotectora y antioxidante, mientras que los flavonoides de la manzana (como la quercetina) inhiben la oxidación de LDL y protegen contra el daño vascular (Masibo y He, 2008; Boyer y Liu, 2017).

- **Regulación metabólica y control de glucemia**

La fibra dietética soluble, especialmente las **pectinas**, retarda la absorción de glucosa y contribuye al control glicémico, siendo beneficiosa para personas con resistencia a la insulina o diabetes tipo 2. Asimismo, la fermentación colónica de la fibra genera ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el propionato y butirato, que regulan la homeostasis energética, la sensibilidad a la insulina y la inflamación intestinal (Ríos-Covián et al., 2016).

- **Prevención de enfermedades cardiovasculares**

El consumo regular de polifenoles y fibra dietética reduce los niveles de colesterol LDL y triglicéridos, aumentando el colesterol HDL. Los flavonoides, como la quercetina y catequinas, tienen efectos vasodilatadores y mejoran la función endotelial, reduciendo el riesgo de aterosclerosis y eventos cardiovasculares (Tresserra-Rimbau et al., 2018).

- **Protección contra el cáncer**

Diversos estudios han asociado la ingesta de compuestos fenólicos con una menor incidencia de cánceres gastrointestinales, de colon y mama, debido a su capacidad para modular la proliferación celular, inducir apoptosis en células tumorales y bloquear la formación de compuestos carcinogénicos (Panche et al., 2016).

- **Modulación de la microbiota intestinal**

Los compuestos bioactivos ligados a la fibra dietética actúan como prebióticos, favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, lo que mejora la función intestinal, la respuesta inmune y la producción de metabolitos antiinflamatorios (Saura-Calixto et al., 2010).

2.2.4. Tecnología de elaboración de galletas prebióticas

2.2.4.1. Ingredientes básicos en galletería y su función tecnológica

La elaboración de galletas es un proceso de panificación que requiere la selección adecuada de ingredientes básicos para garantizar la textura, sabor, color y estabilidad del producto. Cada ingrediente cumple una función tecnológica específica dentro de la formulación, afectando propiedades como la estructura de la masa, la retención de humedad y el comportamiento durante el horneado. En el desarrollo de galletas prebióticas, algunos de estos ingredientes pueden ser sustituidos o complementados con componentes funcionales como fibras dietéticas, harinas de frutas o prebióticos (Hoseney, 2010).

- Harinas

La harina de trigo es el ingrediente principal en galletería debido a su contenido de proteínas (principalmente gluteninas y gliadinas), que al hidratarse forman gluten, proporcionando elasticidad y estructura a la masa. En galletas, se suelen usar harinas con bajo contenido de gluten para evitar una textura excesivamente elástica, favoreciendo así la friabilidad del producto (Manley, 2011). En formulaciones prebióticas, parte de esta harina puede ser reemplazada por harinas enriquecidas con fibra, como la cáscara de mango o la pulpa de manzana deshidratada, para aumentar el contenido funcional del producto.

- Grasas o mantecas

Las grasas (manteca, margarina o mantequilla) aportan suavidad, sabor y una textura quebradiza característica. Actúan como lubricantes en la red de gluten, reduciendo la rigidez de la masa y mejorando su plasticidad. También influyen en la retención de humedad, prolongando la frescura de las galletas (Pareyt y Delcour, 2008).

- Azúcares

Los azúcares, principalmente sacarosa, no solo endulzan el producto, sino que participan en la reacción de Maillard y en la caramelización, generando color y aromas agradables. Además, contribuyen a la estructura crujiente, ya que el azúcar

se funde durante el horneado, creando una matriz sólida tras el enfriamiento (Manley, 2011).

- **Agentes leudantes**

En galletas, los leudantes químicos como bicarbonato de sodio y polvo de hornear son los más utilizados. Estos producen dióxido de carbono durante el horneado, aumentando el volumen y contribuyendo a la porosidad y textura ligera del producto (Hoseney, 2010).

- **Huevos**

Los huevos, principalmente la clara, aportan proteínas que actúan como agentes estructurantes y emulsificantes, ayudando a estabilizar la mezcla y mejorar el color y la textura final.

- **Lácteos y líquidos**

La leche en polvo o líquida, además de hidratar la mezcla, aporta lactosa, proteínas y minerales que contribuyen al color (por Maillard) y a la formación de una miga uniforme.

- **Sal y aditivos**

La sal mejora el sabor y controla la fermentación química. Los emulsionantes, enzimas y mejoradores se utilizan en algunas formulaciones para optimizar la textura y la vida útil.

2.2.4.2. Sustitución parcial de harinas tradicionales por harinas de frutas

La sustitución parcial de harinas tradicionales, como la de trigo, por harinas obtenidas de frutas se ha convertido en una estrategia innovadora para el desarrollo de alimentos funcionales, como galletas, panes y bizcochos. Este enfoque permite enriquecer el perfil nutricional del producto final mediante el incremento del contenido de fibra dietética, compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides y carotenoides) y minerales, al tiempo que se fomenta el aprovechamiento de subproductos agroindustriales (Ribeiro et al., 2019).

- **Ventajas funcionales y nutricionales**

Las harinas de frutas, como las obtenidas de cáscara de mango o pulpa de manzana deshidratada, son ricas en fibra soluble (pectinas) e insoluble (celulosa y hemicelulosa), lo que contribuye a mejorar la salud gastrointestinal, reducir el colesterol y controlar la glucemia (Ajila y Rao, 2013). Además, estas harinas

contienen antioxidantes naturales, como polifenoles, que proporcionan beneficios adicionales frente al estrés oxidativo y enfermedades crónicas (Boyer y Liu, 2017).

- **Efecto sobre la textura y calidad del producto**

La incorporación de harina de frutas puede modificar las propiedades reológicas de la masa, ya que la fibra reduce la formación de la red de gluten, afectando el volumen y la textura de las galletas. Sin embargo, estudios han demostrado que una sustitución del 5-10 % de la harina de trigo por harina de cáscara de mango mejora el contenido de fibra y la capacidad antioxidante sin comprometer significativamente las características sensoriales ni tecnológicas del producto (Ajila et al., 2008).

En el caso de la pulpa de manzana, su alto contenido de pectinas contribuye a una mayor retención de humedad, lo que proporciona una textura más suave y prolonga la frescura de las galletas. Además, la presencia de azúcares naturales (fructosa y sacarosa) ayuda a disminuir la necesidad de edulcorantes adicionales, favoreciendo la reducción de azúcares refinados (Fernandes et al., 2019).

- **Consideraciones tecnológicas**

Para obtener harinas de frutas aptas para panificación, se requiere un proceso de deshidratación y molienda que preserve los compuestos bioactivos y la funcionalidad de la fibra. Es fundamental optimizar el tamaño de partícula para evitar texturas arenosas y asegurar una adecuada distribución de la humedad en la masa (Tian et al., 2021).

Además, la incorporación de harinas de frutas puede aumentar la capacidad de absorción de agua, por lo que se deben ajustar los niveles de líquidos en la formulación para mantener la cohesión y manejabilidad de la masa. El uso combinado con enzimas y emulsionantes puede compensar la reducción del gluten y mejorar el volumen del producto horneado.

- **Aplicación en galletas prebióticas**

La adición de harinas de frutas en galletas prebióticas no solo enriquece el contenido de fibra, sino que también potencia la actividad prebiótica al proporcionar sustratos fermentables para la microbiota intestinal. Esto convierte a las galletas en productos de alto valor funcional y sostenible, alineados con las tendencias de alimentación saludable.

2.2.4.3. Propiedades fisicoquímicas de las galletas con fibra y prebióticos

Las propiedades fisicoquímicas de las galletas enriquecidas con fibra y prebióticos son indicadores clave de su calidad, estabilidad y aceptabilidad. Estas propiedades están influenciadas por el tipo y nivel de sustitución de harinas, el contenido de azúcares, grasas y la presencia de ingredientes funcionales como harinas de frutas o inulina. En galletas prebióticas, los cambios en composición suelen alterar parámetros como humedad, textura, color y capacidad de retención de agua, lo que requiere ajustes en el proceso de formulación y horneado (Manley, 2011).

- Humedad y actividad de agua (a_w)

La humedad es un parámetro determinante de la textura y vida útil de las galletas. Galletas con alto contenido de fibra tienden a absorber más agua debido a la capacidad de hinchamiento y retención de agua de las fibras solubles (pectinas e inulina). Esto puede influir en la friabilidad del producto, por lo que es necesario optimizar los tiempos de horneado para mantener niveles de humedad entre 2 % y 5 % en base seca, con una actividad de agua (a_w) inferior a 0,6, lo que garantiza estabilidad microbiológica (Sanz et al., 2019).

- Textura y dureza

La fibra y los prebióticos influyen en la estructura interna de las galletas. Un mayor contenido de fibra insoluble reduce la formación de gluten, lo que puede aumentar la fragilidad y disminuir la elasticidad de la masa (Pareyt y Delcour, 2008). Sin embargo, el uso de fibras solubles como inulina o pectinas de frutas mejora la cohesión y da una textura más suave, actuando como reemplazo parcial de grasas.

- Color

El color final está determinado por la reacción de Maillard y la caramelización durante el horneado. Las harinas de frutas como la cáscara de mango o la pulpa de manzana aportan tonalidades amarillentas o marrones debido a la presencia de carotenoides, polifenoles y azúcares reductores, incrementando el índice de color y el valor de b en la escala CIELab: sistema internacional de medición del color desarrollado por la International Commission on Illumination en 1976 (Ajila et al., 2008).

- **Propiedades nutricionales**

La incorporación de ingredientes funcionales incrementa el contenido de fibra dietética total, antioxidantes y minerales. Por ejemplo, galletas con 5-10 % de harina de cáscara de mango presentan hasta un 40 % más de fibra que las galletas convencionales, además de una capacidad antioxidante superior medida mediante métodos como DPPH o FRAP (Ribeiro et al., 2019).

- **Capacidad de absorción de agua y grasa (CAA y CAG)**

Las fibras solubles y prebióticos, como la inulina, tienen alta capacidad de retener agua y aceite, mejorando la jugosidad del producto y prolongando su frescura. Estos parámetros son fundamentales para la evaluación tecnológica de la galleta, ya que influyen en la textura y crocancia final (Elleuch et al., 2011).

