

**UNIVERSIDAD DE
CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS**

TESIS DE GRADO

**HARINA DE CÁSCARAS DE MANGO:
SUSTITUTO EN LA ELABORACIÓN
DE GALLETAS ALTAS EN FIBRA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN NUTRICIÓN Y
ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE**

PRESENTA

LN. LUIS OMAR ZEPEDA COUTIÑO

DIRECTORA DE TESIS

**DRA. VEYMAR GUADALUPE TACIAS
PASCACIO**

CODIRECTOR

DR. DANIEL CASTAÑEDA VALBUENA





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 29 de mayo de 2025
Oficio No. SA/DIP/0625/2025
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Luis Omar Zepeda Coutiño

CVU: 1190932

Candidato al Grado de Maestro en Nutrición y Alimentación Sustentable

Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos

UNICACH

Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **HARINA DE CÁSCARAS DE MANGO: SUSTITUTO EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS ALTAS EN FIBRA** cuya Directora de tesis es la Dra. Veymar Guadalupe Tacias Pascacio (CVU: 364364) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Nutrición y Alimentación Sustentable**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Dra. Leonides Elena Flores Guillen, Directora de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH. Para su conocimiento.
Mtra. Brenda Lorena Cruz López, Coordinadora del Posgrado, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

EPL/DKRL/hyb/ign/gtr

2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos

Ilustración: Noé Zenteno



Ciudad Universitaria, libramiento norte
poniente 1150, col. Lajas Maciel C.P. 29039,
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (mi alma mater) por la oportunidad de nutrirme entre sus muros en áreas de las ciencias.

A mi directora y codirector, la Doctora Veymar Guadalupe Tacias Pascacio y al Dr. Daniel Castañeda Valbuena, por sus palabras de apoyo, dedicación y paciencia.

A la Mtra. Brenda Lorena Cruz López coordinadora de la Maestría en Nutrición y Alimentación Sustentable. Gracias por su apoyo.

Al Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán (CIDAM) por abrirnos las puertas y brindarnos el apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

Al Dr. José Juan Virgen Ortiz, por brindarnos su apoyo incondicional y la asesoría profesional pertinente para el desarrollo de la tesis.

Al personal técnico y profesional del CIDAM por todo el apoyo brindado para realizar las determinaciones experimentales; también a los profesionales de los laboratorios de Composición de Productos Agroindustriales, Postcosecha y el laboratorio de inocuidad química, gracias por su tiempo, enseñanzas y paciencia.

DEDICATORIA

A mis hijos Ian Eduardo y Camila Amparo, a mi compañera de vida, Lic. Guadalupe Janeth Maldonado Ruedas, a quienes amo y son el motivo de todo en mi vida gracias por su apoyo.

A mis directores de tesis por el apoyo incondicional, por la mano dura, su exigencia y por la motivación que me dieron siempre para seguir adelante a pesar de todos los obstáculos y caídas, siempre estaré en deuda con ustedes.

A mis queridos Profesores de la Maestría que siempre me han demostrado su apoyo.

A mis padres la Sra. María de Lourdes Coutiño López y al Sr. Omar Zepeda Villatoro, gracias por darme la vida, gracias por apoyarme siempre a ustedes les dedico este trabajo.

Mención especial a la Sra. Ana María Villatoro Cancino, gracias a usted Abuelita por brindarme siempre su apoyo y cariño, gracias por la educación que me dio gracias, por criarme como su hijo.

CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| CONTENIDO | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | IV |
| RESUMEN | V |
| ABSTRACT | VI |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| JUSTIFICACIÓN | 4 |
| OBJETIVOS | 5 |
| GENERAL | 5 |
| ESPECÍFICOS | 5 |
| MARCO TEÓRICO | 6 |
| GENERALIDADES DEL MANGO (MANGUIFERA INDICA L.) | 6 |
| Producción del Mango | 6 |
| Propiedades Nutricionales del Mango | 8 |
| EL MANGO ATAULFO | 9 |
| PROPIEDADES NUTRACEÚTICAS DE LAS CÁSCARAS DE MANGO | 11 |
| Compuestos Fenólicos Totales | 11 |
| Carotenoides Presentes en la Cáscara de Mango..... | 12 |
| DESARROLLO DE INGREDIENTES DE VALOR AÑADIDO | 13 |
| Harina de Cáscaras de Mango (HCM) | 14 |
| PROPIEDADES Y BENEFICIOS DEL CONSUMO DE FIBRA | 15 |
| Fibra Dietética | 17 |
| HIPÓTESIS | 19 |
| METODOLOGÍA | 20 |
| TIPO DE ESTUDIO | 20 |
| LUGAR DE ESTUDIO | 20 |
| OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA | 22 |
| ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL | 23 |
| Elaboración de Galletas..... | 23 |

| | |
|--|-----------|
| Aceptación Organoléptica de las Diferentes Galletas..... | 24 |
| COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS GALLETAS | 25 |
| Determinación de Fenoles Totales | 25 |
| Determinación de la Capacidad Antioxidante, Método del Radical DPPH+ | 25 |
| Método del Radical ABTS. + | 26 |
| Determinación de Tocoferoles (vitamina E) | 26 |
| Determinación del Contenido Total de Carotenoides | 27 |
| Determinación del Perfil de Ácidos Grasos | 27 |
| Análisis estadístico | 28 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO ATAÚLFO Y LAS GALLETAS | 29 |
| VALORES DE ACEPTACIÓN PÚBLICA PARA LAS GALLETAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HCM | 31 |
| Análisis Nutracéutico..... | 33 |
| Perfil de Ácidos Grasos..... | 36 |
| CONCLUSIONES | 39 |
| PROPUESTAS Y/O RECOMENDACIONES..... | 40 |
| GLOSARIO..... | 41 |
| REFERENCIAS | 44 |
| ANEXOS Y/ APÉNDICES | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura. 1. <i>Mangifera indica</i> L. Var Ataúlfo | 10 |
| Figura. 2. Institución educativa donde se realizó el estudio..... | 20 |
| Figura. 3. Laboratorios de Postcosecha. (CIDAM)..... | 21 |
| Figura. 4. Evaluación sensorial prueba de Friedman..... | 29 |

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.1. Formulación de galletas utilizando harina compuesta con cáscara de mango.....23

Tabla.2. Composición proximal (g/100g base húmeda) de la harina de cáscara de mango y las galletas formuladas con y sin harina compuesta de trigo y harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) Var. Ataúlfo.....31

Tabla 3. Contenido total de fenoles (CFT mg GAE/100 g de muestra), tocoferoles (α , γ y δ) (mg/100 g de muestra), vitamina E (mg/100 g de muestra), carotenoides ($\mu\text{g/g}$ de muestra) y actividad antioxidante ABTS y DPPH (μmol de equivalentes de Trolox/g de muestra) de las cáscaras de mango (HCM), galletas de control (G-control) y galletas con inclusión de harina de cáscara de mango (G23%%).....33

Tabla 4. Composición de ácidos grasos (%) de la harina de cáscara de mango (HCM) y las muestras de galletas (G-control y G-23%%).....36

RESUMEN

Este estudio evaluó la viabilidad de utilizar harina de cáscara de mango Ataúlfo (HCM) como sustituto parcial de la harina de trigo en la formulación de galletas. Se incorporaron diferentes proporciones de HCM (3-25%) a la harina de trigo, y se utilizó un análisis sensorial para determinar el nivel óptimo de sustitución. Las galletas preparadas con un 23% de HCM (G-23%) mostraron una aceptabilidad comparable a las galletas de control (100% harina de trigo) y fueron seleccionadas para análisis adicionales. Los resultados indicaron que la incorporación de HCM aumentó significativamente el contenido de fibra dietética, más del doble que las galletas de control. Además, las galletas G-23% mostraron aumentos sustanciales en tocoferoles, compuestos fenólicos y carotenoides, lo que resultó en una mayor actividad antioxidante. También se observó un aumento de más de 8 veces en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Estos resultados sugieren que la sustitución del 23% de harina de trigo por HCM es un enfoque prometedor para desarrollar galletas con perfiles nutricionales y nutracéuticos mejorados sin comprometer la aceptación del consumidor. Esta estrategia también proporciona una vía potencial para valorizar los subproductos de la industria del mango.

Palabras claves: Harina compuesta; Harina de cáscara de mango; Galletas; Propiedades nutracéuticas; Harina de trigo.

ABSTRACT

This study assessed the feasibility of using Ataúlfo mango peel flour (MPF) as a partial replacement for wheat flour in cookies formulations. Varying proportions of MPF (3–25%) were incorporated to wheat flour, with sensory analysis used to determine the optimal substitution level. Cookies prepared with flour containing 23% MPF (G-23%) exhibited comparable acceptability to the cookies (100% wheat flour) and were selected for further analysis. Results indicated that MPF incorporation significantly enhanced dietary fiber content, more than doubling that of the control cookies. Moreover, the G-23% cookies displayed substantial increases in tocopherols, phenolic compounds and carotenoids, leading to enhanced antioxidant activity. An over 8-times increase in polyunsaturated fatty acid content was also observed. These collective results suggest that 23% substitution of wheat flour with MPF is a promising approach for developing cookies with improved nutritional and nutraceutical profiles without compromising consumer acceptance. This strategy also provides a potential avenue for valorizing mango industry by-products.

Keywords: Composite flour; Mango peel flour; Cookies; Nutraceutical properties; Wheat flour.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica L.*) var *Ataúlfo*, es una variedad endémica de México y su producción representa más del 30 % del total de mangos en este país (Barrón-García et al., 2021), su composición fitoquímica es de interés debido a que, en estos se pueden encontrar ácidos orgánicos, carotenoides y compuestos fenólicos (Khalid et al., 2020; Preciado-Saldaña et al., 2022), ácidos grasos como el linoleico, linolénico y oleico entre otros (Maldonado-Celis et al., 2019), minerales (Yahia et al., 2023), fibra dietaria (Tariq et al., 2023) y compuestos fenólicos. Durante el procesamiento se generan residuos que pueden representar hasta el 60% de su peso (de Lourdes García-Magaña et al., 2013) principalmente en cáscaras y semillas, provocando impactos negativos sobre el medio ambiente y elevados costos económicos para los productores.

De acuerdo con lo anterior, las cáscaras de mango *Ataúlfo* podrían constituir una importante fuente de moléculas de interés para la industria alimentaria, especialmente para la elaboración de alimentos con enfoque nutraceútico (Roy et al., 2023; Vilas-Boas et al., 2021), los cuales han aumentado en demanda debido a los nuevos hábitos alimentarios, los cuales propenden por el desarrollo de alimentos enriquecidos con productos que promuevan la salud humana (Nabi et al., 2023). En este sentido, diferentes investigaciones se han desarrollado enfocados en la elaboración de productos enriquecidos con compuestos antioxidantes, fibra cruda, fibra dietética y aceites entre otros (Castro-Muñoz et al., 2024;

Kumar et al., 2024). Dentro del mercado de nuevos productos, una rama que ha crecido significativamente es la de los productos de repostería o productos elaborados a base de harina de trigo, los cuales enfrentan diferentes retos, particularmente en el aspecto nutricional, puesto que, la mayoría de estos productos como las galletas se destacan por tener alto contenido de grasas y azúcares, así como, por presentar baja proporción de fibras alimentarias (Şahin, 2023). En este sentido, las investigaciones se han enfocado en el desarrollo de productos empleando harinas compuestas, en las cuales se reemplaza una parte de la harina de trigo con harina de otra fuente (Aydın, 2020), como de cáscaras de frutas y

vegetales dentro de las que se destacan harinas de vainas de arvejas (Kaur et al., 2023), de cáscara de manzana (Kim et al., 2013) o de cáscara de mango (Ajila et al., 2008). Coincidiendo los trabajos en que los productos resultantes no solo mejoran sus aspectos nutrimentales, sino que además se mantenían las propiedades sensoriales y tecnológicas. Por todo lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto de la adición de harina de cáscaras de mango sobre las cualidades nutrimentales y sensoriales de galletas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México el sobrepeso y la obesidad son el problema nutricional más frecuente en la población de niños, jóvenes y adultos (ENSANUT, 2016).

