iPSUMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / I.T. DE MILPA ALTA, MÉXICO

ARTÍCULO

Efecto de la cáscara de mango criollo en la calidad de una galleta tipo soda

Effect of Criollo Mango Peel on the quality of a soda cracker

CÁSCARA DE MANGO CRIOLLO

GALLETA TIPO SODA

CALIDAD NUTRICIONAL

APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS

ISSN: 2594-2905
Vol. 9, No. 2
julio - diciembre 2026

AUTORES


Erika López-Aranda


Jamila Lucia Ojeda-Sánchez


Anabel Romero Cruz


Jorge Bello Martínez


Alexis Vázquez Villa









doi https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v9i2.478

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TecNM®
Instituto Tecnológico de Milpa Alta

EDUCACIÓN
IPSUMTEC
ISSN: 2594 - 2905

EFECTO DE LA CÁSCARA DE MANGO CRIOLLO EN LA CALIDAD DE UNA GALLETA TIPO SODA

Effect of Criollo Mango Peel on the quality of a soda cracker

https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v9i2.478

DATOS DE AUTORES E IDENTIFICACIÓN

Erika López-Aranda[1]*, Jamila Lucía Ojeda-Sánchez[2], Anabel Romero-Cruz[3], Jorge Bello-Martínez[4], Alexis Vázquez-Villa [5]

1	*Erika López-Aranda* *TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, México* *erika.lopez@itsao.edu.mx (Autor de correspondencia)* *ORCID: https://orcid.org 0000-0003-1424-2927*
2	*Jamila Lucia Ojeda-Sánchez* *TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, México* *211212011@acatlan.tecnm.mx* *ORCID: https://orcid.org/ 0009-0003-7258-6696*
3	*Anabel Romero Cruz* *TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, México* *anabel.romero@itsao.edu.mx* *ORCID: https://orcid.org/ 0000-0003-1142-9251*
4	*Jorge Bello Martínez* *Universidad Autónoma de Guerrero, México* *belloj@uagro.mx* *ORCID: https://orcid.org/ 0000-0001-6014-0855*
5	*Alexis Vázquez Villa* *TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, México* *alexis.vv@itsao.edu.mx* *ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1729-8240*

Check for updates

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

Disciplina:	*[X] Gestión Tecnológica e Innovación Industrial*

RESUMEN

Resumen-- Las galletas son productos de amplia aceptación y consumo, constituyen una matriz adecuada para incorporar ingredientes con valor nutricional y funcional. El propósito de esta investigación fue evaluar las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales de una galleta tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo (Mangifera indica L.). A partir de la formulación base (F0), se elaboraron cuatro formulaciones de galletas (F1, F2, F3 y F4) con distinto niveles de sustitución de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo (PCM): 12.5, 15.0 y 17.5%, respectivamente. Después de una prueba de aceptación, las tres formulaciones mejor evaluadas (F2, F3 y F4) se analizaron para determinar sus características fisicoquímicas, contenido fenólico y actividad antioxidante mediante ensayos de DPPH y ABTS. La evaluación sensorial del aroma, sabor, color y textura se realizó empleando una escala hedónica de 5 puntos.

Fecha de Recepción: 13/07/2026 | Fecha de Aceptación: 18/09/2026 | Fecha de Publicación: 23/10/2026

La sustitución parcial de harina de trigo por PCM tuvo un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de las galletas tipo soda. En comparación con la galleta de control, la formulación F4 presentó mayores niveles de fibra dietética total, fenoles totales y actividad antioxidante. A medida que aumentó el nivel de sustitución, disminuyó la valoración de atributos como sabor, aroma y textura. Sin embargo, la formulación con mayor aceptación fue F3, elaborada con 17.5% de PCM. Estos resultados indican que la incorporación de este subproducto del mango criollo mejora las propiedades nutricionales y funcionales de las galletas sin comprometer de forma importante su aceptabilidad sensorial.