En conjunto, las propiedades fisicoquímicas de las galletas con fibra y prebióticos deben evaluarse cuidadosamente para garantizar un producto funcional con buena calidad tecnológica y nutricional.

2.2.4.5. Vida útil y estabilidad de galletas con alto contenido de fibra

La vida útil de las galletas con alto contenido de fibra está influenciada por factores fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, así como por el tipo de ingredientes funcionales incorporados (harinas de frutas, prebióticos o fibras dietéticas). Aunque las galletas son productos de baja humedad, el uso de fibras solubles, como pectinas o inulina, puede incrementar la retención de agua, afectando la textura, la crocancia y, en algunos casos, acelerando reacciones de degradación si no se controlan adecuadamente las condiciones de procesamiento y almacenamiento (Sanz et al., 2019).

Factores que afectan la vida útil:

Contenido de humedad y actividad de agua (aw):

Las galletas con alto contenido de fibra tienden a absorber más agua del ambiente debido a la higroscopicidad de las fibras solubles. Para garantizar estabilidad, la actividad de agua debe mantenerse por debajo de 0,6, evitando el crecimiento microbiano y la pérdida de textura crujiente (Elleuch et al., 2011).

Oxidación de lípidos:

La presencia de grasas, combinada con la exposición al oxígeno y a la luz, puede causar rancidez oxidativa, alterando el sabor y aroma del producto. La adición de fibras ricas en antioxidantes (como cáscara de mango) ayuda a reducir

la velocidad de oxidación debido a su contenido en polifenoles y carotenoides (Ajila y Rao, 2013).

- **Cambios en textura:**

Durante el almacenamiento, las galletas pueden perder crocancia por migración de humedad. Las fibras solubles, al absorber agua, pueden ocasionar una textura más suave si el empaque no es adecuado. Es recomendable el uso de envases herméticos con propiedades de baja permeabilidad al vapor de agua (Manley, 2011).

- **Reacciones de Maillard y pardeamiento:**

Aunque estas reacciones generan color y aroma deseable durante el horneado, pueden continuar a una velocidad lenta durante el almacenamiento, especialmente en productos con mayor contenido de azúcares y proteínas.

- **Estrategias para prolongar la estabilidad**

- **Ajuste de formulación:** Controlar el nivel de fibra y líquidos para evitar exceso de humedad.

- **Uso de antioxidantes naturales:** Polifenoles presentes en harinas de frutas ayudan a prevenir la rancidez.

- **Empaque adecuado:** Envases multicapa con propiedades barrera frente al oxígeno y la humedad.

- **Condiciones de almacenamiento:** Mantener el producto a temperaturas inferiores a 25 °C y en ambientes con humedad relativa controlada (<60 %).

Vida útil estimada

Estudios han demostrado que las galletas con 5-10 % de harina de cáscara de mango o pulpa de manzana mantienen su textura, sabor y actividad antioxidante durante 3 a 6 meses bajo almacenamiento adecuado, comparable a galletas convencionales (Ribeiro et al., 2019). Sin embargo, una sustitución superior al 15 % puede acelerar cambios en textura y color debido a la alta capacidad de absorción de humedad de las fibras.

2.3 Marco legal

NTE INEN 2085:2013 – Galletas. Requisitos

Establece las especificaciones técnicas que deben cumplir las galletas en cuanto a composición, aditivos permitidos, características organolépticas, límites

microbiológicos, rotulado y requisitos de envase/empaque. Es la norma específica para este tipo de producto en el país.

NTE INEN 1529-2:2013 – Análisis microbiológico de alimentos. Métodos para la determinación de *Bacillus cereus*

Norma utilizada para la detección y enumeración de este patógeno en alimentos.

NTE INEN 1529-5:2013 – Análisis microbiológico de alimentos. Determinación de mohos y levaduras

Define los métodos de recuento para verificar la inocuidad del producto.

Normativa sanitaria nacional

Reglamento Sanitario de Etiquetado de Alimentos Procesados para el Consumo Humano (Acuerdo Ministerial 5109, MSP): complementa las disposiciones de rotulado, en especial para declaraciones de propiedades nutricionales, saludables y de advertencia (semáforo nutricional).

Codex Alimentarius (FAO/OMS): aunque no es de aplicación obligatoria en Ecuador, sirve como referencia para validación internacional de parámetros. Destacan:

Codex Stan 152-1985 (Biscuits and Crackers): establece requisitos generales de composición, calidad y etiquetado.

Codex Stan 1-1985 (General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods): utilizado como guía para rotulado en armonía con normativa internacional.

Regulación de aditivos y alegaciones funcionales

Según el Acuerdo Ministerial 067 (MSP, Ecuador), solo se podrán emplear aditivos alimentarios autorizados y dentro de los límites establecidos por el Codex Alimentarius y la NTE INEN 2074.

Para declaraciones de “fuente de fibra” o “alimento con efecto prebiótico”, se debe cumplir con los criterios de la FAO/OMS (2007) sobre prebióticos, y con la Reglamentación INEN de Etiquetado Nutricional, que exige validación científica y verificación de contenido mínimo por porción.

Norma NTE INEN 2085: Galletas Requisitos

Esta norma tiene como objeto establecer los requisitos que deben de cumplir los diferentes tipos de galletas

Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos para galletas

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Método de ensayo
pH en solución acuosa al 10 %	5,5	9,5	NTE INEN 526
Proteína (% N × 5,7)	3,0	—	NTE INEN 519
Humedad (%)	—	10,0	NTE INEN 518

Fuente: NTE INEN 2085

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para galletas simples

Parámetro microbiológico	n	m (UFC/g)	M (UFC/g)	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos (R.E.P.)	3	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras	3	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10

Fuente: NTE INEN 2085

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.2 Tipo y alcance de la investigación

La presente investigación se clasificó como aplicada, al orientarse a la solución de un problema práctico relacionado con la valorización de subproductos frutales en la elaboración de una galleta con fines prebióticos; documental, porque contempla una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales de la cáscara de mango y la pulpa de manzana var. Emilia; de campo y laboratorio, al requerir la recolección de materias primas en fuentes agrícolas y su posterior procesamiento, formulación y evaluación en condiciones controladas; y experimental, ya que se manipularán variables independientes (niveles de sustitución de harina por cáscara de mango y pulpa de manzana) para analizar su efecto en variables dependientes como contenido de fibra, capacidad antioxidante, aceptabilidad sensorial y actividad prebiótica, mediante un diseño estadístico adecuado.

En cuanto a su alcance, se considera exploratoria, porque aborda una temática innovadora con escasa información previa sobre la variedad específica de manzana; descriptiva, al caracterizar las propiedades de las materias primas y del producto final; y explicativa, al establecer la relación causal entre los niveles de sustitución y los cambios observados en las características nutricionales, funcionales y sensoriales de la galleta.

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental, dado que se manipularon deliberadamente las variables independientes, en este caso los porcentajes de sustitución de harina de trigo por cáscara de mango y pulpa de manzana var. Emilia, con el fin de evaluar su efecto sobre variables dependientes como el contenido de fibra, la capacidad antioxidante, la aceptabilidad sensorial y la actividad prebiótica de la galleta.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Formulación de la galleta con pulpa de manzana y cáscara de mango

3.2.1.2. Variable dependiente

Características organolépticas (color, olor, sabor y textura).

Composición nutricional (contenido de carbohidratos, proteína fibra dietética y cenizas), capacidad antioxidante.

Parámetros microbiológicos (*Bacillus cereus*, mohos y levaduras)

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

A continuación, se presenta la matriz de operacionalización de variables del estudio, en la cual se definen tanto la variable independiente como las variables dependientes seleccionadas. Esta matriz permite establecer con claridad el tipo de variable, su nivel de medición y la forma en que serán evaluadas durante la investigación, garantizando la coherencia metodológica y la validez de los resultados obtenidos en el desarrollo de la galleta con fines prebióticos.

Tabla 3.

Matriz de operacionalización de variables independientes

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Formulación de la galleta con pulpa de manzana y cáscara de mango	Cualitativa	Nominal	Formulaciones de galletas obtenidas mediante la sustitución parcial de harina de trigo con polvo de cáscara de mango (0–5–8 %) y pulpa de manzana var. <i>Emilia</i> (0–5–8 %). El control no incluye sustitución.

Elaborado por: La autora, 2026

Tabla 4.

Matriz de operacionalización de variables dependientes

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Características organolépticas (color, olor, sabor y textura)	Cualitativa	Ordinal	Evaluación sensorial mediante escala hedónica de 9 puntos (1 = disgusta extremadamente, 9 = gusta extremadamente) aplicada a un panel de jueces no entrenados.
Composición nutricional (carbohidratos, proteína, fibra dietaria y cenizas)	Cuantitativa	De razón	Determinación de la composición proximal de las galletas, expresada en % base seca, según métodos AOAC oficiales.
Parámetros microbiológicos (<i>Bacillus cereus</i> , mohos y levaduras)	Cuantitativa	De razón	Recuento microbiológico expresado en UFC/g, conforme a normas ISO y límites regulatorios para galletas.

Elaborado por: La autora, 2026

3.2.4 *Tratamientos*

Para el desarrollo de esta investigación se estudiaron formulaciones con aporte de la pulpa de manzana var. emilia y cáscara de mango.

Tabla 5.
Tratamientos a evaluar en la elaboración de galletas integrales

Tratamientos	Harina integral (%)	Pulpa de manzana (%)	Cáscara de mango (%)
1	85	5	10
2	85	10	5
3	80	10	10
4	80	15	5
5 (Testigo)	100	0	0

Elaborado por: La autora, 2026

3.2.4 *Diseño experimental*

En el presente estudio, al tratarse de una investigación de carácter experimental, se implementó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA). Los tratamientos estuvieron conformados por las diferentes formulaciones de galletas, obtenidas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por cáscara de mango y pulpa de manzana var. Emilia en diferentes porcentajes. Los bloques correspondieron a los jueces sensoriales, con el fin de controlar la variabilidad individual en la evaluación organoléptica.