Esta problemática suele estar asociada a diferentes factores como la baja actividad física, el consumo excesivo de grasas, principalmente al consumo de harinas refinadas (Denova et al. 2010). En este sentido, la sustitución parcial o total de la harina de trigo en la elaboración de productos de repostería, se vislumbra como una alternativa para reducir los índices de obesidad, así como, para hacer uso de harina de subproductos ricos en biomoléculas, que impacten de manera positiva en la salud del consumidor, como las harinas de cáscaras de frutas (Santos et al., 2022).

Uno de los frutos cuyas cáscaras han sido estudiadas recientemente como fuente de biomoléculas es el mango (*Mangifera indica L.*), reportándose que las cáscaras de este fruto contienen varias propiedades bioactivas, poseen una fuente sostenible de fibra, vitaminas y minerales, que los convierte en un subproducto con gran potencial para ser reutilizado como ingrediente en el desarrollo de alimentos funcionales, nutraceutico y tratamientos médicos, así como para elaboración de harinas compuestas que sustituyan las harinas refinadas de uso tradicional (Asif et al.,2016).

Cabe mencionar que en el procesamiento de estos productos no se incluyen las semillas ni las cáscaras por sus características sensoriales y tecnológicas ya que representan el 35-60% del peso total del fruto; teniendo en cuenta que la producción anual mundial fue de, 41.54 millones de toneladas es fácil estimar que de 15 a 25 millones de toneladas sean de residuos (FAO,2019; Oliver-simancas, Muñoz, et al.,2020).

El desperdicio de este subproducto de mango provoca severos problemas ambientales, como la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación por lixiviados (Lou y nair,2009).

JUSTIFICACIÓN

En la asamblea general de las naciones unidas, 193 países se comprometieron en trabajar en una lista de objetivos a cumplir en el año 2030, uno de ellos el reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial mediante la venta al por menor y a nivel de los consumidores, reducir las pérdidas de los alimentos en la cadena de producción y suministro, incluida las pérdidas posteriores a las cosechas; reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos en todos los eslabones de la cadena de suministros de alimentos hoy en día resulta ser un objetivo mundial. (ONU,2018).

La obtención de harina a partir de cáscaras de mango (*Mangifera indica* L.) y adicionarla en la preparación de alimentos constituye un aporte en la innovación tecnológica alimentaria, resultando así un producto saludable debido a que este tipo de residuo de mango es una fuente sostenible de fibra dietética por lo general, fibra soluble, representando más del 30% de la fibra total según recientes estudios (Abdul Aziz et al.,2012; Ajila et al.,2007; del Pilar Sánchez-Camargo et al.,2019).

El hecho que la harina provenga de la reutilización de cáscaras de mango contribuye a la reducción de residuos orgánicos; contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible como lo son: mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible; Promover la industrialización sustentable, Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible.

El potencial de utilizar este producto se justifica por el alto contenido de antioxidantes, nutrientes como proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, polifenoles y tocoferoles como el gamma-tocoferol y el beta-tocoferol (Abbasi. et al., 2017). convirtiéndose en un insumo viable para industrias como el de la panificación.

En este proyecto se plantea mejorar las cualidades nutrimentales de galletas, sustituyendo parcialmente la harina de trigo adicionando una harina no convencional, desarrollando así un producto innovador con características de un alimento funcional en la industria alimenticia, impactando a nivel económico aprovechando estos residuos de mango, minimizando las pérdidas de los productores de las regiones de México.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de la adición de harina de cáscaras de mango (*Mangifera indica L.*) var *Ataúlfo* sobre las cualidades nutrimentales y sensoriales de galletas.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar proximalmente la harina extraída de cáscaras de mango.
- Determinar la proporción de harina de cáscaras de mango adecuada para la obtención de galletas sensorialmente aceptables.
- Analizar el efecto de la adición de harina de cáscaras de mango, sobre el valor nutricional de galletas

MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES DEL MANGO (MANGUIFERA INDICA L.)

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta tropical perteneciente a la familia de las Anacardiáceas; su consumo es valorado positivamente por sus características sensoriales sobresalientes en el sabor dulce, su fácil consumo y lo refrescante de su carnosa pulpa, además de las propiedades nutricionales y su alto contenido de antioxidantes, polifenoles, flavonoides, macro y micronutrientes (Ercisli, S., Akbulut, M., Ozdemir, M., Sengul, M. y Orhan, E, 2008). Fruto originario del continente asiático, (la India), país que continúa siendo su mayor productor a nivel mundial. Con el paso de los años su cultivo se propagó a diversas zonas tropicales y subtropicales del mundo, hoy en día países como Colombia, México y Brasil se encuentran entre sus principales productores.

El árbol de mango en distintas condiciones de suelo puede llegar a superar los 30 metros de altura; el fruto llega a medir entre 5 y 30 cm de longitud, el cual está compuesto por un 21.51%, de cáscaras, 56,39%, de pulpa y un 22,09% de semilla. El color varía desde verde, anaranjado y amarillo dependiendo su estado de maduración. La fruta se puede consumir en su estado fresco y natural, o procesada en jugos, néctares, mermeladas, yogures, helados y en dulces deshidratados.

Producción del Mango

México actualmente se ha consolidado como el exportador número uno de mango con alrededor del 24% de la producción nacional, y ocupa el sexto lugar como productor mundial, superado únicamente por India, China, Tailandia e Indonesia (FAO, 2020). Esto, debido a las óptimas condiciones de un clima cálido y seco, desde la costa oriente, centro y occidente del país, con intervalo de temperaturas de 26 a 32 °C, precipitaciones de 1,000 a 1,500 mm y suelos de textura media, bien drenados, con pH de 6 a 8; que permiten producir de manera escalonada mangos con calidad comercial durante casi todo el año; en los estados de Guerrero, Sinaloa, Nayarit, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Colima y

Campeche (SAGARPA, 2017; EMEX, 2021), la producción de mango en México presenta una tendencia de incremento sostenido, al pasar de producir en el año 2019, la cantidad de 2.13 millones de toneladas de mango, en el mismo año se sembraron más de 207 mil hectáreas de cultivo y se logró una producción de 2 millones 156 mil toneladas, sobresaliendo la variedad Ataúlfo con 614,409.07 toneladas lo que representa el 29.4% de la producción nacional, 3.4 por ciento mayor respecto al año previo, con valor superior a 10 mil 859 millones de pesos (SIAP, 2021).

Se estima que Para el año 2030, se genere un incremento de la demanda mundial del mango de 3.23 a 4.06 millones de toneladas, mientras que para el mismo año se prevé un crecimiento acumulado de 42.7% en la producción nacional, con un crecimiento promedio anual de 2.4%, con esto, se proyecta una producción potencial de 2,690,000 toneladas de mango, lo que permitiría aumentar las exportaciones de este fruto de 440,000 a 890,000 toneladas, con un valor de \$936.79 millones de dólares (SAGARPA, 2017).

En el 2021 México exportó alrededor del 24% de la producción nacional de mango, mientras que en el mercado interno se industrializó del 13 al 16%, y el resto se comercializó como fruto fresco. Sin embargo, a pesar de su bajo procesamiento de la parte comestible del fruto, que representa del 33 al 85% del peso total del mismo, para la obtención de la pulpa, el jugo y el néctar principalmente, los residuos que genera la industria del mango aproximadamente (32-50%), y mientras que la cáscara constituye del 7 al 24% dependiendo de la variedad (Guerrero & Campos, 2014; Barreto, Púa, De Alba & Pión, 2017; San Martín-Hernández, Pérez-Rubio, Muy-Rangel, Vargas-Ortiz & Quintana-Obregón, 2020).

Estos desechos, representan problemas de contaminación al no existir un manejo adecuado de residuos, principalmente de la cáscara, (Sumaya-Martínez, Herrera, García & Paredes, 2012; Flores, Mariños, Rodríguez & Rodríguez, 2013; Barreto et al., 2017). De acuerdo con un estudio de la Cadena Agroalimentaria del Mango, en México se desperdicia aproximadamente el 40% de la materia prima.

Al mismo tiempo, una empresa procesadora de mango ubicada en Nayarit, México, produce cerca de 18,000 ton de residuos de las 30,000 ton de mango que procesa anualmente por ello, es importante conocer alternativas para el aprovechamiento de la biomasa que genera este fruto (Sumaya-Martínez et al., 2012).

Propiedades Nutricionales del Mango

El mango, es fuente de energía, agua, carbohidratos y fibra presentes en pulpa y cáscara. Es fuente de pectina, taninos y ácidos orgánicos, también contiene antioxidantes como la vitamina C, vitamina E, carotenoides, fenoles y compuestos bioactivos como la vitamina A, minerales como el hierro, fósforo, calcio, potasio y magnesio (Sumaya-Martínez et al., 2012; Forero & Pulido, 2016). Este fruto contiene un compuesto comercialmente importante llamado mangiferina utilizado con fines cosméticos, nutricionales y medicinales. En animales se ha reportado su potencial antioxidante, antiviral, antitumoral e inmunomodulador (Sethiya, Trivedi & Mishra, 2015; Forero & Pulido, 2016).

De manera general la (USDA) United States Department of Agriculture, 2020. reporta entre lo más sobresaliente, para una porción de 100 g de mango fresco valores de 83.4 g de agua, 0.8 g de proteína, 0.4 g de lípidos totales, 1.6 g de fibra dietética total, 13.6 g de azúcares, 0.07 g de ácidos grasos poliinsaturados, 0.1 g de ácidos grasos monoinsaturados.

Sultana, Hussain, Asif & Munir, (2012), reportaron que el mango Ataúlfo es rico en vitaminas A, C y en menor proporción de E, B y K. Además, el alto contenido y la capacidad antioxidante reportada como RSA por sus siglas en inglés, “Radical Scavenging Capacity” (atrapamiento de radicales libres) de los ácidos gálico (61% RSA), protocatéico (35% RSA), clorogénico (28% RSA) y vinílico (11% RSA), se han relacionado con su capacidad para combatir enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Palafox-Carlos et al., 2012)

Se ha comprobado que el consumo de mango puede reducir los niveles de colesterol y glucosa en la sangre, de triglicéridos en el plasma, además de favorecer la eliminación de ácidos biliares y el crecimiento y proliferación de la flora bacteriana; esto gracias a que la cáscara posee alrededor del 29% de fibra soluble y 27% de fibra insoluble (Sumaya Martínez et al., 2012; Forero & Pulido, 2016).

EL MANGO ATAULFO

Esta variedad de mango fue descubierta y seleccionada en 1963 por el ingeniero Héctor Cano Flores; (jefe en aquel entonces del sector del instituto mexicano del café), en cinco arboles padres, de origen desconocido, ubicados en un predio en la ciudad de Tapachula, Chiapas, propiedad del Sr. Ataúlfo Morales Gordillo, a quien se le debe la denominación del cultivo en estudio, después de realizar múltiples pruebas de selección, el mango Ataúlfo fue seleccionado por poseer características que le dan una posición privilegiada entre las diversas especies manguíferas y desde los años de 1963 hasta la fecha se han establecido 15,000 hectáreas de este mango que representa cerca del 83% de la superficie cultivada con el frutal en la región, y cuyo volumen anual es aproximadamente 176,000 toneladas, por lo que ha generado fuentes de empleos, servicios, centros de investigación, agroindustrias, comercializadoras reconocidas por el H congreso del estado de Chiapas. (yvar Ramos, P., Villagómez-Velázquez, et, al, 2022)

Fue Don Ataúlfo Morales Gordillo, quien trabajo por varios años en el injerto de los árboles que dieron como resultado lo que conocemos como mango Ataúlfo, en honor a su inventor en 1963.