Por lo tanto, el uso de polvo de cáscara de mango criollo representa una alternativa viable para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y para el desarrollo de alimentos funcionales con potencial beneficio para la salud.

Palabras Clave-- actividad antioxidante, alimento funcional, compuestos fenólicos, fibra dietética, galleta.

ABSTRACT (INGLÉS)

Abstract-- Cookies are widely accepted and consumed products, providing a suitable matrix for incorporating ingredients with nutritional and functional value. The purpose of this research was to evaluate the nutritional, functional, and sensory properties of a soda-type cracker made with partial substitution of wheat flour with powdered peel of native mango (Mangifera indica L.). Starting from the base formulation (F0), four cookie formulations (F1, F2, F3, and F4) were developed with different levels of substitution of wheat flour with powdered peel of native mango (PCM): 12.5%, 15.0%, and 17.5%, respectively. After an acceptance test, the three best-performing formulations (F2, F3, and F4) were analyzed to determine their physicochemical characteristics, phenolic content, and antioxidant activity using DPPH and ABTS assays. The sensory evaluation of aroma, flavor, color, and texture was performed using a 5-point hedonic scale.

Partial substitution of wheat flour with mango peel powder (MPP) had a significant effect on the physicochemical, functional, and sensory properties of soda crackers. Compared to the control cracker, formulation F4 showed higher levels of total dietary fiber, total phenols, and antioxidant activity. As the level of substitution increased, the ratings of attributes such as flavor, aroma, and texture decreased. However, the formulation with the highest consumer acceptance was F3, made with 17.5% MPP. These results indicate that incorporating this byproduct of the native mango improves the nutritional and functional properties of the crackers without significantly compromising their sensory acceptability.

Therefore, the use of mango peel powder represents a viable alternative for utilizing agro-industrial byproducts and for developing functional foods with potential health benefits.

Keywords-- antioxidant activity, cookie, dietary fiber, functional food, phenolic.

INTRODUCCIÓN

El acelerado ritmo de vida de la sociedad actual determina un patrón de consumo encaminado a una ingesta elevada de alimentos ultraprocesados de bajo valor nutritivo, con elevados porcentajes de grasas saturadas, azúcares refinados, conservadores y elevado contenido calórico [1,2,3,4]. Este patrón de consumo, junto con el rápido desarrollo de la sociedad moderna, han aumentado la cantidad de pacientes con enfermedades crónicas no transmisibles (ENT), entre las que se incluyen a la obesidad, diabetes, cáncer, enfermedades intestinales, entre otras [5].

Para el 2023, la Organización Panamericana de la Salud [6] reportó que las ENT han cobrado la vida de 41 millones de personas cada año, lo que equivale al 71% de las muertes que se producen en el mundo. En América Latina, aproximadamente 5.5 millones de personas mueren anualmente por ENT. Se estima que entre 30 y 40% de las muertes por cáncer son atribuibles a factores dietéticos. Además, de las muertes causadas por enfermedades crónicas en personas menores de 65 años, un tercio de estas se relacionan con la alimentación [7], esto evidencia una conexión entre la dieta, el consumo de nutrientes y el desarrollo de enfermedades crónicas, debido principalmente a la falta de consumo de alimentos funcionales [8], tal como lo han demostrado diversas investigaciones relacionadas.

En los últimos años el consumidor ha presentado una tendencia creciente hacia los alimentos funcionales, los cuales no solo aportan valor nutritivo, sino que además poseen un valor agregado con efectos fisiológicos positivos para el organismo [9]. Estos alimentos se destacan por su elevado contenido de antioxidantes y fibra dietética [10], además de ser convenientes para un fácil consumo, almacenamiento y manipulación [7].