3.2.5 *Recolección de datos*

3.2.5.1. Recursos

Recursos bibliográficos

Artículos científicos actualizados

Sitios web académicos y bases de datos científicas (Scopus, ScienceDirect, Springer)

Tesis y trabajos de investigación relacionados

Recursos institucionales

Laboratorio de Procesamiento de Alimentos

Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Microbiológico

Acceso a biblioteca digital y repositorios institucionales

Materia prima e insumos

Cáscara de mango fresca (con trazabilidad)

Pulpa/pomaza de manzana var. *Emilia* (subproducto agroindustrial)

Harina de trigo (grado alimentario)

Azúcar, mantequilla, huevo y polvo de hornear (ingredientes base de galleta)

Medios de cultivo microbiológicos: agar MYP para *Bacillus cereus*, agar PDA para mohos y levaduras, soluciones tampón

Materiales de proceso

Vasos de precipitación (100 ml, 200 ml, 1000 ml, 3000 ml)

Probetas (100 ml y 500 ml)

Placas Petri y tubos de ensayo estériles

Cuchillos de acero inoxidable

Bandejas y mesas de acero inoxidable

Tazas medidoras y cucharas de acero inoxidable

Moldes para galletas

Guantes, mandiles y gorros de laboratorio

Bowls plásticos para mezclado y enfriado

Papel aluminio, bolsas plásticas estériles para almacenamiento

Equipos de proceso

Balanza digital de precisión (0,01 g) y balanza granataria

Molino para obtención de harina de cáscara y pulpa seca

Deshidratador o estufa con circulación de aire forzado

Batidora eléctrica para formulación de galletas

Horno de convección para horneado

Agitador magnético con control de temperatura

pH-metro digital

Estufa microbiológica y autoclave

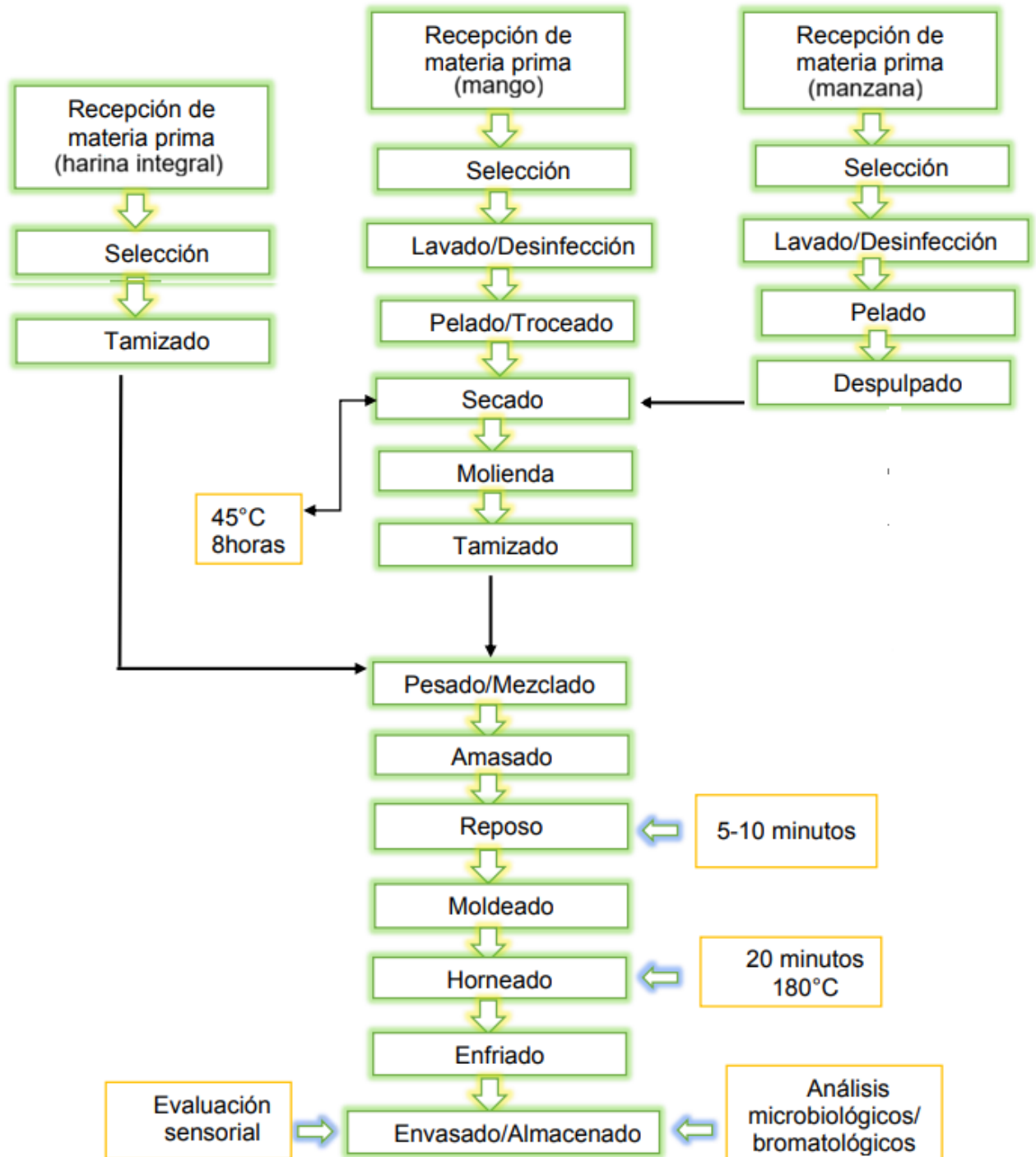
Cabina de bioseguridad

Termómetro digital

3.2.5.2. Métodos y técnicas

El proceso de elaboración de la galleta con pulpa de manzana var. Emilia y cáscara de mango se resumen en un conjunto de operaciones secuenciales que garantizan la calidad higiénico–sanitaria, nutricional y funcional del producto final. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo correspondiente, donde se detallan las etapas principales que abarcan desde la recepción de la materia prima hasta el empaque y almacenamiento del producto elaborado.

Figura 1.
Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la galleta



Elaborado por: La autora, 2026

Descripción del diagrama de flujo

- **Recepción y verificación de materia prima**

Las frutas utilizadas en el estudio (mangos y manzanas var. Emilia) fueron adquiridas en un mercado local. Durante su selección y compra se verificó que las unidades presentaran buen estado físico, sin daños visibles, signos de deterioro, presencia de mohos ni evidencias de fermentación.

- **Selección y limpieza de frutas**

Las frutas se clasificarán por madurez óptima (°Brix y firmeza) y se lavarán con agua potable clorada (50–100 ppm de cloro libre residual) para eliminar suciedad superficial y reducir la carga microbiana. Posteriormente se escurrirán en bandejas de acero inoxidable para evitar recontaminación.

- **Obtención de cáscara de mango y pulpa de manzana**

Con cuchillos de acero inoxidable previamente desinfectados, se separará la cáscara del mango, procurando retirar únicamente la fracción externa sin exceso de pulpa. En el caso de la manzana var. Emilia, se obtendrá la pulpa tras retirar semillas y corazón, procesándola como subproducto (pomaza) cuando provenga de extracción de jugo. Ambas fracciones se mantendrán en recipientes limpios cubiertos para evitar oxidación prematura.

- **Troceado y escaldado**

La cáscara de mango y la pulpa de manzana se cortarán en trozos pequeños y uniformes (1–2 cm). Posteriormente se escaldarán en agua a 85–90 °C durante 2–3 minutos para inactivar enzimas oxidativas (polifenol oxidasa y peroxidasa), reducir la carga microbiana inicial y favorecer la estabilidad de color y compuestos fenólicos. El escaldado se realizará en ollas de acero inoxidable con control de temperatura, seguido de enfriado inmediato en agua fría (10–15 °C).

- **Deshidratado**

Las fracciones escaldadas se someterán a deshidratado en estufa de aire forzado a 55–60 °C hasta alcanzar una humedad final de 8–10 % (b.s.), lo que garantiza estabilidad microbiológica y prolonga la vida útil del material. El secado será uniforme mediante bandejas de acero inoxidable, evitando temperaturas superiores a 65 °C para prevenir la degradación de polifenoles y pectinas.

- **Molienda**

Una vez secas, la cáscara de mango y la pulpa de manzana se molerán en molino de cuchillas o licuadora industrial hasta obtener harinas finas (<250 µm).

Las harinas se almacenarán en frascos herméticos, en ambiente seco y oscuro, hasta su uso en la formulación de las galletas.

- **Formulación de la masa**

Se pesarán los ingredientes de acuerdo con el diseño experimental: harina de trigo, harina de cáscara de mango, harina de pulpa de manzana, azúcar, mantequilla, huevo y polvo de hornear. Se prepararán las mezclas según los tratamientos, manteniendo la proporción base y sustituyendo parcialmente la harina de trigo con los subproductos frutales (5–8 % cada uno).

- **Amasado y conformado**

Los ingredientes secos y húmedos se mezclarán en batidora eléctrica hasta obtener una masa homogénea. Se dejará reposar la masa durante 15 minutos para hidratar las fibras y pectinas presentes. Luego, se procederá al laminado con rodillo y al cortado de piezas uniformes (4–5 mm de espesor).

- **Horneado**

Las galletas se hornearán en horno de convección precalentado a 180 °C por 15 minutos, hasta alcanzar un color dorado uniforme y una humedad final <8% (porcentaje en base seca.), controlando el “spread factor” y el desarrollo de textura crujiente.

- **Enfriado**

Tras el horneado, las galletas se colocarán en bandejas sobre rejillas de acero inoxidable y se enfriarán a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante 30–40 minutos. Este paso es esencial para evitar condensación en el empaque y asegurar estabilidad de textura.

- **Empaque**

Las galletas enfriadas se empacarán en bolsas plásticas de polipropileno grado alimentario con cierre hermético o sellado térmico. Se registrarán datos de lote, fecha de elaboración y caducidad estimada. El producto se almacenará en un lugar fresco y seco (20–22 °C, humedad relativa <65 %) hasta su análisis o consumo.

Variables a medir

- **Características sensoriales**

Las características organolépticas (color, olor, sabor y textura) serán evaluadas mediante un panel de 30 jueces no entrenados, seleccionados entre

consumidores habituales de galletas. La evaluación sensorial se realizará utilizando una ficha de evaluación estructurada con escala hedónica de 5 puntos, donde 1 corresponde a “me disgusta mucho” y 5 a “me gusta mucho”. Los análisis se realizarán en cabinas individuales, bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura, con el fin de evitar sesgos en la percepción sensorial (Stone y Sidel, 2004).