En el año 2000, inician los trámites burocráticos para otorgar la denominación de origen (DO) que designa un producto originario de una región específica cuya calidad y característica se deben únicamente al medio geográfico comprendido entre los factores naturales y humanos (García. 2010).

La declaratoria de protección de la denominación de origen del ‘mango Ataúlfo del Soconusco Chiapas’ se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 27 de agosto de 2003, siendo los municipios de: Suchiate, Frontera Hidalgo, Metapa, Tuxtla Chico, Tapachula, Mazatán, Huehuetán, Tuzantán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Escuintla, Acacoyagua y Acapetahua, declarados los lugares de extracción (producción) de esta variedad (Secretaría de Economía 2016).



figura 1. (Mangifera indica L. var Ataúlfo)

El mango (*Mangifera indica* L). *var Ataúlfo*, (Figura 1), es una variedad de mango mexicano que destaca por sus propiedades sensoriales, principalmente el sabor, olor y la textura. Este fruto es succulento, carnoso, de forma oval, con semilla delgada y abundante pulpa, contiene además alta cantidad de vitaminas A y C, es rico en minerales, fibras y antioxidantes como ácido ascórbico, carotenoides y compuestos fenólicos, mientras que su contenido de calorías, grasa y sodio es bajo.

Es una fruta tropical originaria de la región Soconusco, Chiapas, México. Este representa un pilar del desarrollo económico-social del estado y específicamente de la región. A través de los años, la producción de este fruto ha experimentado aumentos importantes que benefician a la cadena comercial del mismo, debido a los suelos y condiciones ambientales tropicales propias de la zona (Mendoza-Hernández, C., Rosas-Quijano, R., Vázquez-Ovando, A., & Gálvez-López, D, 2020)

En los últimos años, la variedad Ataúlfo se ha convertido en la variedad mexicana de mayor relevancia en el mercado internacional por la alta demanda de exportación a Norteamérica y Japón, convirtiendo a México como el principal país exportador de mango Ataúlfo. Este se cultiva en 22 estados del país, de los cuales Chiapas ocupa el cuarto lugar a nivel nacional como productor de mango con 237 mil 530 toneladas al año (SIAP,2017.)

PROPIEDADES NUTRACEÚTICAS DE LAS CÁSCARAS DE MANGO

Tanto la pulpa de mango como su cáscara representan una fuente de compuestos con potencial nutraceutico, no solo por su excelente contenido de fenoles y de fibra, sino también por su efecto sobre el tratamiento de ciertas patologías y por su valor funcional y nutricional (Wall-Medrano et al., 2015). Además, diversos estudios han evaluado la capacidad antiproliferativa tanto in vitro como in vivo, de compuestos fenólicos como el ácido gálico y los galotaninos presentes en el mango, contra distintos tipos de cáncer (colon, páncreas, mama, pulmón, próstata e hígado) (Luo et al., 2014).

Además, se han reportado concentraciones significativas de polifenoles y compuestos antioxidantes en la cáscara del mango Ataúlfo, así como pectina de buena calidad y con buen rendimiento de extracción (Palafox-Carlos et al., 2012; Barreto et al., 2017). Sáyago-Ayerdi, Zamora-Gasga & Venema, (2019). determinaron el potencial prebiótico de la cáscara de mango Ataúlfo predigerida en un modelo dinámico in vitro del colon humano, en el que identificaron 80 géneros bacterianos después de la fermentación de la cáscara. Se concluyó que la cáscara de mango puede promover el crecimiento de Bifidobacterias con un máximo a las 24 h de fermentación, mientras que a las 72 h favoreció el crecimiento de Bifidobacterias y Lactobacillus.

Compuestos Fenólicos Totales

Los compuestos fenólicos son reconocidos como compuestos con diferentes propiedades biológicas, entre las que destacan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anti mutagénicas, anticancerígenas, antitumorales, antimicrobianas o incluso citotóxicas, (TBN Brito, MSL Ferreira, A.E.C, 2020).

Estas bioactividades de los compuestos fenólicos se deben a las propiedades de su estructura química, varios informes indican que todo el cuerpo de la fruta del mango contiene cantidades considerables de compuestos fenólicos, actualmente se han identificado más de 8000 estructuras, (O.R. Alara, N.H. Abdurahman, 2021, y 50 000 moléculas J. Ávila-Román, J.R. Soliz-Rueda, F.I. Bravo. Et. Al., 2021), son metabolitos secundarios de las plantas,

sintetizados por las vías metabólicas del fosfoenolpiruvato del glucólisis y la eritrosa-4-fosfato del ciclo de las pentosas fosfato.

los cuatro principales compuestos fenólicos más abundantes en cáscaras, incluyendo, Estructuras fenólicas predominantes en mango son: flavonoides, ácidos fenólicos, xantonas y taninos (W. Gutiérrez-Sarmiento, et., al 2020). Dentro de los múltiples trabajos de investigación más relevantes comprendidos del 2016 a 2021 sobre la extracción, cuantificación, identificación, actividades biológicas y aplicaciones de compuestos fenólicos obtenidos del árbol de mango, con especial enfoque en el fruto, con el objetivo de promover el uso del mango desde una perspectiva sostenible resalta la importancia de considerar los desechos de mango como materia prima para la obtención de compuestos fenólicos ya que estos fitoquímicos tienen una gran capacidad de captación de radicales libres, así como la capacidad de inhibir el crecimiento de múltiples microorganismos, D. Ballesteros-Vivas, G. Álvarez-Rivera, et, al, 2019, lo que representa una oportunidad para su uso en diferentes industrias. Además del gran poder antioxidante demostrado por los compuestos fenólicos también podría utilizarse como tratamiento para la prevención y progresión de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (F. Khalid, H. Nawaz, M.A. Hanif, R. Rehman et, al 2020).

Carotenoides Presentes en la Cáscara de Mango

Los carotenoides se encuentran entre los pigmentos más importantes relacionados con el color de la cáscara del mango y en general se considera una buena fuente de compuestos bioactivos; Sin embargo, las cáscaras de diferentes cultivares de mango tienen diferentes colores por lo tanto el contenido de carotenoides también puede variar significativamente. Según el color de su cáscara, los cultivares de mango se agrupan en tipos rojo, amarillo y verde. (Ancos et al., 2018; Meléndez-Martínez et al., 2020)

Ancos et al. (2018) evaluaron el perfil de carotenoides de cáscaras de mango Ataúlfo, reportando un contenido total de carotenoides de 51.14 ± 4.22 mg/g de cáscaras de mango DW. El principal carotenoide encontrado en las cáscaras de mango Ataúlfo fue todo-trans- β -caroteno (37.80 ± 2.64 mg/g de cáscaras de mango DW). Además de este carotenoide,

Ancos et al. (2018) también detectaron todo trans-luteína ($6,78 \pm 0,58$ mg/g de cáscaras de mango DW), 13-cis- β -criptoxantina ($4,61 \pm 0,78$ mg/g de cáscaras de mango DW), 9-cis- β -caroteno ($1,48 \pm 0,57$ mg/g de cáscaras de mango DW) y 9-cis- β -criptoxantina ($0,45 \pm 0,16$ mg/g de cáscaras de mango DW). A diferencia de lo que se encontró en las cáscaras de los cultivares de mango antes mencionados, en las cáscaras de Tommy Atkins el carotenoide más abundante fue la luteína (Ruales et al., 2018)

El impacto de los carotenoides en la salud está condicionado por su bioaccesibilidad y biodisponibilidad. Mercado-Mercado et al. (2018), evaluaron la bioaccesibilidad de β -caroteno, luteína y β -criptoxantina a partir de cáscaras secas de mango, a través de una digestión in vitro. Descubrieron que el tratamiento con ultrasonido aumentó significativamente la bioaccesibilidad de estos tres carotenoides. En cáscaras de mango tratadas con ultrasonidos, la bioaccesibilidad de β -caroteno, luteína y β -criptoxantina fue de 32.62, 35.21 y 46.93 %, respectivamente (Mercado-Mercado et al., 2018). Hasta donde sabemos, no hay estudios disponibles sobre la biodisponibilidad de los carotenoides de las cáscaras de mango.

DESARROLLO DE INGREDIENTES DE VALOR AÑADIDO

La composición química de las cáscaras de mango lo hace un producto con alto potencial para desarrollar valor agregado a diferentes ingredientes, por ejemplo la adición en el contenido de fibra, actividad antioxidante y propiedades funcionales de estos polvos de biorresiduos enriqueciendo o sustituyendo parcialmente algún tipo de harina convencional por decir la de arroz o la de trigo, por la de polvo de cáscara de mango en la preparación de alimentos ya existentes por decir probióticos, leche, mermeladas, pastas, fideos, chips de tortillas, pan, muffins, tortillas de maíz y galletas. Alimentos en los cuales ya se han realizado estudios por Vicenssuto y de Castro (2020); Gurak et al. (2018); Ajila et al. (2010).

Los polvos de cáscaras de mango se pueden emplear en la sustitución parcial de las harinas de trigo, para la elaboración de galletas y otros productos. Ajila et al. (2010), y Jalgaonkar et al. (2018), demostraron que la sustitución del 10% de harina de trigo y el 5% de sémola, en productos de panadería y pastas mantuvieron estos alimentos sensorialmente aceptables,

mejorando significativamente su composición fitoquímica y actividad antioxidante, por otro lado una mayor incorporación de harina de cáscara de mango, otorgan un sabor amargo debido al alto contenido de compuestos fenólicos; un color más oscuro, más amarillento y rojizo debido a la oxidación de compuestos fenólicos y el aumento el en contenido de carotenoides y una textura dura.

Con fundamento en los estudios elaborados por; Quintana-Obregón, Martín-Hernández, Muy-Rangel & Vargas-Ortiz, (2019), en la cual realizaron un análisis proximal y analizaron el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del polvo de la cáscara de los mangos: Ataúlfo, Keitt y Tommy Atkins con el fin de darle un valor agregado como alternativa para la generación de alimentos funcionales, se obtuvo que el polvo de la cáscara del mango Ataúlfo presentó un mayor contenido de fenoles totales (7578 mg de EAG·100g-1) y una mayor capacidad antioxidante (34,811 $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$). El contenido de fenoles totales en el cv. Keitt y el Tommy Atkins fue de 5,228 y 3,857 mg de EAG·100g-1 respectivamente, mientras que la capacidad antioxidante que mostraron estos dos cultivares fue de 27,256 y 23,270 $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$. La proporción de fibra soluble se mantuvo entre 19.2 y 23.8% y el contenido de fibra insoluble fue del 9.7 al 16.5%.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que los beneficios que representa el aprovechamiento de los residuos del polvo de las cáscaras de los tres cultivares, puede adicionarse en la formulación de alimentos y bebidas para complementar el contenido nutricional y funcional de los mismos gracias a su capacidad antioxidante y contenido de fibra.

Harina de Cáscaras de Mango (HCM)

La cáscara de esta fruta es considerada un producto de desecho y constituye alrededor del 15 al 20 % con contenidos de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra dietética, por ello, la investigación, además de mostrar el potencial alimenticio, resalta la importancia ambiental de este proceso al mitigar problemas como la propagación de plagas, contaminación de suelos u cuerpos de agua.

Actualmente representa una excelente fuente de nutrientes, como azúcares, pectina, proteínas y fibra dietética. Del peso seco de la cáscara 13% es pectina, la cual es de buena calidad, por lo que podría ser utilizado para la elaboración de mermeladas, jaleas y algunos productos farmacéuticos. El alto contenido de azúcares de la cáscara de mango ha despertado gran interés para utilizarlo como fuente de carbono en los procesos de fermentación al igual que su gran aporte de fibra dietética (Ajila y otros, 2008).

El polvo de cáscaras de mango está contenido de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra dietética (Ajila y otros, 2008), lo cual representa una buena opción como sustituto que puede ser utilizado como materia prima para producir alimentos funcionales.