La fibra dietética se considera como un grupo de carbohidratos complejos que no puede ser digerido por el organismo humano, está asociada con micronutrientes (Vitamina C, Vitamina E, Se, Zn, Mg y Cu) y compuestos bioactivos, principalmente polifenoles poliméricos y polifenoles de bajo peso molecular. La ingesta adecuada de fibra dietética con capacidad antioxidante se relaciona con la reducción del riesgo de diversas enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo [11, 12, 13]. Entre ellas se encuentran las enfermedades cardiovasculares (ECV) [14], infarto de miocardio [15, 16], hipertensión [5, 15], índice glucémico, diabetes tipo 2 [5, 14] y algunos tipos de cáncer [5, 14, 15], ciertas enfermedades gastrointestinales [16], niveles de colesterol sérico [5, 17], además se ha asociado con la pérdida de peso corporal [5, 11, 14, 15].

Las galletas tienen alta aceptabilidad entre los grupos de todas las edades debido a la variedad de tipos, formas, composiciones y calidades nutricionales, lo que las hacen ser un alimento con gran demanda, muy versátil y con bajo costo de producción [17, 19]. Además de ser alimentos de consumo masivo y fáciles de elaborar, las galletas son consideradas un vehículo de nutrientes esenciales para el ser humano [7, 4, 18, 20]. Se ha observado que su contenido nutricional aumenta de acuerdo con la materia prima utilizada, por ello se han incorporado a las formulaciones harinas de soya, germen de trigo, leguminosas, frutas, extractos acuosos, subproductos (cáscara, semillas) y harinas no convencionales. Estos ingredientes permiten mejorar no solo el aporte proteico [7, 21], sino también el contenido de fibra dietética [22, 24, 25, 26, 27], almidón resistente [28] y componentes antioxidantes convirtiéndolas en alimentos funcionales sin afectar la calidad sensorial [21].

El mango se encuentra entre las frutas de mayor consumo a nivel mundial. El fruto del mango criollo (*Manifera indica L.*) se caracteriza por su color amarillo y base rojiza, además posee pulpa firme y uniforme. Su cáscara es el principal subproducto del procesamiento [29], corresponde aproximadamente entre el 15 y 20% del peso total de la fruta fresca [1, 35] y se considera como una buena fuente de componentes bioactivos como fibra dietética, compuestos con actividad antioxidante como polifenoles [31], carotenoides, vitamina E y vitamina C, así como enzimas [29, 30, 35]. Además, es una fuente de pectina, celulosa, hemicelulosa, lípidos y proteínas [30]. Por lo anterior, se considera que la incorporación de cáscara de mango criollo (Mangifera indica L.) como sustituto parcial de harina de trigo en formulaciones de galletas tipo soda puede mejorar las propiedades nutricionales y funcionales del producto, debido a su contenido de fibra y compuestos bioactivos, sin afectar significativamente la aceptabilidad sensorial de las galletas.

La Organización Mundial de la Salud [32] recomienda que los adultos consuman diariamente entre 25 y 35 gramos de fibra dietética. Sin embargo, la población mexicana solamente consume de 16 a 18 g de fibra dietética por día, es decir, solo tres cuartas partes de lo recomendado [35, 36]. Este proyecto tuvo como objetivo evaluar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de una galleta tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo (*Mangifera indica L.)* para que sea considerada como una alternativa para mantener una buena salud y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas relacionadas con una ingesta insuficiente de fibra y componentes bioactivos, aprovechando la cáscara de un fruto que tiene poca escala comercial en la región productoras de este fruto.

METODOLOGÍA

Declaración de IA Generativa

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa ni tecnologías asistidas por IA para la redacción del manuscrito, el análisis de los datos o la creación de contenido original. Todo el trabajo fue realizado íntegramente por los autores de manera convencional.

Responsabilidad

Como autor de este manuscrito, asumo la responsabilidad total por la veracidad y exactitud de los datos presentados, garantizando que toda la información ha sido verificada mediante fuentes primarias para evitar la generación de "alucinaciones" o datos ficticios derivados de procesos automatizados. Asimismo, declaro que el análisis se ha realizado bajo criterios de objetividad y neutralidad, implementando protocolos de revisión cruzada para identificar y mitigar posibles sesgos cognitivos o algorítmicos, asegurando así que las conclusiones reflejen fielmente la realidad técnica observada sin distorsiones.