- **Determinación de Carbohidratos**

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia, restando del 100 % los porcentajes correspondientes a humedad, proteínas, grasa, cenizas y fibra dietética presentes en la muestra. Este procedimiento es ampliamente utilizado en estudios bromatológicos para estimar la fracción de carbohidratos totales en alimentos (AOAC, 2016).

- **Determinación de Proteína**

La cuantificación de proteína se efectuó mediante el método de Kjeldahl. Este procedimiento consistió en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico, seguida de destilación y titulación para determinar el contenido de nitrógeno total. Posteriormente, el valor obtenido se multiplicó por el factor de conversión 6,25, empleado comúnmente para alimentos de origen general (AOAC, 2016).

- **Determinación de Fibra Dietética**

Se realizó mediante el método enzimático-gravimétrico descrito por la AOAC, este método incluyó la digestión enzimática de las muestras para eliminar componentes digeribles, seguida de filtración, secado y pesaje del residuo, lo que permitió estimar el contenido de fibra dietética total presente en el alimento (AOAC, 2016).

- **Determinación de Cenizas**

Mediante la incineración de la muestra en una mufla a una temperatura de 550 °C se determinó el contenido de cenizas, hasta obtener un residuo de color blanco o grisáceo, correspondiente a las sales minerales presentes en el alimento (Pearson, 2013).

Análisis microbiológico

- **Determinación de *Bacillus cereus***

La identificación y recuento de *Bacillus cereus* se efectuó mediante la siembra de la muestra en Agar MYP (Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar), medio

selectivo para este microorganismo. Posteriormente, las placas fueron incubadas a 30 °C durante un período de 24 a 48 horas, tras lo cual se evaluó la presencia de colonias características del microorganismo (INEN, 2013).

- **Determinación de Mohos y Levaduras**

El recuento se realizará en medio PDA (Papa Dextrosa Agar) acidificado a pH 3,5, utilizando la técnica de siembra en profundidad. Las placas se incubarán a 25 °C durante 5 días. El resultado se expresará en unidades formadoras de colonia por gramo de muestra (UFC/g) (INEN, 2013).

3.2.6 *Análisis estadístico*

Los datos correspondientes a las variables sensoriales (color, olor, sabor y textura) se analizarán mediante un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), considerando a los jueces no entrenados como bloques. Para determinar diferencias significativas entre las formulaciones, se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) y, en los casos necesarios, la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Tabla 6.

Esquema de varianza para variables sensoriales (DBCA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Total (tr - 1)	149
Tratamientos (t - 1)	4
Jueces (r - 1)	29
Error experimental (t - 1) (r - 1)	116

Elaborado por: La autora, 2026

4. RESULTADOS

4.1 Tratamiento de mayor aceptación sensorial de las galletas elaboradas con cáscara de mango y la pulpa de manzana

El análisis sensorial permitió valorar de manera integral cómo las diferentes formulaciones influyeron en los atributos de color, olor, sabor y textura. En términos generales, se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en la mayoría de los parámetros evaluados, lo que evidenció que las variaciones en la proporción de harina y pulpa incidieron directamente en la percepción de los jueces. Únicamente en aquellos casos donde las letras de significancia agruparon tratamientos homogéneos no se detectaron diferencias marcadas entre muestras.

Tabla 7. Resultados de la evaluación sensorial de la galleta con pulpa de manzana y cáscara de mango

Tratamientos (formulación)	Color	Olor	Sabor	Textura
T1: Harina integral 85 % + pulpa de manzana 5 % + cáscara de mango 10 %	3,83 bc	4,03 ab	3,97 b	3,83 ab
T2: Harina integral 85 % + pulpa de manzana 10 % + cáscara de mango 5 %	4,70 a	4,57 a	4,60 a	4,37 a
T3: Harina integral 80 % + pulpa de manzana 10 % + cáscara de mango 10 %	3,47 c	3,70 b	3,17 c	3,10 c
T4: Harina integral 80 % + pulpa de manzana 15 % + cáscara de mango 5 %	3,67 bc	3,47 b	3,23 c	2,90 c
T5 (Testigo): Harina integral 100 %	4,10 b	3,53 b	3,47 bc	3,47 bc
Coeficiente de variación	20,29 %	22,52 %	22,88 %	24,65 %

Elaborado por: La autora, 2026

En relación con el color, el tratamiento T2 (Harina integral 85 % + pulpa de manzana 10 % + cáscara de mango 5 %) alcanzó la media más alta (4,70), reflejando una tonalidad visualmente más atractiva para los panelistas. Este resultado sugiere que la incorporación de pulpa en ese nivel aportó matices más agradables y uniformes. El tratamiento testigo obtuvo 4,10, situándose en un nivel aceptable, mientras que T1 presentó un valor intermedio de 3,83. En contraste, las formulaciones con 80 % de harina (T3 y T4) registraron medias inferiores (3,47 y 3,67), lo que indica que una reducción mayor de harina pudo haber afectado la

aparición final del producto. El coeficiente de variación fue de 20,29 %, valor considerado adecuado dentro de pruebas sensoriales con panel no entrenado.

En el atributo olor, T2 volvió a destacar con una puntuación de 4,57, evidenciando un aroma percibido como más agradable y equilibrado. T1 alcanzó 4,03, mostrando también una aceptación favorable. Por su parte, el testigo, T3 y T4 presentaron valores entre 3,47 y 3,70, lo que podría asociarse a una menor intensidad o armonía aromática. El coeficiente de variación para este atributo fue de 22,52 %, manteniéndose dentro de rangos aceptables para este tipo de evaluación.

El comportamiento del sabor mostró una tendencia similar. T2 obtuvo la puntuación más elevada (4,60), posicionándose como la muestra con mejor aceptación gustativa. T1 alcanzó 3,97, reflejando una respuesta positiva por parte de los evaluadores. En cambio, el tratamiento testigo y las formulaciones T3 y T4 mostraron valores más bajos (3,47; 3,17 y 3,23, respectivamente), lo que evidenció una menor preferencia sensorial. El coeficiente de variación fue de 22,88 %, coherente con la variabilidad esperada en paneles de consumidores.

En cuanto a la textura, T2 registró nuevamente la media más alta (4,37), indicando que la combinación de 85 % de harina con mayor proporción de pulpa generó una estructura más agradable al paladar. T1 presentó una puntuación de 3,83, también considerada aceptable. Por el contrario, T3 y T4 obtuvieron valores inferiores (3,10 y 2,90), lo que sugiere que la disminución más pronunciada de harina pudo afectar negativamente la consistencia y la sensación en boca. El tratamiento testigo alcanzó 3,47, ubicándose en un nivel intermedio. El coeficiente de variación para este atributo fue de 24,65 %.

En conjunto, el tratamiento T2 se consolidó como la formulación con mejor desempeño sensorial en todos los atributos evaluados. Los resultados evidenciaron que la incorporación de pulpa en proporciones adecuadas mejoró significativamente la percepción de color, olor, sabor y textura, incluso superando al tratamiento testigo. Por el contrario, las formulaciones con 80 % de harina mostraron una aceptación menor, lo que sugiere que una reducción excesiva de este componente puede comprometer la calidad sensorial del producto final.

4.2 Composición nutricional (contenido de carbohidratos, proteína fibra dietética y cenizas) y capacidad antioxidante de la galleta que obtuvo la mayor aceptación sensorial

Con el propósito de conocer con mayor precisión el aporte nutricional de la galleta correspondiente al tratamiento T2 (85 % de harina integral, 10 % de pulpa de manzana y 5 % de cáscara de mango), se realizó un análisis bromatológico completo en un laboratorio acreditado. En las tablas presentadas se detallan tanto la composición proximal expresada en porcentaje como la información nutricional por porción, lo que permite interpretar de forma clara el valor real del producto dentro de la alimentación diaria.

Tabla 8.
Composición nutricional de la galleta seleccionada

Parámetro	Resultado (%)	Método de referencia
Carbohidratos totales	61,47	Cálculo por diferencia
Proteína	10,88	AOAC 990.03
Grasa total	15,24	AOAC 922.06
Fibra dietaria	1,74	AOAC 985.29
Cenizas	1,23	AOAC 923.03
Humedad	11,18	AOAC 925.10

Elaborado por: La autora, 2026

Tabla 9.
Información nutricional por porción

Parámetro	Valor por porción	% Valor Diario*
Energía	130 kcal (545 kJ)	—
Energía proveniente de grasa	45 kcal	—
Grasa total	5 g	8 %
Carbohidratos totales	18 g	6 %
Proteína	3 g	6 %
Fibra dietaria	<1 g	4 %

Elaborado por: La autora, 2026

Los resultados evidenciaron que los carbohidratos totales representaron el 61,47% de la composición, constituyéndose como la fracción predominante, lo cual es coherente con un producto elaborado principalmente a partir de harina integral. Este contenido confirma que la mayor parte de la energía proviene de carbohidratos complejos propios de los cereales.

La grasa total alcanzó 15,24%, valor asociado principalmente a la incorporación de mantequilla en la formulación. Este componente no solo influye en el aporte calórico, sino también en la textura y palatabilidad de la galleta. En

cuanto a la proteína, se registró un 10,88%, porcentaje que refleja el aporte proteico de la harina integral y que se considera adecuado dentro de la categoría de productos horneados. Traducido a porciones, cada unidad de 30 g aporta aproximadamente 3 g de proteína, equivalente al 6% del valor diario de referencia.

Respecto a la fibra dietaria, el análisis mostró un 1,74%, evidenciando la contribución de la pulpa de manzana y la cáscara de mango incorporadas en la formulación. Si bien el valor no es elevado, confirma la presencia de fibra estructural y pectinas provenientes de los subproductos frutales. El contenido de cenizas fue de 1,23%, indicador de la fracción mineral total, mientras que la humedad alcanzó 11,18%, nivel compatible con una textura crujiente y con adecuada estabilidad del producto.

En términos energéticos, cada porción de 30 g aporta 130 kcal (545 kJ), de las cuales 45 kcal provienen de la grasa. En conjunto, estos resultados muestran que la galleta desarrollada presenta una composición equilibrada, con predominio de carbohidratos, aporte moderado de proteína y grasa, y presencia de fibra y minerales, en concordancia con su formulación integral y con la incorporación de ingredientes de origen frutal.