Liliana Serna Cock (2015), profesora de la Facultad de Ingeniería y Administración (U.N. Colombia-Sede Palmira), afirma que es posible transformar este residuo (cáscara de mango) en un producto alimenticio que puede durar años, gracias a sus características de rendimientos, contenidos en compuestos fenólicos totales y composición proximal comprendida en materia seca, proteína, cenizas, fibras dietéticas y otros. A través de un proceso de secado se logró obtener la harina de los residuos de este fruto, un valor agregado que puede ser utilizado como ingrediente alimentario.

Con base en estos resultados se puede deducir que las cáscaras de mango pulverizadas, es una buena fuente de fibra y compuestos fenólicos totales.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS DEL CONSUMO DE FIBRA

Dentro de los beneficios que aporta el incremento en el consumo de fibra se puede destacar una mejor función gastrointestinal. El salvado de trigo se distingue por su capacidad para promover la regularidad intestinal en comparación con otras fibras, se ha vinculado con la reducción de ciertos tipos de cáncer, principalmente el cáncer de colon. Investigaciones científicas han relacionado el efecto del consumo de alimentos de origen vegetal y fibra con la presencia del cáncer. Hallazgos indican una mayor relación con el consumo de fibra insoluble por su capacidad para reducir el tiempo de contacto de las heces que pueden

contener toxinas con las paredes del colon al facilitar la salida de los desechos (Almeida-Alvarado, 2018).

El consumo de fibra dietética puede ayudar a disminuir el colesterol LDL o el colesterol malo (lipoproteína de baja densidad), cuya función consiste en transportar el colesterol a los tejidos; sin embargo, cuando hay un exceso puede acumularse en las paredes de las venas y arterias provocando aterosclerosis. La concentración elevada de colesterol malo en el cuerpo tiene un impacto negativo en la salud, puesto que aumenta el riesgo de padecer cardiopatías y accidentes cerebrovasculares. Este tipo de fibra contribuye también a mantener los niveles de glucosa en sangre (Cobo, J., Perceval, G. D., Maure, Y. R., Parada, L. M., & Mojena, B. A. V. (2022)

La fibra dietética actúa de maneras distintas para prevenir la enfermedad cardiovascular, por un lado, ayuda a disminuir la absorción de grasa en el intestino o puede inhibir la formación de grasa por parte del hígado, lo que ayuda a mantener el colesterol en niveles saludables. De acuerdo a un meta-análisis publicado por Pereira et al. (2004), el aumento del consumo de fibra en 10 g al día, puede reducir significativamente el riesgo de enfermedades del corazón. De igual forma en el tratamiento de control de peso la fibra dietética del salvado de trigo, es útil en la disminución de la densidad energética de los alimentos diseñados para el control de peso. (CONEVAL,2018)

El comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda una ingesta de 25 gramos de fibra al día. En México, los adultos consumen entre 16 y 18 gramos de fibra al día, una cantidad mucho menor a la recomendada; de ahí la importancia de conocer la importancia que tiene el consumo diario de fibra dietética.

El consumo bajo de fibra dietética se ve relacionado de acuerdo con el resultado de la (ENSANUT, 2018) a nivel nacional. Donde el porcentaje de adultos de 20 años y más con sobre peso y obesidad es de 75.2% (39.1% sobrepeso y 36.1% obesidad), porcentaje que en 2012 fue de 71.3%. la diabetes tenía una prevalencia en la población en 2012 de 9.2% en comparación del 2018 que presento el 10.3%. también se observó un incremento en personas que presentan dislipidemias, registrando en 2012, 13% y en 2018 19%.

para mejorar la calidad de vida y evitar enfermedades. Como recomienda la OMS, deben integrarse frutas, verduras y cereales integrales en la dieta diaria, puesto que ayudan a prevenir importantes enfermedades no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. El consumo de frutas y verduras variadas garantiza un consumo suficiente de la mayoría de los micronutrientes, de fibra dietética y de una serie de sustancias no nutrientes esenciales. Además, el alto consumo de estos alimentos ayuda a desplazar aquellos ricos en grasas saturadas, azúcares o sal.

Fibra Dietética

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012 de Servicios Básicos de Salud. Promoción y Educación para la Salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación, la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino humano, y que sufren una fermentación total o parcial en el intestino grueso que juegan un rol importante en los efectos fisiológicos y bioquímicos del cuerpo humano.

La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y otras sustancias asociadas con las plantas. Se les divide en solubles e insolubles. La fermentación de la fibra dietaría juega un rol importante en los efectos fisiológicos y bioquímicos (regulación del sobrepeso y la obesidad), puesto que a partir de ella se producen los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), tales como el butirato, el propionato y el acetato, metabolitos que están involucrados con la promoción y/o inhibición de ciertas hormonas responsables de la estimulación de saciedad y apetito (Vilcanqui-Pérez, F., & Vélchez-Perales, C. (2017). Epidemiológicamente, su consumo insuficiente se ha asociado con la aparición de enfermedades crónicas.

La fibra dietética es clasificada frecuentemente en Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI), de acuerdo a su comportamiento en medio acuoso. Mientras la fibra soluble forma una dispersión en agua, la considerada insoluble no lo hace. Como consecuencia de esa diferencia de hidratación, ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos distintos.

La fibra dietética soluble incluye pectinas, hemicelulosas y gomas que por puentes de hidrógeno retienen 15 a 20 veces su peso en agua y producen una sensación de saciedad y heces blandas; estimulan la secreción gástrica; aceleran el movimiento del intestino delgado y acortan el tiempo de tránsito intestinal, con lo que se reduce la posibilidad de la absorción de colesterol, glucosa y triglicéridos por lo que la fibra dietética soluble es considerada un factor importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares ya que es muy hidratante y forma geles en el tracto digestivo (Sánchez Almaraz, R., Martín Fuentes, M., Palma Milla, S., López Plaza, B., Bermejo López, L. M., & Gómez Candela, C. 2015)

La fibra insoluble, a diferencia de la soluble, apenas es fermentada por las bacterias colónicas, presenta un importante papel en la formación y el tránsito intestinal del bolo fecal, aumentando el volumen del mismo y disminuyendo su tiempo de tránsito; es decir, contribuye a acelerar el movimiento de los alimentos a través del sistema digestivo, promueve la regularidad y reduce la incidencia de estreñimiento (Orbegozo Mattos, A. R., & Villarreal Guzmán, P. R. (2023).

En la búsqueda de nuevas fuentes de fibra, el aprovechamiento integral de las frutas es un requerimiento y a la vez una demanda que deben cumplir los países que desean implementar las denominadas “tecnologías limpias” o “tecnologías sin residuos” en la agroindustria. De tal modo que todas aquellas fracciones del fruto, tales como: cáscaras o semillas resulten agravantes para el beneficio económico de las empresas y mucho menos para el medio ambiente pudiéndose derivar a productos principales o secundarios para la alimentación humana (Ajila, CM, Bhat, SG y Rao, UP, 2001).

La cáscara de esta fruta es considerada un producto de desecho y constituye alrededor del 15 al 20 % de desperdicio, sin embargo, contiene compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra cruda (Iuit-González, M., Betancur-Ancona, D., Santos-Flores, J., & Cantón-Castillo, C. G. 2019). Que se puede aprovechar como una buena fuente de fibra, que puede ser utilizada como materia prima para producir alimentos funcionales.

HIPÓTESIS

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscaras mango (*Mangifera indica L*) var. *Ataúlfo*, en la preparación de galletas mejora las propiedades funcionales, tecnológicas de las galletas sin afectar la aceptación sensorial de las mismas.

METODOLOGÍA

TIPO DE ESTUDIO

La investigación tiene un enfoque de estudio cuantitativo del tipo experimental y analítico; es cuantitativo porque supone un enfoque diferente al de la investigación cualitativa, ya que ofrece datos medibles, su objetivo responde a cuantificar los resultados obtenidos, (Hernández et al., 2014) en el cual evaluamos los componentes fisicoquímicos y nutraceúticos de la harina de cáscaras de mango y el efecto de la sustitución parcial en la preparación de galletas sensorialmente aceptables haciendo uso de referencias bibliográficas.

LUGAR DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en los laboratorios de análisis de alimentos II, de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) (Figura 2), Y en el Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán A.C. (CIDAM) (Figura 3).



Figura 2. Institución educativa donde se realizó el estudio.



Figura 3. Laboratorio de Postcosecha (CIDAM)

VARIABLES

Independiente

- Características de la materia prima
- Tiempo de secado
- Temperatura de secado

Dependiente

- Rendimiento en cantidad de harina
- Características fisicoquímicas de la harina obtenida
- Proporción óptima de harina
- Valor nutricional y nutracéutico de harina de mango y galletas.

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En la presente investigación se trabajó con mango (*Mangifera indica* L. var Ataúlfo) recolectados en la comunidad de Belisario Domínguez municipio de Venustiano Carranza en el estado de Chiapas.

Se utilizaron mangos en estado de madurez número 5 según la NOM-188-SCFI-2012. Se recolectaron 80 kilos de mango Ataúlfo, los cuales fueron lavados con jabón neutro sin aroma, desinfectados y pelados con pelador de frutas de acero inoxidable marca eko, para obtener las cáscaras.

Estas cáscaras fueron seguidamente deshidratadas en un deshidratador (Tray Deluxe, modelo 3526TB) a 55°C durante 18 horas ver (posteriormente fueron molidas con una licuadora (Oster, modelo BLST4127013) y tamizadas con un tamiz número 70. Finalmente, la harina obtenida fue empacada al vacío en cantidades de 500g y almacenada en ausencia de luz hasta su uso (figura 5).

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

La harina obtenida de las cáscaras de mango, así como las galletas elaboradas, fueron sometidas a un análisis químico proximal, determinándose humedad, número de método (964.22), cenizas (945.38), lípidos (920.29), fibra cruda (985.29), proteína (2001.11) y carbohidratos (por diferencia), utilizando los métodos establecidos en el manual de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists), (Feldsine, P., Abeyta, C. y Andrews, WH (2002).

La composición de la masa para las galletas de control y aquellas preparadas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de cáscara de mango se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de galletas utilizando harina compuesta con cáscara de mango

| Tratamiento | Harina de cáscara de mango (%) | Harina de trigo (%) |
|-------------|--------------------------------|---------------------|
| G-control | 0 | 100 |
| 1 | 3 | 97 |
| 2 | 10 | 90 |
| 3 | 16 | 84 |
| 4 | 20 | 80 |
| 5 | 23 | 77 |
| 6 | 25 | 75 |

Elaboración de Galletas

Para la preparación de las galletas en todos los tratamientos, se mezclaron las cantidades correspondientes de cada tipo de harina con 125 ml de agua, aceite vegetal (6 g), 3 gramos de levadura, sal (2 g) y azúcar (2 g), y se amasó durante 20 minutos hasta obtener una masa suave y homogénea, que se dejó reposar durante 10 minutos. Posteriormente, las láminas de

masa se estiraron manualmente con un rodillo de madera hasta alcanzar un grosor de aproximadamente 3 mm; luego, se cortaron utilizando un molde de acero inoxidable de 2.5 x 3.5 cm. Las galletas se hornearon en un horno a una temperatura de 180°C durante 15 minutos. Las galletas horneadas se envasaron al vacío en bolsas de plástico y se almacenaron a 25°C Hasta Su Análisis.

Aceptación Organoléptica de las Diferentes Galletas

Las galletas elaboradas con harina compuesta de trigo y cáscara de mango en diferentes proporciones se evaluaron utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado con 6 tratamientos (3, 10, 16, 20, 23 y 25%) y una muestra de control (100% harina de trigo); la variable de respuesta fue el nivel de aceptación sensorial por parte de los consumidores. Las unidades experimentales se sometieron a un análisis sensorial realizado por jueces no entrenados compuestos por 60 miembros; a cada panelista se le proporcionó una muestra de cada tratamiento en recipientes idénticos codificados con números aleatorios de tres dígitos. Los panelistas calificaron su nivel de aceptación utilizando una escala hedónica de 9 puntos (desagrado extremo, desagrado mucho, desagrado, desagrado ligeramente, ni agrado ni desagrado, agrado ligeramente, agrado mucho y agrado extremo).