4.3 vida útil de la galleta seleccionada, mediante el análisis de parámetros microbiológicos (*Bacillus cereus*, mohos y levaduras) durante su almacenamiento

Con el propósito de evaluar la estabilidad microbiológica de la galleta seleccionada durante su almacenamiento, se realizaron recuentos de *Bacillus cereus*, mohos y levaduras en tres momentos: día 0, día 15 y día 30. Los análisis se efectuaron mediante el método de recuento en placa utilizando placas MicroFast. A continuación, se presentan de forma resumida los resultados obtenidos.

Tabla 8.
Estimación de la vida útil del producto (0, 15 y 30 días) en base a criterios microbiológicos

Parámetro microbiológico	0 días	15 días	30 días	Método de ensayo	Unidad
<i>Bacillus cereus</i>	<10	<10	<10	Recuento en placa (MicroFast)	UFC/g
Mohos	<10	<10	<10	Recuento en placa (MicroFast)	UFC/g
Levaduras	<10	<10	<10	Recuento en placa (MicroFast)	UFC/g

Elaborado por: La autora, 2026

Como se observa en la Tabla 8, los recuentos de *Bacillus cereus*, mohos y levaduras se mantuvieron por debajo del límite de detección del método (<10 UFC/g) durante todo el periodo de almacenamiento evaluado. No se evidenció incremento microbiano entre los días 0, 15 y 30, lo que indica que el producto conservó su estabilidad microbiológica bajo las condiciones establecidas. Estos resultados reflejan que el proceso de horneado, las prácticas de manipulación, el sistema de empaque y las condiciones de almacenamiento fueron adecuados para mantener la inocuidad de la galleta durante el tiempo analizado.

5. DISCUSIÓN

Los resultados sensoriales evidenciaron que la variación en el porcentaje de harina de trigo y en la proporción de pulpa de manzana y cáscara de mango influyó de manera directa en la percepción de los panelistas. Las diferencias estadísticas encontradas ($p < 0,05$) confirman que los cambios en la formulación no solo modificaron la composición del producto, sino también su comportamiento sensorial.

En el atributo color, la mayor aceptación observada en T2 puede explicarse por la contribución de pigmentos naturales presentes en la cáscara de mango, particularmente carotenoides y compuestos fenólicos. Hasan et al. (2024) reportaron que inclusiones de 5–10 % de polvo de cáscara de mango reducen la luminosidad (L^*) entre 8 y 15 %, generando tonalidades más intensas y visualmente atractivas en productos horneados. De manera similar, Zhang et al. (2024) señalaron que sustituciones totales cercanas al 15 % favorecen la percepción visual sin comprometer la aceptabilidad. Tariq et al. (2023) atribuyen estos cambios a la estabilidad parcial de compuestos fenólicos durante el horneado, lo cual coincide con el mejor desempeño de T2 frente a T3 (3,47) y T4 (3,67), donde la reducción mayor de harina pudo alterar la estructura superficial y el desarrollo uniforme del color.

En cuanto al olor, T2 obtuvo una media de 4,57, superando tanto al testigo (3,53) como a T3 y T4 (3,47–3,70). Este comportamiento puede relacionarse con la interacción entre compuestos volátiles frutales y las reacciones de Maillard generadas durante el horneado. Usman et al. (2020) observaron que sustituciones de 10–15 % con pomaza de manzana intensifican la percepción aromática en galletas, debido a la presencia de aldehídos y ésteres residuales. Vandorou et al. (2024) describen que la matriz pectina–polifenoles modula la liberación de compuestos volátiles, contribuyendo a perfiles aromáticos más equilibrados. Asimismo, Hasan et al. (2024) advierten que niveles de sustitución superiores pueden generar notas menos armónicas, lo que podría explicar la menor aceptación observada en las formulaciones con 80 % de harina.

El sabor presentó una tendencia similar. La puntuación de 4,60 alcanzada por T2 indica una clara preferencia frente al testigo (3,47) y frente a T3 (3,17) y T4 (3,23). Zhang et al. (2024) reportaron que sustituciones combinadas entre 10 y 15 % mejoran la aceptación gustativa en productos de panificación, debido al aporte

de compuestos fenólicos y azúcares residuales. Kalinowska et al. (2023) señalan que la interacción entre pectina y polifenoles puede atenuar la percepción de astringencia cuando se mantiene en niveles moderados. Además, Wongkaew et al. (2022) evidenciaron que los oligosacáridos pectínicos del mango pueden aportar una sensación ligeramente dulce que mejora la palatabilidad. Cuando la sustitución es mayor, como en T3 y T4, el incremento de fibra insoluble puede generar sensación de sequedad y disminuir la aceptación.

En relación con la textura, T2 registró 4,37, mientras que T3 y T4 presentaron 3,10 y 2,90, respectivamente. Este resultado puede explicarse por el equilibrio logrado entre la red de gluten y la capacidad de retención de agua de la pectina proveniente de la pulpa de manzana. Jakha et al. (2024) demostraron que niveles de fibra de mango inferiores al 10 % fortalecen la estructura sin incrementar excesivamente la dureza. Usman et al. (2020) documentaron aumentos de hasta 25 % en dureza instrumental cuando la sustitución superó el 15 %. Wang et al. (2024) confirmaron que la pectina mejora cohesividad y suavidad cuando se emplea en proporciones controladas. La disminución al 80 % de harina en T3 y T4 probablemente afectó la formación adecuada de la red proteica, repercutiendo en una textura menos aceptada.

La galleta seleccionada (T2: 85 % de harina con mayor proporción de pulpa y cáscara) mantuvo recuentos de *Bacillus cereus*, mohos y levaduras inferiores a 10 UFC/g durante los 30 días de almacenamiento evaluados. Estos valores se encuentran por debajo del límite de detección del método y evidencian estabilidad microbiológica bajo las condiciones de almacenamiento establecidas.

La galleta correspondiente al tratamiento T2 (85% de harina integral, 10% de pulpa de manzana y 5% de cáscara de mango) presentó un perfil nutricional coherente con una matriz de panificación enriquecida con subproductos frutales, manteniendo un equilibrio entre aporte energético, fracción proteica y componentes funcionales. El contenido de carbohidratos totales fue de 61,47%, constituyéndose como la fracción predominante del producto. Este valor se encuentra dentro del rango reportado para galletas formuladas con sustituciones parciales de harina por subproductos vegetales, donde los carbohidratos suelen representar entre 55% y 70% del producto final (Usman et al., 2020; Zhang et al., 2024). La ligera variación frente a otros estudios puede explicarse por el tipo de harina empleada, en este

caso integral y por el nivel moderado de sustitución (15% total), que no desplaza de manera significativa la fracción amilácea de la formulación base.

El contenido de proteína alcanzó 10,88%, valor que puede considerarse adecuado para productos horneados a base de trigo integral. En investigaciones similares, las galletas enriquecidas con pomaza de manzana han mostrado contenidos proteicos entre 9% y 11%, dependiendo del nivel de sustitución y del tipo de harina utilizada (Usman et al., 2020). Este comportamiento indica que una sustitución moderada no compromete de forma sustancial la fracción proteica ni la funcionalidad tecnológica asociada a la red de gluten. Mantener niveles cercanos al 10% favorece la estructura del producto y contribuye a su aceptabilidad sensorial, aspecto que fue consistente con el desempeño observado en T2.

En cuanto a la fibra dietaria, el valor registrado fue de 1,74%. Aunque este porcentaje no es elevado, confirma el aporte estructural de la pulpa de manzana y la cáscara de mango, ambas reconocidas por su contenido de pectina y fibra insoluble. La literatura señala que incrementos más marcados en fibra se observan cuando la sustitución supera el 20%–30%, pudiendo multiplicarse varias veces respecto al control (Zhang et al., 2024; Kalinowska et al., 2023). No obstante, dichos niveles suelen afectar la textura y reducir la aceptabilidad. En este caso, el 15% total permitió conservar un equilibrio entre mejora nutricional y calidad sensorial, lo que resulta tecnológicamente más viable.

El contenido de cenizas fue de 1,23%, reflejando el aporte mineral proveniente tanto de la harina integral como de los subproductos frutales. Estudios en galletas enriquecidas con residuos de manzana reportan valores de cenizas entre 0,8% y 1,5%, dependiendo del grado de refinamiento de la harina base (Usman et al., 2020). La cifra obtenida en T2 se encuentra dentro de este rango y respalda la contribución mineral adicional derivada de la cáscara de mango, que suele concentrar micronutrientes asociados a la fracción fibrosa.

Respecto a la capacidad antioxidante, aunque en el apartado presentado no se detallan valores cuantitativos, la evidencia científica respalda que tanto la cáscara de mango como la pomaza de manzana son fuentes relevantes de compuestos fenólicos, tales como mangiferina, quercetina y floridzina, que mantienen parte de su estabilidad tras el horneado (Tariq et al., 2023; Hasan et al., 2024). Se ha documentado que la incorporación de 5%–10% de cáscara de mango en productos de panificación incrementa la actividad antioxidante medida por

métodos como DPPH o ABTS, con aumentos reportados entre 30% y 50% respecto a formulaciones sin enriquecimiento (Hasan et al., 2024). De manera similar, la pomaza de manzana ha mostrado incrementos significativos en capacidad antioxidante cuando se utiliza en niveles entre 10% y 15%, atribuibles a su alto contenido de polifenoles totales (Kalinowska et al., 2023). En consecuencia, es razonable inferir que la formulación T2, al integrar ambas fuentes en proporciones moderadas, presenta una mejora funcional en términos de actividad antioxidante sin comprometer atributos sensoriales.

Los resultados del análisis de la composición nutricional evidencian que la galleta T2 mantiene una composición proximal comparable a la reportada en estudios similares, con predominio de carbohidratos (61,47%), contenido proteico adecuado (10,88%) y una fracción de fibra y minerales coherente con el nivel de sustitución aplicado. Además, la incorporación de pulpa de manzana y cáscara de mango no solo aporta valor nutricional, sino que también fortalece el potencial antioxidante del producto, alineándose con el desarrollo de alimentos con ingredientes funcionales derivados de subproductos agroindustriales.

Por otra parte, en base a los análisis microbiológicos la estabilidad observada puede explicarse principalmente por la baja humedad final del producto (<8 %) y, en consecuencia, por una actividad de agua reducida. Hasan et al. (2024) indicaron que productos de panificación con actividad de agua inferior a 0,60 inhiben el crecimiento de mohos y levaduras durante al menos 30 días. Usman et al. (2020) reportaron resultados similares en galletas fortificadas con pomaza de manzana, donde no se evidenció crecimiento microbiano detectable tras un mes de almacenamiento. Zhang et al. (2024) también señalan que los compuestos fenólicos presentes en subproductos frutales pueden ejercer un efecto antimicrobiano leve, contribuyendo a limitar la proliferación superficial.

Adicionalmente, el proceso de horneado a 180 °C durante 15 minutos garantiza una reducción significativa de la carga microbiana inicial, estimada en más de 3 log para microorganismos vegetativos. El adecuado sistema de empaque y las condiciones de almacenamiento (ambiente seco, humedad relativa <65 %) evitaron la rehidratación del producto y, por ende, la posibilidad de crecimiento microbiano posterior.

En consecuencia, los resultados confirman que la formulación seleccionada no solo presentó el mejor desempeño sensorial, sino que también mantuvo

condiciones microbiológicas seguras durante al menos 30 días de almacenamiento, lo que respalda su viabilidad tecnológica y su potencial de comercialización como producto estable y funcional.

6. CONCLUSIONES

La formulación identificada como T2, elaborada con 85 % de harina de trigo y una mayor proporción de pulpa de manzana y cáscara de mango, fue la que obtuvo la mejor valoración por parte de los panelistas. Registró las puntuaciones más altas en color (4,70), olor (4,57), sabor (4,60) y textura (4,37) dentro de la escala hedónica de cinco puntos. Estos resultados superaron tanto al tratamiento testigo, que presentó valores como 3,47 en sabor y textura, como a las formulaciones con 80 % de harina (T3 y T4), cuyos promedios se ubicaron entre 2,90 y 3,70. En conjunto, los datos indican que mantener un nivel intermedio de sustitución permitió conservar el equilibrio entre estructura y aporte funcional, favoreciendo una percepción más agradable del producto.

Desde el punto de vista nutricional, la galleta presentó un perfil coherente con productos integrales, con predominio de carbohidratos (61,47%), contenido proteico adecuado (10,88%), grasa total de 15,24% y aporte de fibra dietaria (1,74%) y minerales (1,23% de cenizas). Estos valores confirman que la incorporación de pulpa de manzana y cáscara de mango contribuye al valor nutricional sin alterar significativamente la composición proximal característica de este tipo de productos.

En lo referente a la estabilidad microbiológica, la galleta seleccionada mantuvo recuentos inferiores a 10 UFC/g para *Bacillus cereus*, mohos y levaduras durante todo el periodo de almacenamiento evaluado (0, 15 y 30 días). No se detectó crecimiento microbiano a lo largo del tiempo, lo que confirma que el proceso de horneado, el manejo posterior y las condiciones de conservación fueron adecuados. Estos resultados demuestran que el producto se mantuvo estable y seguro para el consumo durante al menos 30 días bajo las condiciones establecidas.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere evaluar parámetros como actividad de agua (a_w), dureza instrumental y perfil de textura mediante análisis instrumental, con el fin de correlacionar los resultados sensoriales con mediciones objetivas. Esto permitiría explicar con mayor precisión las diferencias observadas entre tratamientos.

Aunque el producto mantuvo recuentos <10 UFC/g para *Bacillus cereus*, mohos y levaduras durante 30 días, sería recomendable extender el análisis a 45 o 60 días, incluyendo además la determinación de actividad de agua y posibles cambios sensoriales durante el almacenamiento. Esto permitiría establecer con mayor seguridad la vida útil comercial del producto.

Cuantificar de manera específica el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante mediante métodos estandarizados (DPPH, ABTS o FRAP), lo que permitiría respaldar técnicamente posibles declaraciones nutricionales o funcionales. Esto fortalecería el posicionamiento del producto como alternativa con valor agregado dentro del segmento de galletas integrales enriquecidas con subproductos frutales.

Validar la formulación seleccionada (85 % de harina con mayor proporción de pulpa y cáscara) en un proceso a mayor escala, con equipos de producción continua o semiindustrial. Esto permitiría verificar la reproducibilidad de los resultados sensoriales y microbiológicos obtenidos a nivel experimental, así como analizar variables críticas como homogeneidad de mezcla, comportamiento de la masa, uniformidad de horneado y rendimiento del producto.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adrian, M. (2020). Elaboración de galletas enriquecidas con antioxidantes a partir de pulpa de manzana deshidratada. Editorial Académica Española.
- Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., y Rao, U. J. S. P. (2008). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 9(3), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.005>
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., y Prasada Rao, U. J. S. (2010). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 111(4), 921–927. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.054>
- Ajila, C. M., y Rao, U. J. S. P. (2013). Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound phenolics. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 444–450. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.017>
- ANVISA. (2016). Regulamento Técnico sobre Alegações de Propriedades Funcionais e de Saúde em Alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitaria.
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- ARCSA. (2021). Reglamento Sanitario de Alimentos Procesados. Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria del Ecuador.
- Barrera, C. (2020). Estudio de la actividad de la polifenol-oxidasa (PPO) y su relación con el pardeamiento enzimático en frutas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., y Carle, R. (2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 6(4), 442–452. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.06.004>
- Bindels, L. B., Delzenne, N. M., Cani, P. D., y Walter, J. (2015). Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology y Hepatology*, 12(5), 303–310. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2015.47>
- Boyer, J., y Liu, R. H. (2017). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(5), 1–15. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Canadian Agricultural Research Institute. (2021). Pomological characteristics of apple cultivar Emilia (*Malus domestica* Borkh.). Ottawa: CARI Publications.
- Castillo, M. (2024). Evaluación del efecto de aceites esenciales de canela y romero en las características de embutidos cárnicos. Universidad Agraria del Ecuador.
- Castro, M., y Dutasa, L. (2020). Aplicación de aceites esenciales en alimentos: Caracterización y efectos sobre la calidad. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 49(1), 56-68. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n1.84121>
- Cummings, J. H., Pomare, E. W., Branch, W. J., Naylor, C. P., y Macfarlane, G. T. (2019). Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic and venous blood. *Gut*, 28(10), 1221–1227. <https://doi.org/10.1136/gut.28.10.1221>
- da Silva, L. F. M., Mazzutti, S., Ferreira, S., y Rabelo, T. K. (2020). Agro-industrial residues as sources of bioactive compounds for functional foods and nutraceuticals. *Food Research International*, 128, 108750. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108750>
- Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P. E., Tognolini, M., Borges, G., y Crozier, A. (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants y Redox Signaling*, 18(14), 1818–1892. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.4581>
- Deng, G. F., Shen, C., Xu, X. R., Kuang, R. D., Guo, Y. J., Zeng, L. S., ... y Li, H. B. (2019). Potential of fruit wastes as natural resources of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8308–8323. <https://doi.org/10.3390/ijms13078308>
- Dorta, E., Lobo, M. G., y González, M. (2012). Using drying treatments to stabilise mango peel and seed: Effect on antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 261-268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.016>

- EFSA. (2011). Guidance on the scientific requirements for health claims related to gut and immune function. *EFSA Journal*, 9(4), 1984. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1984>
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- FAO/WHO. (2002). Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.
- FDA. (2016). Guidance for Industry: Evidence-Based Review System for the Scientific Evaluation of Health Claims. U.S. Food and Drug Administration.
- Fernandes, P. A., Ribeiro, A. B., y Silva, V. M. (2019). Incorporation of apple pomace in cookies: Effects on physicochemical properties and consumer acceptability. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(5), e13971. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13971>
- Frontiers in Nutrition. (2022). Mango pectic oligosaccharides: a novel prebiotic for functional food. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.798543>
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., ... y Reid, G. (2017). Expert consensus document: The definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology y Hepatology*, 14(8), 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Hasan, M., Alam, M., y Hossain, M. (2024). Effect of mango peel powder on the nutritional, physicochemical, and sensory properties of cookies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 48(3), e17462. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17462>
- Hasan, M., et al. (2024). Utilization of mango peel powder in bakery products: Effects on physicochemical and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 48(2), 1–12.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... y Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the

- term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology y Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Hyson, D. (2011). A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. *Advances in Nutrition*, 2(5), 408–420. <https://doi.org/10.3945/an.111.000513>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). NTE INEN 1529-10: Control microbiológico de alimentos. Parte 10: Determinación de mohos y levaduras viables. INEN
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). NTE INEN 1529-10: Control microbiológico de alimentos. Parte 10: Determinación de mohos y levaduras viables. INEN.
- Jakha, M., Tiwari, R., y Pandey, R. (2024). Valorization of mango peel for dietary fiber and polyphenols: Extraction, functional properties, and applications in bakery products. *Food Chemistry*, 430, 137161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.137161>
- Jiménez-Escrig, A., y Sánchez-Muniz, F. J. (2000). Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*, 20(4), 585-598. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(00\)00149-4](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00149-4)
- Jovanović, Z., Zlatanović, S., et al. (2020). Apple pomace flour as prebiotic ingredient stabilizing probiotic growth in yogurt. *MDPI Antioxidants*.
- Kalinowska, M., et al. (2023). Apple pomace as a functional ingredient in bakery products: Nutritional enhancement and antioxidant activity. *Foods*, 12(5), 1–18.
- Kalinowska, M., Fotschki, B., y Zieliński, H. (2023). Apple pomace as a valuable source of bioactive compounds and its application in functional foods. *Trends in Food Science y Technology*, 137, 233–245. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.06.004>
- Koutsos, A., Tuohy, K. M., y Lovegrove, J. A. (2017). Apples and cardiovascular health—Is the gut microbiota a core consideration? *Nutrients*, 9(6), 525. <https://doi.org/10.3390/nu9060525>
- Liu, F., Tang, C., y Zhou, Y. (2020). Valorization of mango by-products: A review on bioactive compounds and industrial applications. *Food Reviews*

- International, 36(7), 626-654.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1649602>
- Liu, J., Willför, S., y Xu, C. (2019). A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 19, 100199.
<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2019.100199>
- López-Cobo, A., Verardo, V., Díaz-de-Cerio, E., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., y Gómez-Caravaca, A. M. (2017). New approaches for the study of dietary fiber-bound phenolic compounds in mango by-products. *Food Chemistry*, 233, 300-309.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.123>
- Manley, D. (2011). *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Manthey, J. A., y Perkins-Veazie, P. (2009). Influence of harvest date and location on the levels of bioactive compounds in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(24), 10825-10830.
<https://doi.org/10.1021/jf902252v>
- Markowiak, P., y Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
<https://doi.org/10.3390/nu9091021>
- Masibo, M., y He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 309–319. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x>
- Panche, A. N., Diwan, A. D., y Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Paredes, J. (2012). *Caracterización fisicoquímica y sensorial de la manzana var. Emilia y su potencial agroindustrial*. Editorial de la Universidad Técnica de Ambato.
- Pareyt, B., y Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in cookie and cake making. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 537–547.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>
- Pearson, D. (2013). *Laboratory Techniques in Food Analysis*. Springer Science y Business Media.