Las calificaciones hedónicas se transformaron en valores numéricos que oscilaban entre -4 y 4, donde -4 indicaba una calificación de "Desagrado Extremo", 0 indicaba "Ni Agrado ni Desagrado" y 4 indicaba "Agrado Extremo". Estos valores numéricos se utilizaron para realizar la Prueba de Friedman y comparar las calificaciones de las muestras.

Caracterización proximal y nutracéutica de las galletas
La galleta compuesta que recibió la mayor aceptación sensorial y la galleta de control se molieron en una licuadora convencional, se tamizaron a través de un tamiz No. 70, y los polvos resultantes se almacenaron en bolsas de plástico hasta su uso.

COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS GALLETAS

La composición proximal de las galletas se realizó utilizando galletas molidas y siguiendo los métodos de la AOAC descritos anteriormente.

Determinación de Fenoles Totales

El contenido total de fenoles se determinó utilizando el ensayo de Folin-Ciocalteu, con modificaciones menores. Brevemente, 0.5 mL del extracto metanólico se mezcló con 2.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu 0.2 N, seguido de la adición de 2 mL de una solución de carbonato de sodio al 7.5% (p/v). La

mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 2 horas en la oscuridad, después de lo cual se midió la absorbancia a 760 nm con un espectrofotómetro (Photolab 6600 – WTW, Alemania). Se construyó una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar, con concentraciones que oscilaban entre 0.2 y 1.0 mg mL⁻¹. Los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 gramos de muestra, utilizando una curva estándar de ácido gálico de seis puntos ($r^2=0.9947$). todos los análisis se realizaron por duplicado.

Determinación de la Capacidad Antioxidante, Método del Radical DPPH+

La capacidad de captación de radicales se evaluó utilizando el ensayo de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), siguiendo la metodología descrita por Floegel et al. (2011) con modificaciones menores. Se preparó una solución de DPPH 1 mM en metanol, y su absorbancia se ajustó a 0.700 ± 0.020 a 517 nm diluyendo con metanol. Posteriormente, 100 μ L del extracto metanólico se mezcló con 3.90 mL de la solución de DPPH y se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos en la oscuridad.

La actividad de captación de radicales DPPH de los extractos se cuantificó utilizando una curva de calibración de Trolox (50–600 μ M) y se expresó como micromoles de equivalentes de Trolox por gramo de muestra (μ mol TE/g), basándose en una curva estándar de seis puntos ($R^2=0.9982$).

Método del Radical ABTS. +

La capacidad de captación de radicales ABTS se evaluó siguiendo el método descrito por Virgen-Ortiz et al. (2020). Para determinar la actividad de captación de la harina de cáscara de mango y las galletas elaboradas con harinas compuestas, se añadieron 2970 μL del radical ABTS a una celda de cuarzo, y se tomó la lectura inicial de absorbancia utilizando un espectrofotómetro (Photolab 6600 – WTW, Alemania). Luego, se añadieron 30 μL del extracto metanólico de la muestra, se vortexearon durante 30 segundos, y se leyó la absorbancia cada minuto durante 6 minutos. Los resultados se expresaron como μmoles de equivalentes de Trolox por gramo de muestra, basándose en una curva estándar de seis puntos ($R^2=0.9995$). Este proceso se repitió para cada muestra, calibrando el espectrofotómetro con etanol puro cada vez. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

Determinación de Tocoferoles (vitamina E)

Las muestras se saponificaron, y los isómeros de tocoferol se extrajeron según Souza et al. (2014) con cambios menores. Este proceso se llevó a cabo en una solución alcohólica de hidróxido de potasio suplementada con ácido ascórbico para prevenir la oxidación de las vitaminas liposolubles. Brevemente, 1.0 g de la muestra se combinó con 25 mL de etanol, 2.5 mL de una solución acuosa de ácido ascórbico (10% p/v), 5 mL de hidróxido de potasio acuoso (60% p/v) y 10 mL de agua. La mezcla se mantuvo a temperatura ambiente durante 2 horas bajo agitación continua. Tras la saponificación, los carotenoides se sometieron a dos extracciones secuenciales, cada una realizada con 25 mL de hexano. Los extractos resultantes se lavaron posteriormente con 10 mL de agua para eliminar impurezas. La fase orgánica se evaporó utilizando un concentrador al vacío (Speedvac Concentrator SPD120, ThermoFisher Scientific, EE. UU.) a 40 °C, y el residuo resultante se reconstituyó en 1 mL de isopropanol y se filtró a través de membranas de nailon con un tamaño de poro de 0.45 μm antes de la inyección en el sistema de HPLC. El sistema cromatográfico (1260 Infinity, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, EE. UU.) consta de una unidad de bomba cuaternaria, un detector de arreglo de diodos, un detector de fluorescencia, un inyector automático de muestras y un horno de columnas. La separación de tocoferoles se realizó a 40°C utilizando una columna Discovery C18 (tamaño de partícula de 5 μm , L \times I.D.: 250 \times 4.6 mm; Supelco,

Bellefonte, PA, EE. UU.) con una fase móvil de acetonitrilo/metanol (60/40, v/v) a un flujo de 0.8 mL/min. El volumen de inyección de la muestra fue de 10 μ L. Los tocoferoles se detectaron utilizando un detector de fluorescencia ajustado a una longitud de onda de emisión de 335 nm y una longitud de onda de excitación de 292 nm (Topete-Betancourt et al., 2024). La identificación de los tocoferoles se logró comparando sus tiempos de retención con los de los estándares correspondientes y mediante la adición de estándares apropiados a las muestras.

Determinación del Contenido Total de Carotenoides

Los carotenoides totales se extrajeron mediante la homogeneización de 0.5 g de la muestra a analizar con 10 mL de acetona en un tubo Falcon de 50 mL envuelto en papel de aluminio para evitar la exposición a la luz.

La mezcla se agitó continuamente utilizando un agitador a 4°C durante 24 horas en la oscuridad. Tras la agitación, la mezcla se centrifugó a 6000 rpm durante 20 minutos a 4°C. El sobrenadante se filtró a través de un filtro de jeringa de membrana de nailon de 0.22 μ m y posteriormente se concentró a un volumen final de 1 mL utilizando un concentrador al vacío centrífugo. Las mediciones de absorbancia se tomaron a tres longitudes de onda específicas (470 nm, 648.8 nm y 661.6 nm).

El contenido total de carotenoides se calculó según el método descrito por Lichtenthaler & Buschmann (2001) y se reportó como μ g/g de muestra.

Determinación del Perfil de Ácidos Grasos

La presencia relativa de ácidos grasos específicos en las diferentes galletas (HCM, G-control y G-23%) se determinó utilizando cromatografía de gases (GC) tras la preparación de derivados de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME).

Los FAME se sintetizaron mediante transesterificación utilizando una solución de hidróxido de potasio en metanol. Los análisis cromatográficos se realizaron utilizando un sistema de GC Agilent 7890A (Agilent, Santa Clara, CA, EE. UU.) equipado con un detector de ionización de llama (FID), un inyector split/splitless y un autosampler.

La separación se logró utilizando una columna capilar HP-88 (100 m × 0.250 mm × 0.20 μm; Agilent). Las temperaturas del inyector y del detector se mantuvieron a 260 °C y 280 °C, respectivamente.

Se utilizó helio como gas portador a un flujo constante de 1.0 mL/min, con una relación de división de 10:1 y un volumen de inyección de 1 μL. El programa de temperatura del horno se inició a 100 °C y se mantuvo durante 4 min, seguido de un aumento a 150 °C a una tasa de 3 °C/min, luego a 240 °C a 4 °C/min, y finalmente se mantuvo a 240 °C durante 15 min. La identificación de los FAME en las muestras se logró comparando sus tiempos de retención con los de una mezcla estándar comercial de FAME (Supelco® 37-component FAME mix). Todos los análisis se realizaron por duplicado.

Análisis estadístico

Los datos de la prueba de aceptación de las galletas (hedónica) se analizaron sumando los valores totales de posición asignados a cada muestra utilizando la prueba de Friedman ($\alpha = 0.05$) en el software NCSS 2023 (NCSS, LLC, Kaysville, UT, EE. UU.).

Las comparaciones entre las muestras de galletas se realizaron utilizando ANOVA ($\alpha = 0.05$), y las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Tukey utilizando el software Minitab® (Versión 20).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO ATAÚLFO Y LAS GALLETAS

La composición proximal es el análisis que permite calcular la cantidad de componentes (humedad, proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y fibra cruda) que componen un alimento (N. Kumar & Singh, 2024).

Es importante realizarlo porque la composición química y las propiedades físicas de la harina y otros ingredientes utilizados para producir productos de panadería tienen una influencia importante en el procesamiento y la calidad de los productos finales.

La Tabla 2 presenta los resultados del análisis nutricional de la harina de cáscara de mango (HCM), la galleta con mayor aceptación sensorial (G-23%) y la galleta de control (G-control).

La concentración de lípidos, fibra y proteína en las cáscaras de mango Ataúlfo fue menor que los valores reportados para la harina de cáscara de mango de la variedad Ubá (do Nascimento Oliveira et al., 2018).

Mientras que al comparar los valores proximales de las cáscaras de la variedad Ataúlfo con los reportados en las cáscaras de la variedad Tommy Atkins, se encontró que las cáscaras de la variedad Ataúlfo contienen más fibra y proteína (Marçal et al., 2024).

En todos los casos, las cáscaras de mango, independientemente de la variedad, exhibieron altos niveles (>70%) de carbohidratos, un grupo compuesto por diferentes grupos de moléculas de interés principalmente en la industria alimentaria, como fibras, azúcares y varios hidrocoloides (Marsiglia-Fuentes et al., 2024).

Tabla 2. Composición proximal (g/100g base húmeda) de la harina de cáscara de mango y las galletas formuladas con y sin harina compuesta de trigo y harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) var. Ataúlfo.

| Parámetro | HCM | G-control | G-23% |
|---------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| Humedad | 3.18 ± 0.09 | 4.33 ± 0.02 ^b | 5.58 ± 0.13 ^a |
| Ceniza | 5.57 ± 0.45 | 1.04 ± 0.02 ^a | 0.7 ± 0.10 ^b |
| Lípidos | 3.09 ± 0.07 | 2.78 ± 0.09 ^b | 3.34 ± 0.17 ^a |
| Fibra cruda | 11.44 ± 0.95 | 1.51 ± 0.07 ^b | 3.25 ± 0.16 ^a |
| Proteína | 3.48 ± 0.13 | 8.37 ± 0.06 ^a | 7.43 ± 0.02 ^b |
| Carbohidratos | 73.24 ± 0.14 | 81.97 ± 0.18 | 79.70 ± 0.12 |

*Letras superíndice diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas.

En cuanto a la composición proximal de las galletas, las galletas producidas con HCM fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de las galletas de control (G-control).

El contenido total de carbohidratos fue ligeramente mayor en las galletas de control C (82%) en comparación con las elaboradas con 23% de HCM (79.7%), mientras que el contenido de fibra cruda en las galletas que contenían harina de cáscara de mango (3.25 ± 0.16 g/100 g de peso corporal) fue más del doble que el de las galletas de control C (1.51 ± 0.07 g/100 g base húmeda).

Considerando que la fibra cruda ofrece beneficios para la salud de los consumidores, como la promoción de la regulación del azúcar en la sangre (Owheruo et al., 2024), el mantenimiento de la salud digestiva (Chiedu et al., 2025) y el bienestar cardiovascular (Igbabul et al., 2018), las galletas G-23% son más saludables que las galletas C. Además, tienen un contenido calórico más bajo (Chinma et al., 2012).