- Ribeiro, A. B., Oliveira, L. S., y Franca, A. S. (2019). Enhancing bakery products with fruit peels: A sustainable strategy. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5317–5326. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03993-4>
- Ríos-Covián, D., Ruas-Madiedo, P., Margolles, A., Gueimonde, M., de los Reyes-Gavilán, C. G., y Salazar, N. (2016). Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health. *Frontiers in Microbiology*, 7, 185. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00185>
- Rupasinghe, H. P. V., Yu, L. J., Bhullar, K. S., y Bors, B. (2018). Horticultural, phytochemical, and nutraceutical properties of apples: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 311-322. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1157086>
- Sanz, T., Salvador, A., y Fiszman, S. M. (2019). Fat-reduced biscuits: How inulin, a dietary fibre, can help to modify the fat content and its effect on texture and sensory properties. *Food Hydrocolloids*, 105, 105754. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105754>
- Saura-Calixto, F., Pérez-Jiménez, J., y Touriño, S. (2010). Dietary fibre and antioxidant capacity in foods: An integrated view. *Journal of Food Science*, 75(1), R8-R15. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01386.x>
- Sáyago-Ayerdi, S. G., Venema, K., Tabernero, M., Sarriá, B., Bravo, L. L., y Mateos, R. (2021). Bioconversion by gut microbiota of predigested mango (*Mangifera indica* L. 'Ataulfo') peel polyphenols assessed in a dynamic in vitro model of the human colon. *Food Research International*, 139, 109963. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109963>
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., y Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287–306. <https://doi.org/10.1080/1040869059096>
- Schneeman, B. O. (2002). Cardiovascular disease and dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1415S–1418S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1415s>
- Serna, C., y Torres, A. (2014). Propiedades funcionales de la cáscara de mango (*Mangifera indica*) y su aplicación en alimentos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 115-124.


- Shahidi, F., y Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18(B), 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Shannon, R. (2003). *Control microbiológico de los alimentos*. Editorial Acribia.
- Sharma, R., Panwar, S., Kumar, R., y Shrivastava, V. (2021). Functional properties and health benefits of dietary fiber. *Food Research International*, 140, 110034. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110034>
- Stephen, A. M., Champ, M. M. J., Cloran, S. J., Fleith, M., van Lieshout, L., Mejbourn, H., y Burley, V. J. (2017). Dietary fibre in Europe: Current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutrition Research Reviews*, 30(2), 149-190. <https://doi.org/10.1017/S095442241700004X>
- Stone, H., y Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices* (3rd ed.). Elsevier Academic Press.
- Tariq, A., Asif, S., y Khan, A. (2023). Functional properties of dietary fibers obtained from mango peel using different extraction techniques. *LWT – Food Science and Technology*, 179, 114657. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114657>
- Tariq, A., et al. (2023). Valorization of mango by-products: Phenolic profile and antioxidant potential in food applications. *Food Chemistry*, 405, 134765.
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., y Rao, M. A. (2020). Chemistry and uses of pectin — A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 31(1-2), 53-73. <https://doi.org/10.1080/10408399109527546>
- Tian, J., Chen, J., y Ye, X. (2021). Functionality and application of apple pomace in food products: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(3), 1204–1212. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10676>
- Trejo, C., Morales, G., y López, R. (2023). Elaboración de galletas funcionales con incorporación de subproductos de mango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(2), 421-430. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3578>.
- Tresserra-Rimbau, A., Rimm, E. B., Medina-Remón, A., Martínez-González, M. A., de la Torre, R., Corella, D., ... y Lamuela-Raventós, R. M. (2018). Polyphenol intake and cardiovascular risk factors in a population at high cardiovascular risk. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 24(2), 239-247. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.07.014>

- Usman, M., et al. (2020). Effect of apple pomace incorporation on nutritional and sensory quality of cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1654–1662.
- Usman, M., Javed, A., y Ahmad, S. (2020). Nutritional enrichment of cookies with apple pomace: Effects on physicochemical and sensory attributes. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4390–4398. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04485-3>
- Vandorou, A., Pateraki, C., y Mandala, I. (2024). Biotransformation of apple pomace to improve functional properties and bioactive availability in bakery applications. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 92, 103314. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103314>
- Vulevic, J., Juric, A., Tzortzis, G., y Gibson, G. R. (2015). A mixture of trans-galactooligosaccharides reduces markers of metabolic syndrome and modulates the fecal microbiota and immune function of overweight adults. *The Journal of Nutrition*, 145(9), 2057–2064. <https://doi.org/10.3945/jn.115.217380>
- Wang, Y., Li, H., y Chen, X. (2024). Enhancing the prebiotic potential of apple pomace through fermentation: Effects on polyphenol bioavailability and microbiota modulation. *Food Research International*, 178, 113328. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113328>
- Wongkaew, M., Ployetchara, K., y Sirichokchatchawan, W. (2022). Prebiotic potential of pectic oligosaccharides derived from mango peel in promoting *Lactobacillus* growth. *Carbohydrate Polymers*, 291, 119598. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119598>
- Wu, Y., Zhou, X., y Zhao, G. (2024). Pectins as modulators of gut microbiota and short-chain fatty acid production: A systematic review. *Food y Function*, 15(2), 367–383. <https://doi.org/10.1039/D3FO02855A>
- Zhang, L., Sun, J., y Yang, H. (2024). Enrichment of wheat cookies with apple pomace powder: Impact on nutritional, antioxidant, and sensory properties. *Scientific Reports*, 14, 11572. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56283-7>
- Zhang, Y., et al. (2024). Functional bakery products enriched with fruit by-products: Technological and nutritional implications. *Applied Food Research*, 4(1), 100312.

- Zhao, H., Chen, W., Lu, Z., y Lu, F. (2020). Hemicellulose-based bioactive films and coatings for food packaging applications: A review. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116585. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116585>
- Zlatanović, S., Nikola, N. T., Jovanović, Z., et al. (2024). Functionality and storability of cookies fortified with up to 75 % apple pomace flour at industrial scale. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77377-8>

9. ANEXOS

Anexo 1. Boleta para análisis sensorial

		UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS “DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ” INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL																
Adjunto a la presente boleta se le entregará 5 tratamientos las cuales deberá valorar cada parámetro según la escala que se presenta a continuación:																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valoración Numérica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Me gusta mucho</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Me gusta</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Me gusta poco</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>No me gusta</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Me disgusta</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valoración Numérica	Me gusta mucho	5	Me gusta	4	Me gusta poco	3	No me gusta	2	Me disgusta	1					
Categoría	Valoración Numérica																	
Me gusta mucho	5																	
Me gusta	4																	
Me gusta poco	3																	
No me gusta	2																	
Me disgusta	1																	
Indique con una (X) según su criterio en los espacios indicados																		
ATRIBUTOS	V.N.	T1	T2	T3	T4	T5												
COLOR	5																	
	4																	
	3																	
	2																	
	1																	
OLOR	5																	
	4																	
	3																	
	2																	
	1																	
SABOR	5																	
	4																	
	3																	
	2																	
	1																	
TEXTURA	5																	
	4																	
	3																	
	2																	
	1																	

Elaborado por: La autora, 2026

Anexo 2. Análisis estadístico

Análisis de la varianza

Color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	150	0,37	0,19	20,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,45	33	1,35	2,05	0,0028
TRATAMIENTOS	27,37	4	6,84	10,41	<0,0001
JUECES	17,07	29	0,59	0,90	0,6216
Error	76,23	116	0,66		
Total	120,67	149			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,58002

Error: 0,6571 gl: 116

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2: harina con 85 %, pulpa..	4,70	30	0,15	A	
TESTIGO	4,10	30	0,15		B
T1: harina con 85 %, pulpa..	3,83	30	0,15		B C
T4: harina con 80 %, pulpa..	3,67	30	0,15		B C
T3: harina con 80 %, pulpa..	3,47	30	0,15		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Olor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	150	0,33	0,14	22,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,15	33	1,34	1,73	0,0181
TRATAMIENTOS	24,49	4	6,12	7,90	<0,0001
JUECES	19,66	29	0,68	0,87	0,6514
Error	89,91	116	0,78		
Total	134,06	149			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62991

Error: 0,7751 gl: 116

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2: harina con 85 %, pulpa..	4,57	30	0,16	A	
T1: harina con 85 %, pulpa..	4,03	30	0,16	A	B
T3: harina con 80 %, pulpa..	3,70	30	0,16		B
TESTIGO	3,53	30	0,16		B
T4: harina con 80 %, pulpa..	3,47	30	0,16		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Sabor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	150	0,47	0,32	22,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	68,58	33	2,08	3,10	<0,0001
TRATAMIENTOS	43,11	4	10,78	16,09	<0,0001
JUECES	25,47	29	0,88	1,31	0,1579
Error	77,69	116	0,67		
Total	146,27	149			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,58557

Error: 0,6698 gl: 116

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2: harina con 85 %, pulpa..	4,60	30	0,15	A	
T1: harina con 85 %, pulpa..	3,97	30	0,15		B
TESTIGO	3,47	30	0,15		B C
T4: harina con 80 %, pulpa..	3,23	30	0,15		C
T3: harina con 80 %, pulpa..	3,17	30	0,15		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Textura**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	150	0,43	0,26	24,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64,67	33	1,96	2,62	0,0001
TRATAMIENTOS	41,33	4	10,33	13,83	<0,0001
JUECES	23,33	29	0,80	1,08	0,3775
Error	86,67	116	0,75		
Total	151,33	149			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61846

Error: 0,7471 gl: 116

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2: harina con 85 %, pulpa..	4,37	30	0,16	A	
T1: harina con 85 %, pulpa..	3,83	30	0,16	A	B
TESTIGO	3,47	30	0,16		B C
T3: harina con 80 %, pulpa..	3,10	30	0,16		C
T4: harina con 80 %, pulpa..	2,90	30	0,16		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

TRATAMIENTOS	Color	Olor	Sabor	Textura
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	3	3	3	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	3	4	4	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	5	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	5	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	5	4	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	3	3	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	3	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	5	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	3	3	3	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	2	1	4	1
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	4	4	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	3	5
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	3	4	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	2	5	3	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	5	5	5	5

T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	2	5	2	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	2	4	3	2
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	2	4	4	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	5	3	3
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	3	5	4	4
T1: harina con 85 %, pulpa de manzana con 5% y cáscara de mango con 10%.	4	5	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	5	5	3
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	5	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	3	5	3
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	3	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	3	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	4	5	5

T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	4	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	4	5	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	4	4	4	4
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	5
T2: harina con 85 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 5%.	5	5	5	4
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	2	2
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	4	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	2	2
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	2	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	5	5	4	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	5	4	4
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	2	2	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3

T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	5	5	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	4	5
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	4
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	4	4	4
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	5	4	5
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	2	4	4	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	4	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	2	2
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	3	3	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	2	3	2	2
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	4	4	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	4	5	4	3
T3: harina con 80 %, pulpa de manzana con 10% y cáscara de mango con 10%.	3	3	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	4	5	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	2	2	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	2	3	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	4	2

T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	2	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	2	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	3	4	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	3	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	4	4	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	4	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	3	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	2	4	5	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	4	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	5	5	4	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	3	2	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	3	2	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	4	4	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	3	2	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	3	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	3	3	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	4	2	3
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	3	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	5	3	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	3	4	4	4
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	5	4	2
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	4	4	4

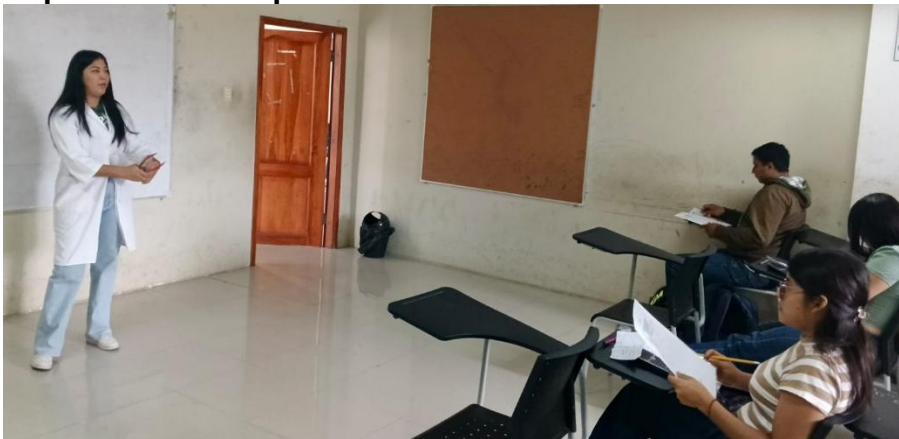
T4: harina con 80 %, pulpa de manzana con 15% y cáscara de mango con 5%.	4	2	2	2
TESTIGO	3	5	4	5
TESTIGO	4	4	4	4
TESTIGO	4	5	3	4
TESTIGO	3	2	1	2
TESTIGO	3	4	4	4
TESTIGO	4	4	4	4
TESTIGO	3	5	4	3
TESTIGO	4	5	3	4
TESTIGO	3	3	3	3
TESTIGO	4	4	4	4
TESTIGO	5	4	3	4
TESTIGO	5	2	3	3
TESTIGO	5	2	3	3
TESTIGO	5	4	5	3
TESTIGO	4	4	3	2
TESTIGO	4	4	5	4
TESTIGO	4	4	2	3
TESTIGO	5	3	4	2
TESTIGO	4	3	4	4
TESTIGO	5	5	5	5
TESTIGO	5	5	5	5
TESTIGO	4	5	4	4
TESTIGO	5	3	2	3
TESTIGO	4	2	2	2
TESTIGO	5	3	3	2
TESTIGO	3	4	5	3
TESTIGO	5	1	2	5
TESTIGO	5	2	1	1
TESTIGO	4	3	5	4
TESTIGO	2	2	4	5

Anexo 3. Evidencia fotográfica de la elaboración del producto
Figura 2.
Extracción de pulpa de manzana para elaboración de galletas



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 3.
Explicación de la prueba sensorial



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 4.
Dilución del agua peptonada



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 5.
Esterilización del agua peptona en el autoclave



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 6.
Preparación de las diluciones seriadas en los tubos de ensayo



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 7.
Dilución de la muestra en agua peptona



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 8.
Siembra de las diluciones seriadas en las placas



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 9.
Incubación de las muestras para verificar crecimiento de patógenos



Elaborado por: La autora, 2026

Anexo 4. Análisis de laboratorio

INFORME DE ENSAYO NR. 366321

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE					
Cliente:	EMILY ZUÑIGA VELIZ				
Dirección:	EL TRIUNFO				
Nombre Producto:	GALLETA NUTRICIONAL DE PULPA DE MANZANA "NUTRI"				
Fecha de Elaboración:	2026-01-15	Fecha de Caducidad:	2026-03-02	Correo Contacto:	emilyzunigaveliz@gmail.com
Lote:	TRATAMIENTO 2 CON 85 DE HARINA INTEGRAL 10 PULPA DE MANZANA 5 CÁSCARA DE MANGO		Contenido Declarado:	200 Gramos	
Material Envase:	EMPAQUE PRIMARIO EN FUNDA PLÁSTICA DE POLIPROPILENO SELLADA, PRESENTACIÓN INDIVIDUAL DE 200G. PRODUCTO LISTO PARA CONSUMO		Forma de Conservación:	Ambiente	

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Laboratorio:	366321-1	Contenido Encontrado:	139.4 g (Muestra para análisis)		
Fecha Recepción:	26/02/23	Fecha Inicio Ensayo:	26/02/23		
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	22.0 °C	Muestra:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió		

ENSAYOS FFOQ	MÉTODO	ACREDITACIONES	UNIDAD	RESULTADO
CARBOHIDRATOS TOTALES	CALCULO	*	%	61.47
PROTEINA F=5.70	SEF-PDU AOAC990.03	A2LA/SAE	%	10.88
FIBRA DIETARIA	SEF-FD AOAC 985.29	A2LA	%	1.74
CENIZA	SEF-C AOAC 923.03	SAE	%	1.23
HUMEDAD	SEF-H AOAC 925.10	A2LA/SAE	%	11.18
GRASA TOTAL	SEF-G AOAC 922.06	A2LA/SAE	%	15.24

INCERTIDUMBRE

PARÁMETRO	INCERTIDUMBRE	
GRASA TOTAL	U= 1% L= 5.61 (Rangos Mayores al 5.0%) L= 11.06 (Rangos Menores al 5.0%)	La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de un 95%. L= Resultado U% = Incertidumbre expandida relativa porcentual
FIBRA DIETARIA	L= 17.0% (Rangos Menores al 5.0%)	
PROTEINA DUMAS	U= 1% L= 9% (Alimentos animal) L= 11% (Carbocitos) L= 12% (Cereales y derivados) L= 8% (Factos) L= 10% (granos y leguminosas)	
CENIZA	U= 1% L= 4.0% (Para leche) L= 7.0% (Alimentos: Rangos e al 5.0%)	
HUMEDAD	L= 5.0 (Rangos Menores al 93.8%) Alimentos y (Rangos Mayores al 5.0%) Alimentos L= 6.0 Termoactivos	

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación*

Datos tomados de PDU-RG-01 pág.1340/ FDT-RG-27 pág.202/ C-RG-04 pág.1015/ H-RG -02 pág.2224/ GE-RG-03 pág. 942

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

"SEIDLABORATORY CIA LTDA no se responsabiliza por la información declarada por el cliente"

- Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

INFORME DE ENSAYO NR. 366321

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Cliente:	EMILY ZUÑIGA VELIZ		
Dirección:	EL TRIUNFO		
Nombre Producto:	GALLETA NUTRICIONAL DE PULPA DE MANZANA "NUTRI"		
Fecha de Elaboración:	2026-01-15	Fecha de Caducidad:	2026-03-02
Lote:	TRATAMIENTO 2 CON 85 DE HARINA INTEGRAL 10 PULPA DE MANZANA 5 CÁSCARA DE MANGO	Contenido Declarado:	200 Gramos
Material Envase:	EMPAQUE PRIMARIO EN FUNDA PLASTICA DE POLIPROPILENO SELLADA, PRESENTACIÓN INDIVIDUAL DE 200G. PRODUCTO LISTO PARA CONSUMO	Forma de Conservación:	Ambiente
Carreo Contacto:	emilyzunigaveliz@gmail.com		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Código Laboratorio:	366321-1	Contenido Encontrado:	139.4 g (Muestra para análisis)
Fecha Recepción:	26/02/23	Fecha Inicio Ensayo:	26/02/23
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	22.0 °C	Muestreo:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
Tamaño por Porción en g	30		
Porción por Envase	7		
Energía (Calorías) - kJ	545	130	(kcal)
Energía de Grasa (Calorías de grasa) - kJ	189	45	(kcal)
	% Valor Diario*		
Grasa total 54g	9%		
Carbohidratos Totales 18g	4%		
Fibra Dietaria 41g	4%		
Proteína 3g	6%		
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8280 kJ (2000 calorías). Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.			
	Energía	8280kJ	1975kcal
	Calorías	2000kcal	2000kcal
Grasa Total	Menos que	65g	92g
Grasa Saturada	Menos que	20g	25g
Coolesterol	Menos que	200g	200g
Sodio	Menos que	240g	240g
Potasio	Menos que	350g	350g
Carbohidratos Totales		30g	37g
Fibra Alimenticia		25g	30g
kJ por gramo (Calorías por gramo):			
Grasa 37 kJ	Carbohidratos 17 kJ	Proteína 17 kJ	