Los contenidos de humedad y lípidos también fueron mayores en las galletas G-23% que en las galletas G-control. Esto puede atribuirse a su mayor contenido de fibra, ya que la alta capacidad de retención de lípidos y agua es una de las propiedades de la fibra (Aparicio-Ortuño et al., 2024).

Por el contrario, los valores obtenidos para cenizas, proteínas y carbohidratos fueron mayores en las galletas de control. Estas variaciones pueden atribuirse a las diferencias en la composición proximal de las harinas (trigo y HCM) (Chikpah et al., 2023). En este sentido, es importante destacar que la harina de trigo tiene un mayor contenido de proteínas (aproximadamente 12%) en comparación con la HCM (8%), lo que aumenta significativamente el contenido de proteínas de las galletas de control. Esta observación es consistente con hallazgos previos sobre el uso de harinas compuestas de trigo/cáscara de granada (Urgancı & Isık, 2021) y trigo/cáscara de mango (Ajila et al., 2008).

VALORES DE ACEPTACIÓN PÚBLICA PARA LAS GALLETAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HCM

La aceptación general, como aspecto fundamental del análisis sensorial, juega un papel crucial en la determinación de la preferencia y satisfacción del consumidor, que están intrínsecamente relacionadas con las propiedades sensoriales de los productos alimenticios (Fiorentini et al., 2020).

Este concepto fue central para establecer la proporción óptima de harina de cáscara de mango Ataúlfo (HCM) como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas en nuestra investigación. El nivel de aceptación de las formulaciones de galletas que contenían diferentes concentraciones de HCM se evaluó sistemáticamente para identificar la proporción más adecuada, asegurando tanto el atractivo sensorial como la aprobación del consumidor (Figura 4).

Los resultados de la evaluación sensorial de las galletas producidas con diferentes niveles de inclusión de harina de cáscara de mango (HCM) se presentan en la Figura 4.

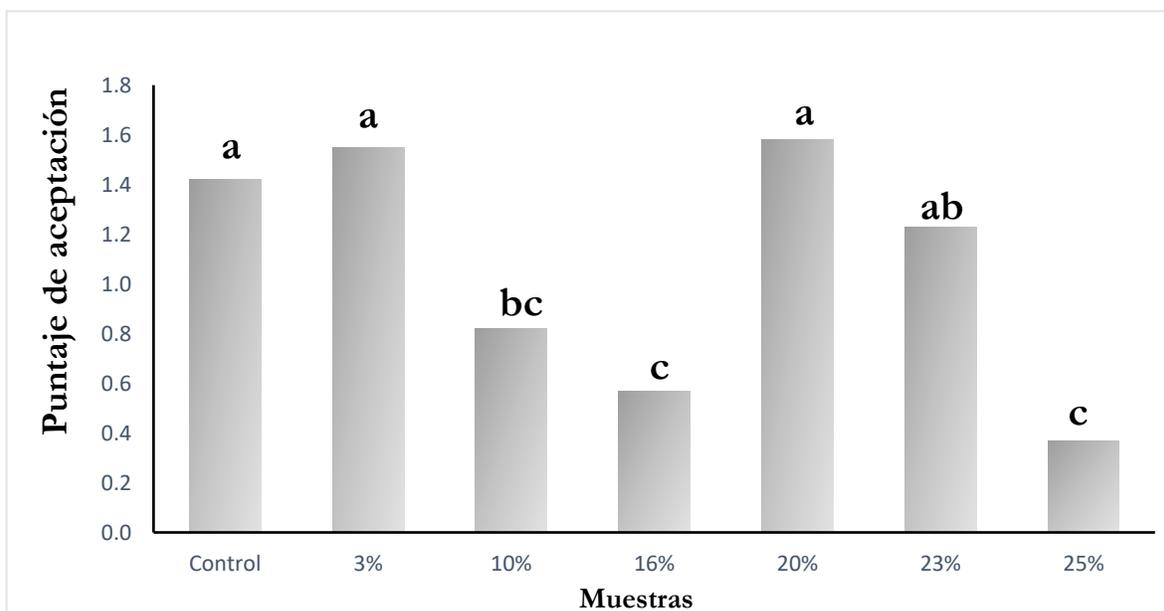


Figura 4. Niveles de aceptación de las galletas producidas con diferentes niveles de inclusión de harina de cáscara de mango (HCM). Las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las muestras.

La prueba de Friedman reveló que las galletas con niveles de sustitución del 3%, 20% y 23% no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en comparación con la galleta de control. Esto sugiere que hasta un 23% de la harina de trigo puede ser sustituida por HCM sin afectar significativamente la aceptación del consumidor. (Ver anexo IV)

Resultados similares se han reportado para barras (Jethwani et al., 2020) y pasteles esponjosos (Aziah et al., 2011) donde se realizó una sustitución parcial de la harina de trigo con harina de cáscara de mango. Por el contrario, aumentar la sustitución de harina de trigo al 25% resultó en una disminución significativa ($p < 0.05$) en la aceptación general de la galleta, disminuyendo de una puntuación media de 1.2 para las galletas con 23% de HCM a 0.37 para las galletas con 25% de HCM.

La disminución en la aceptación general observada con la inclusión del 25% de HCM puede atribuirse a múltiples factores, incluyendo alteraciones en el aroma, sabor y textura (Hasan et al., 2024). Estos cambios podrían deberse a la introducción de notas frutales características (Pathak et al., 2017) asociadas con el mango o la astringencia impartida por los taninos, que se han reportado en las cáscaras de mango. La modificación de la textura de las galletas puede estar relacionada con la incapacidad de formar la estructura tridimensional típicamente facilitada por el gluten del trigo, que es esencial para las propiedades texturales deseadas del producto (Rodríguez-Sandoval et al., 2017).

Con base en los resultados del análisis sensorial, las galletas con 23% de HCM (G-23%) fueron seleccionadas para análisis adicionales. Esta selección se basó en su aceptación similar a la galleta de control y el alto nivel de sustitución de HCM (dentro del rango estudiado).

Análisis Nutracéutico

La Tabla 3 presenta los resultados del contenido total de fenoles y la actividad antioxidante estimada en las cáscaras de mango, las galletas de control y las galletas con inclusión de harina de cáscara de mango (HCM, G-control y G-23%). Numerosos estudios mencionan que las cáscaras de mango de diferentes variedades son ricas en compuestos fenólicos (Huang et al., 2018; Suleria et al., 2020; Vithana et al., 2018). Esta investigación corrobora estos hallazgos y destaca que las cáscaras de la variedad "Ataulfo" representan una fuente significativa de compuestos fenólicos (5359 ± 0.11 mg GAE/100 g de harina) que podrían emplearse en diversas industrias de interés biotecnológico.

Tabla 3. Contenido total de fenoles (CFT mg GAE/100 g de muestra), tocoferoles (α , γ y δ) (mg/100 g de muestra), vitamina E (mg/100 g de muestra), carotenoides ($\mu\text{g/g}$ de muestra) y actividad antioxidante ABTS y DPPH (μmol de equivalentes de Trolox/g de muestra) de las cáscaras de mango (HCM), galletas de control (G-control) y galletas con inclusión de harina de cáscara de mango (G-23%%).

| <i>Muestra</i> | <i>CFT</i> | <i>Tocoferoles</i> | | | <i>Vitamina</i> (<i>E</i>) | <i>Carotenoides</i> <i>totales</i> | <i>Actividad</i> <i>antioxidante</i> | |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------|
| | | α | γ | δ | | | ABTS | DPPH |
| <i>MPF</i> | 5359 | 15.59 | 4.84 | 0.71 | 21.14 | 19.90 | 25.22 | 47.74 |
| | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm |
| | 0.11 | 0.86 | 0.56 | 0.06 | 1.03 | 0.08 | 0.08 | 0.16 |
| <i>G-CONTROL</i> | 15.70 | 1.03 | 0.82 | 0.12 | 1.97 | 0.97 | 0.15 | 0.07 |
| | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm |
| | 0.17 ^b | 0.04 ^b | 0.02 ^b | 0.01 ^b | 0.05 ^b | 0.02 ^b | 0.02 ^c | 0.11 ^c |
| <i>G-23%</i> | 675 | 4.36 | 2.07 | 0.33 | 6.76 | 5.67 | 3.43 | 7.45 |
| | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm | \pm |
| | 0.08 ^a | 0.20 ^a | 0.14 ^a | 0.04 ^a | 0.25 ^a | 0.12 ^a | 0.12 ^b | 0.06 ^b |

*GAE - equivalente de ácido gálico. TE - equivalente de Trolox. ** Letras superíndice diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas. El análisis se realizó solo entre las muestras de galletas.

Los resultados sugieren una incorporación significativa de compuestos fenólicos en las galletas que contienen harina compuesta, ya que el valor aumentó de 15.70 ± 0.17 mg GAE/100 g de harina en la muestra de control a 675 ± 0.08 mg GAE/100 g de harina en las galletas con adición del 23% de HCM, respectivamente. Las galletas G-23%% exhibieron valores de concentración de polifenoles más altos que los reportados en galletas elaboradas

con harina de diferentes tipos de maíz (Žilić et al., 2016), palma amazónica (*Bactris gasipaes*, Kunt) (José de Souza Santos et al., 2023) e incluso harina de semilla de mahaleb (Özcan et al., 2023).

La vitamina E se considera un antioxidante importante que reduce el estrés oxidativo en el cuerpo y la predisposición a enfermedades crónicas como la diabetes (Pamunuwa et al., 2023). En consecuencia, ha surgido interés en la formulación de alimentos cotidianos como bebidas, barras, margarinas, panes y productos lácteos, entre otros (Pandya et al., 2019). La concentración de vitamina E en las muestras de harina de cáscara de mango (HCM), galletas de control y galletas con sustitución parcial de harina de trigo se muestra en la Tabla 4. Los resultados indican que la HCM es rica en tocoferoles, especialmente α -tocoferol (15.59 ± 0.86 mg/100 g de muestra), seguido de γ -tocoferol (4.84 ± 0.56 mg/100 g de muestra) y δ -tocoferol (0.71 ± 0.06 mg/100 g de muestra). En cuanto a la concentración total de vitamina E en las galletas, se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) en las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango, aumentando de 1.97 ± 0.05 mg/100 g de muestra en las galletas de control (G-control) a 6.76 ± 0.25 mg/100 g de muestra en las G-23%. Este aumento ocurrió a pesar del proceso de horneado de las galletas, ya que varios autores han reportado que los tocoferoles son altamente sensibles a las condiciones ambientales (Fan et al., 2023). Este fenómeno sugiere que una porción significativa de los tocoferoles presentes en las cáscaras de mango Ataulfo se conservó en su fracción lipídica, donde interactúan con diferentes lípidos (Munné-Bosch, 2019); esta fracción se incorporó eficientemente en las galletas, como se demostrará más adelante.

En cuanto a la actividad antioxidante, se observó un aumento notable en esta propiedad biológica en las galletas formuladas con harina compuesta en comparación con las galletas elaboradas con harina de trigo (G-control). Específicamente, en la capacidad de captación del radical ABTS, las galletas con inclusión de harina de mango, G-23%, exhibieron valores de 3.43 ± 0.12 μ mol TE/g de muestra (Tabla 3); mientras que la capacidad de las galletas de control para captar este radical se mantuvo alrededor de 0.15 μ mol TE/g de

muestra. Las galletas G-23%% presentaron valores de captación del radical DPPH de $7.45 \pm 0.06 \mu\text{mol TE/g}$ de muestra, mientras que, en las galletas de control, la capacidad fue de $0.07 \pm 0.11 \mu\text{mol TE/g}$ de muestra. Los resultados obtenidos para las galletas elaboradas con cáscaras de mango (G-23%%) fueron más altos que los reportados por Mai et al., (2023) al incluir harina de cáscara de pitahaya en formulaciones de galletas. A partir de estos resultados, se puede inferir que las galletas formuladas con cáscaras de mango exhibieron una mayor capacidad para estabilizar el radical DPPH en comparación con el radical ABTS. Este fenómeno puede sugerir la presencia de compuestos fenólicos hidrofílicos (Castañeda-Valbuena et al., 2021), como el ácido gálico, uno de los principales constituyentes fenólicos de esta materia prima (Tacias-Pascacio et al., 2022). Estos resultados sugieren que las cáscaras de mango de la variedad Ataúlfo son una alternativa económica para producir alimentos funcionales con propiedades nutracéuticas potenciales.

Perfil de Ácidos Grasos

La composición de ácidos grasos de la harina de cáscara de mango (HCM) y las muestras de galletas (G-control y G-23%%) se presenta en la Tabla 4. En términos generales, el contenido de ácidos grasos en las galletas G-23%% muestra una reducción significativa en los ácidos grasos saturados (SFA), disminuyendo de 24.9 a 14.29 cuando se sustituye la harina de trigo por un 23% de HCM.

Lo anterior demuestra que la harina de cáscara de mango Ataúlfo, como sustituto parcial en la producción de galletas, representa un beneficio para el consumidor final, ya que podría reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares relacionadas con el consumo de grasas saturadas (L. A. T. Santos et al., 2015).

Tabla 4. Composición de ácidos grasos (%) de la harina de cáscara de mango (HCM) y las muestras de galletas (G-control y G-23%).

| <i>o graso</i> | <i>HCM</i> | <i>G-control</i> | <i>G-23%</i> |
|---|--------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Ácido mirístico (C14:0)</i> | 3.19 ± 0.5 | 0 ± 0 a | 0 ± 0 a |
| <i>Ácido palmítico (C16:0)</i> | 28.67 ± 3.32 | 9.69 ± 2.65 ^a | 10.18 ± 0.88 ^a |
| <i>Ácido palmitoleico (C16:1)</i> | 9.16 ± 1.65 | 0 ± 0 ^b | 1.26 ± 0.32 ^a |
| <i>Ácido esteárico (C18:0)</i> | 2.33 ± 0.44 | 3.1 ± 0.46 ^a | 3.24 ± 0.11 ^a |
| <i>Ácido oleico (C18:1 n9c)</i> | 18.77 ± 0.65 | 37.34 ± 7.3 ^a | 35.07 ± 0.49 ^a |
| <i>Ácido linoleico (C18:2 n6c)</i> | 11.81 ± 7.7 | 45.65 ± 10.8 ^a | 44.43 ± 0.64 ^a |
| <i>Ácido araquídico (C20:0)</i> | 0 ± 0 | 0.41 ± 0.04 ^a | 0.43 ± 0.01 ^a |
| <i>Ácido linolénico (C18:3 n3)</i> | 25.46 ± 1.9 | 2.86 ± 0.32 ^b | 4.4 ± 0.05 ^a |
| <i>Ácido cis-11-eicosenoico (C20:1)</i> | 0 ± 0 | 0.58 ± 0.03 ^a | 0.57 ± 0.03 ^a |
| <i>Ácido heneicosanoico (C21:0)</i> | 0.65 ± 0.14 | 0 ± 0 ^a | 0 ± 0 ^a |
| <i>Ácido behénico (C22:0)</i> | 0 ± 0 | 0.41 ± 0.03 ^a | 0.45 ± 0.01 ^a |
| <i>SFA</i> | 34.83 | 24.91 ^a | 14.29 ^a |
| <i>MUFA</i> | 27.92 | 37.42 ^a | 36.8 ^a |
| <i>PUFA</i> | 37.24 | 48.5 ^a | 48.82 ^a |
| <i>PUFA/SFA</i> | 1.07 | 2.8 ^a | 3.42 ^a |
| <i>(MUFA+PUFA)/SFA</i> | 1.87 | 6.5 ^a | 6.00 ^a |

* Letras superíndice diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas.

El análisis se realizó solo entre las muestras de galletas. **Abreviaturas: MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos polinsaturados; SFA: ácidos grasos saturados.05) en este índice de calidad lipídica entre las galletas de control y las formuladas con harina a base de HCM.

A pesar de que la HCM tiene un bajo contenido de grasas de solo un 3%, la sustitución del 23% de la harina de trigo por HCM introduce significativamente dos ácidos grasos clave en las galletas.

El primero es el ácido palmitoleico (C16:1), que no se detectó en las galletas de control (G-control) pero se encontró en las galletas formuladas con adición de HCM, con valores de $1.26\% \pm 0.32$ para las G-23%.

El otro ácido graso cuya concentración aumentó en las galletas con HCM fue el ácido linolénico (C18:3 n3), cuyo valor aumentó en más del 50% en la muestra G-23% en comparación con la muestra de control (G-control).

El ácido linoleico (C18:2 n6) beneficia a las galletas G-23%, ya que es un ácido graso poliinsaturado de importancia para la salud cardiovascular humana (Bakhtiar et al., 2024). La presencia de ácido linoleico en las galletas elaboradas con HCM puede explicar por qué estos productos contienen más de 8 veces la concentración de PUFA en comparación con las galletas de control.

El índice PUFA/SFA evalúa el impacto de los alimentos en la salud cardiovascular. En este sentido, cuanto mayor sea esta relación, se asume un mejor efecto sobre la salud (J. Chen & Liu, 2020).

En este estudio, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre las galletas de control y las elaboradas con harina a base de HCM. Sin embargo, los valores del índice PUFA/SFA de las galletas G-23% fueron más altos que los reportados para la leche de vaca (Mierlița, 2018) y los filetes y piel de carpa (Skalecki et al., 2020), lo que demuestra que estas galletas pueden representar un beneficio para la salud de los consumidores.

La relación de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) con los ácidos grasos saturados (SFA) en los alimentos se ha sugerido como un indicador más confiable del impacto de las grasas dietéticas en la salud humana. Valores más altos de esta relación están asociados con efectos beneficiosos para la salud (Ramos-Aguilar et al., 2021). La relación de (MUFA + PUFA)/SFA en las muestras analizadas osciló entre 1.87 y 6.50, como se detalla en la Tabla 4. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas (p)

CONCLUSIONES

Esta investigación demostró que hasta un 23% de harina de cáscara de mango Ataúlfo (HCM) puede incorporarse en formulaciones de galletas como reemplazo de la harina de trigo sin afectar negativamente los atributos sensoriales del producto.

Esta sustitución produce un alimento tecnológicamente viable y nutricionalmente mejorado. En comparación con las galletas de control, aquellas que contienen un 23% de HCM (G-23%) exhibieron más del doble de contenido de fibra dietética y un aumento significativo en biomoléculas de relevancia nutracéutica, incluyendo tocoferoles, compuestos fenólicos, carotenoides y ácidos grasos poliinsaturados.

En consecuencia, las galletas con HCM mostraron mayores niveles de actividad antioxidante. Colectivamente, estos hallazgos indican que la sustitución parcial de la harina de trigo por un 23% de HCM es un enfoque prometedor para producir galletas ricas en nutracéuticos adecuadas para el consumo humano sin comprometer la aceptabilidad del consumidor, y una excelente alternativa para revalorizar los residuos producidos por la industria del mango, en línea con el concepto de bioeconomía circular.

PROPUESTAS Y/O RECOMENDACIONES

- Fomentar la reutilización biológica de desechos de frutas y verduras
- Diseñar técnicas óptimas de procesamiento de cáscaras frutas para la creación de nuevos productos.
- Realizar un estudio de factibilidad para determinar si la producción de harina de cáscara de mango a gran escala es rentable para el mercado.

GLOSARIO

Antioxidantes: Son sustancias naturales o fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daños a las células. Se encuentran en muchos alimentos, incluyendo frutas y verduras. También se encuentran disponibles como suplementos dietéticos. Su función principal es frenar las reacciones de oxidación en las células a partir de las cuales se originan los nocivos radicales libres. Por tanto, su papel es clave en la reducción de enfermedades cardiovasculares, de tumores y de enfermedades neurodegenerativas.

Compuestos fenólicos: Son compuestos aromáticos, que, junto a los flavonoides, le confieren a los propóleos sus usos y aplicaciones biológicas; los principales compuestos fenólicos de los propóleos son: ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido benzoico, ésteres de ácido cafeico, como el CAPE (feniletil éster del ácido cafeico, por sus siglas en inglés), entre otros. Tienen propiedades antioxidantes y pueden impactar en la prevención del daño oxidativo relacionado con el inicio de diversas enfermedades, la mayoría de estos compuestos son bioaccesibles y biodisponibles mediante vías mecánicas enzimáticas y químicas.

Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC): Es una técnica analítica que permite separar mezclas complejas de sustancias de procedencia diversa, con el propósito de identificarlas, cuantificarlas y purificarlas. La muestra de mezclas se hace pasar junto con un disolvente líquido a alta presión a través de una columna llena de un material absorbente sólido. La presión en el sistema se eleva con la ayuda de bombas, los resultados aparecen en forma de cromatogramas para su posterior comparación con valores preestablecidos.

Carotenoides: son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides que se encuentran de forma natural en plantas responsables de dar la coloración y en otros organismos fotosintéticos como algas, algunos tipos de hongos y bacterias. Estos compuestos, como el α y β -caroteno, así como la β -criptoxantina, son provitaminas A. No obstante, estudios recientes han puesto de manifiesto las propiedades antioxidantes de estos pigmentos, así como su eficacia en la prevención de ciertas enfermedades del ser humano, como la aterosclerosis o incluso el cáncer.

Capacidad antioxidante total (CAT): Se define como el potencial de una sustancia o compuesto para inhibir o dificultar la oxidación de un sustrato hasta en cantidades muy pequeñas (< 1%, comúnmente 1-1,000 mg/L).

Fenoles totales: Se determina mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, el cual se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765nm y el resultado se expresa en equivalentes de ácido gálico (GAE)

Fibra cruda: Término usado ampliamente hasta hace poco tiempo, especialmente en la nutrición animal y en el análisis de alimentos para humanos. Se entiende por FC a todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en ácido y otra en medio alcalino. El principal componente de la FC es la celulosa (90%), hemicelulosas y lignina. Estos componentes, conforman en su mayoría la fracción insoluble de la fibra.

Polifenoles: Son compuestos bio-sintetizados por las plantas (sus frutos, hojas, tallos, raíces, semillas u otras partes). Todos los polifenoles exhiben propiedades antioxidantes. Estos compuestos dan cuenta de la mayor parte de la actividad antioxidante que exhiben las

frutas, las verduras y ciertas infusiones y bebidas naturales habitualmente consumidas por la población. (Quiñones M, 2012).

Radicales libres: son moléculas inestables elaboradas durante el metabolismo normal de las células (cambios químicos que ocurren en una célula). Los radicales libres a veces se acumulan en las células y dañan otras moléculas. Es posible que este daño aumente el riesgo de cáncer y otras enfermedades.

Radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH): Es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa. El 2,2-difenil-1-picrilhidracilo es un compuesto químico formado por moléculas estables de radicales libres. Se utiliza en las determinaciones de poder antioxidante gracias a su capacidad de aceptar un átomo de hidrógeno por parte de un agente antioxidante.

Radical ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS): Es un compuesto químico utilizado para observar la cinética de reacción de enzimas específicas. Un uso común es en el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas para detectar la unión de moléculas entre sí. Este método evalúa la actividad antioxidante equivalente a Trolox

(TEAC): Se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reacción del radical ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS^{•+}) con el antioxidante presente en la muestra.

Trolox: Es un compuesto químico (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), es un análogo de la vitamina E soluble en agua y ha demostrado proteger las células mamíferas del daño oxidativo.

REFERENCIAS

- Abdul Aziz, N. A., Wong, L. M., Bhat, R., & Cheng, L. H. (2012). Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var. Chokanan) in terms of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 557–563. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4606>.
- Ángeles, F. C., Zavala, L. Z., Santos, R. M., Vélez, M. D. P. M., Rodríguez, F. M. T., & Reyes, Y. C. (2020). comparación de fenoles y capacidad antioxidante de cáscara, semilla de mango criollo deshidratado con microondas1 [comparison of phenols and skin antioxidant capacity, handle seed dehydrated criollo with microwave]. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 7(1), 10
- Aguilar, L. S. (octubre de 2014). Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (*Mangifera indica* L.). Recuperado 12 de agosto de 2017, de: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3374>.
- Alcerd, s., el colegio, d. l. f. s., Tapachula, c., Rodeva, s., & verde, s. h. proyecto de norma oficial mexicana proy-nom-188-scfi-2012, mango Ataúlfo del soconusco Chiapas especificaciones y métodos de prueba prefacio.
- Asif, A., Farooq, U., Akram, K., Hayat, Z., Shafi, A., Sarfraz, F., Sidhu, M. A. I., Rehman, H. U., & Aftab, S. (2016). Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes. *Trends in Food Science & Technology*, 53, 102–112. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.05.004>
- Ajila, C. M., & Prasada Rao, U. J. S. (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>

Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Prasada Rao, U. J. S. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 319–326. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2007.10.001>

Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Prasada Rao, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006–1011. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.06.036>

Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., & Rao, U. J. S. P. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 219–224. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2009.10.004>

Artica Arroyo, M. (2008). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de cáscara de mango criollo de Satipo (*Mangifera indica* L.).

Aguilar, L. S. (octubre de 2014). Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (*Mangifera indica* L.). Recuperado 12 de agosto de 2017, de: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3374>

Ángeles, F. C., Zavala, L. Z., Santos, R. M., Vélez, M. D. P. M., Rodríguez, F. M. T., & Reyes, Y. C. (2020). comparación de fenoles y capacidad antioxidante de cáscara, semilla de mango criollo deshidratado con microondas1 [comparison of phenols and skin antioxidant capacity, handle seed dehydrated criollo with microwave]. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 7(1), 10

Atoche Chauca, L. S., & García Siu, M. W. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales (cáscara de mango) para la formulación de cupcakes.

Bertha, C. T., Alberto, S. B. J., Tovar, J., Sáyago-Ayerdi, S. G., & Zamora-Gasga, V. M. (2019). In Vitro Gastrointestinal Digestion of Mango By-Product Snacks: Potential Absorption of Polyphenols and Antioxidant Capacity. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(11), 3091–3098. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14224>

Barrón-García, OY, Gaytán-Martínez, M., Ramírez-Jiménez, AK, Luzardo-Ocampo, I., Velazquez, G., & Morales-Sánchez, E. (2021). Caracterización fisicoquímica e inactivación de polifenol oxidasa de pulpa de mango Ataúlfo pasteurizada mediante procesos de calentamiento convencional y óhmico. *Lwt*, 143, 111113.

Champo, V., & Walberto, N. (2015). Tecnología para la elaboración de harina de mango (*Mangifera indica*), y harina compuesta de mango y yuca (*Manihot esculenta*), para consumo humano (Doctoral dissertation).

De León Monzón, R. M. (2019). Determinación de la Estabilidad en la Capacidad Antioxidante de la Harina del Epicardio de Mango (*Mangifera indica*) (Doctoral dissertation, USAC).

De Lourdes García-Magaña, M., García, HS, Bello-Pérez, LA, Sáyago-Ayerdi, SG, & de Oca, MMM (2013). Propiedades funcionales y caracterización de fibra dietética de subproductos del procesamiento de mango (*Mangifera indica* L., cv Ataúlfo y Tommy Atkins). *Alimentos vegetales para la nutrición humana*, 68, 254-258.

Espinoza, L. M. J., & González, J. S. (2015). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de la harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedad “Criollo” procedente de la provincia de Sullana en Piura.

ENSANUT. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino.

- González-Aguilar, GA, Robles-Sánchez, RM, Islas-Osuna, MA, Astiazarán-García, H., Vázquez-Ortiz, FA, Martín-Belloso, O., & Gorinstein, S. (2009). Índice de calidad, aceptabilidad del consumidor, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de mangos "ataulfo" (*Mangifera Indica L.*) recién cortados afectados por el almacenamiento a baja temperatura. *Revista de ciencia de los alimentos*.
- Hilaza, D. (2019). *Diseño De Un Plan De Negocios Para La Creación De Una Empresa Productora De Galletas A Partir De Harina De Cáscara De Mango* (Doctoral Dissertation, Universidad Tecnológica De Bolívar).
- Hernández, R. E., & Céspedes, J. (2020). Bioeconomía: una estrategia de sostenibilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 126-133.
- Khalid, F., Nawaz, H., Hanif, M. A., Rehman, R., & Al-Sadi, A. M. (2020). Mango. *Medicinal Plants of South Asia*, 495–508. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102659-5.00037-9>
- López Paz, R. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) por cáscara de mango (*mangifera indica L.*) var. kent en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces.
- Lourdes García-Magaña, M., García, H. S., Bello-Pérez, L. A., Sáyago-Ayerdi, S. G., & de Oca, M. M.-M. (2013). Functional Properties and Dietary Fiber Characterization of Mango Processing By-products (*Mangifera indica L.*, cv Ataulfo and Tommy Atkins). *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(3), 254–258. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0364-y>

- Maldonado-Celis, ME, Yahia, EM, Bedoya, R., Landázuri, P., Loango, N., Aguillón, J., ... & Guerrero Ospina, JC (2019). Composición química del fruto del mango (*Mangifera indica* L.): compuestos nutricionales y fitoquímicos. *Fronteras en la ciencia vegetal*, 10 , 1073.
- Mendoza-Hernández, C., Rosas-Quijano, R., Vázquez-Ovando, A., & Gálvez-López, D. (2020). Retos y controversias del mango Ataúlfo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), 1633-1645.
- Muñoz, P., y Munné-Bosch, S. (2019). Vitamina E en plantas: biosíntesis, transporte y función. *Tendencias en la ciencia vegetal*, 24 (11), 1040-1051.
- Moreno Rojo, C. (2017). Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*Mangifera Indica* L.), variedad Kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde.
- Monzón, R. (2019). Determinación de la estabilidad en la capacidad antioxidante de la harina del epicarpio de mango.
- Mellado-Vázquez, A., Salazar-García, S., Goenaga, R., & López-Jiménez, A. (2019). Evaluación de la remoción de nutrimentos por el fruto de cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) para el mercado de exportación en varias regiones productoras de México. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 437-447.
- National Mango Board. 2017. Informe anual 2017. <http://www.mango.org>. [Links.
- Nabi, BG, Mukhtar, K., Ahmed, W., Manzoor, MF, Ranjha, MMAN, Kieliszek, M., ... y Aadil, RM (2023). Pigmentos naturales: Antocianinas, carotenoides, clorofilas y betalaínas como colorantes en productos alimenticios. *Food Bioscience* , 52 , 102403.

- Ortiz Gavela, D. C. (2018). Estudio de la utilización de residuos industriales del procesamiento de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) y la adición de la enzima celulasa en pan de molde (Bachelor's thesis, Quito).
- Park, J. y Floch, MH (2007). Prebióticos, probióticos y fibra dietética en enfermedades gastrointestinales. *Clínicas de Gastroenterología de América del Norte*, 36 (1), 47-63.
- Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). Harinas De Frutas Y/O Leguminosas Y Su Combinación Con Harina De Trigo. *Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos*, 8(1), 94-102.
- Tecnología y Desarrollo (Trujillo), 13(1), 23-26. Serna Cock, L., & Torres León, C. (2015). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins.
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., & Sirichakwal, P. P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of food composition and analysis*, 21(3), 241-248.
- Preciado-Saldaña, A. M., Domínguez-Avila, J. A., Ayala-Zavala, J. F., Astiazaran-Garcia, H. F., Montiel-Herrera, M., Villegas-Ochoa, M. A., González-Aguilar, G. A., & Wall-Medrano, A. (2022). Mango “Ataulfo” Peel Extract Improves Metabolic Dysregulation in Prediabetic Wistar Rats. In *Life* (Vol. 12, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/life12040532>.
- Rivas-Robles, E., Posada-Toledo, A., Vela-Gutiérrez, G., & Vargas-Ortiz, M. A. (2020). Evaluación fisicoquímica y determinación sensorial de frutos descartados de *Mangifera indica* L. variedad Ataulfo en Acapetahua, Chiapas, México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(1).

Santos, D., Lopes da Silva, J. A., & Pintado, M. (2022). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*, 154, 112707. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707>

Sencara Valencia, M. E., Tacza Yupanqui, H. L., & Yance Pichiule, M. K. (2018). Obtención y caracterización de fibra dietética a partir de la cáscara de mango Haden.

Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales.

SIAP. 2017. Mango: rey de las frutas tropicales. <https://www.gob.mx/siap/articulos/mango-rey-de-las-frutas-tropicales>.

Tariq, A., Arif, ZU, Khalid, MY, Hossain, M., Rasool, PI, Umer, R. y Ramakrishna, S. (2023). Avances recientes en la fabricación aditiva de polímeros blandos sensibles a estímulos. *Advanced Engineering Materials* , 25 (21), 2301074.

Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). Harinas De Frutas Y/O Leguminosas Y Su Combinación Con Harina De Trigo. *Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos*, 8(1), 94-102.

Tecnología y Desarrollo (Trujillo), 13(1), 23-26. Serna Cock, L., & Torres León, C. (2015). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins.

Vásquez, D. C., Galicia, V. S., & Hincapié Ll, C. A. (2014). Propiedades Técnico-Funcionales De La Fibra Dietaría De Cáscaras De Mango Variedad hilacha (*Mangifera Indica* L.): Efecto Del Secado Por Convección. *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 12(1), 153-160

Velázquez-Paniagua, M.; Prieto-Gómez, B.; Conteras-Pérez, R. (2004). El envejecimiento y los radicales libres. *Ciencias. Revista en línea: Redalyc (Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal)*. 75: p. 36-43.

Yahia, EM, de Jesús Ornelas-Paz, J., Brecht, JK, García-Solís, P., & Celis, MEM (2023). La contribución del fruto del mango (*Mangifera indica* L.) a la nutrición y la salud humana. *Revista Árabe de Química* , 16 (7), 104860.

ANEXOS Y/ APÉNDICES

Anexo I. Equipos y materiales



Extractor de grasas Soxhlet



Bacula analítica



Campana extractora de gases



Centrifuga digital refrigerada



Sonicador ultrasónico



Espectrofotómetro UV/VIS

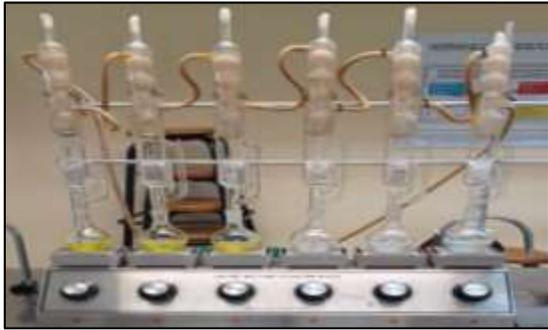
Anexo II. Análisis proximal de la harina de Cáscara de mango



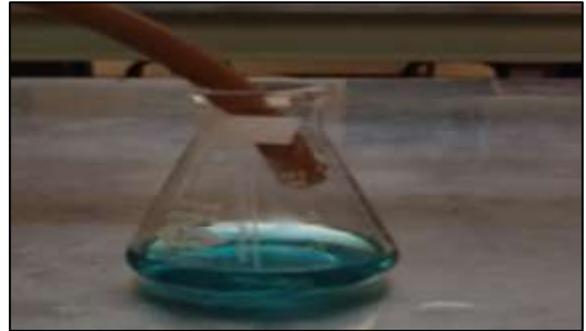
Harina de cáscara de mango



Cenizas



Extracción de lípidos



Proteínas

Anexo III. Análisis nutraceúutico de la harina de Cáscara de mango



Pulverización de las muestras.



Reactivos



Diluciones de las muestras



Muestras seleccionadas

Anexo IV. Análisis sensorial de galletas.



Evaluación de las muestras



Galletas con HCM