Diseño de investigación

Esta investigación siguió un diseño experimental del tipo completamente al azar, en el que se varió el porcentaje de sustitución de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo para evaluar su efecto en las propiedades fisicoquímicas, funcionales y características sensoriales de galletas tipo soda. A partir de una formulación base (F0), se elaboraron varias formulaciones con distintos niveles de sustitución para comparar los tratamientos a través de análisis de varianza.

El estudio tiene un alcance explicativo, ya que busca establecer la relación causa-efecto entre la incorporación del polvo de mango criollo y los cambios en propiedades fisicoquímicas, fibra dietética, compuestos fenólicos, color y aceptación sensorial de las galletas. Además, es una investigación aplicada porque utiliza conocimientos científicos para desarrollar un alimento funcional a partir de un subproducto agroindustrial.

Así, este diseño permite responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango en el contenido nutricional, aporte funcional y características sensoriales de una galleta tipo soda?

Justificación muestral

En esta investigación se contempló tres tipos de muestra: 1) las muestras experimentales de galletas empleadas para los análisis fisicoquímicos y funcionales, 2) los participantes que integraron el panel de evaluación sensorial para determinación de la aceptación de las formulaciones y 3) jueces semientrenados para evaluaros atributos sensoriales.

Para los análisis fisicoquímicos y funcionales se elaboraron cuatro formulaciones de galletas tipo soda: una formulación de control (F0), elaboradas con 100% harina de trigo y tres formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo (Mangifera indica L.) en niveles de 12.5% (F2), 15% (F3), 17.5%(F4). Cada formulación fue elaborada por triplicado bajo condiciones controladas de procesamiento, constituyendo las unidades experimentales para la determinación de las características fisicoquímicas, contenido de fibra dietética, fenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), evaluadas bajo un diseño completamente al azar con réplicas independientes, esto permitió controlar la variabilidad experimental y garantizar la reproducibilidad de los resultados.

La evaluación sensorial para definir la aceptación de las formulaciones se realizó con un panel de 80 jueces consumidores de galletas no entrenados seleccionados a través de muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la accesibilidad de los consumidores potenciales y debido a que uno de los propósitos de esta investigación fue determinar la aceptación de las formulaciones desarrolladas en una población consumidora de productos de panificación. Los participantes fueron mayores de 18 años, pertenecientes a la comunidad tecnológica del TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de

Osorio, consumidores habituales de galletas asi como de productos de panificación, sin restricciones alimentarias relacionada con los ingredientes utilizados en las formulaciones tales como intolerancia al gluten o mango. Este tamaño de muestra poblacional permite obtener resultados estadísticamente representativos sobre el grado de agrado y minimizar la variabilidad natural de las respuestas humanas. La evaluación sensorial del sabor, color, aroma y textura la realizaron un panel de nueve catadores semientrenados un intervalo de 48 horas para evitar fatiga sensorial o memoria del producto.

Se considera que las muestras utilizadas son pertinentes para alcanzar los objetivos de la investigación, ya que permitió evaluar el efecto de diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de las galletas tipo soda. La inclusión de cuatro niveles de sustitución posibilitó analizar la influencia de este ingrediente funcional sobre la calidad de las galletas.

Instrumentos

La recolección de datos en esta investigación se realizó a través de técnicas sensoriales y analíticas estandarizadas, empleando instrumentos validados y ampliamente empleados en la investigación de alimentos para evaluar las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y funcionales de las galletas tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo (Mangifera indica L.).

En la prueba de ordenamiento por aceptación se empleó como instrumento de registro una hoja de evaluación diseñada específicamente para la prueba, en la cual los participantes consignaron el orden de preferencia asignado a cada muestra. Las muestras se presentaron ordenadas de manera aleatoria para minimizar sesgos asociados al orden de presentación. Se proporcionó agua purificada para el enjuague bucal entre muestras, para reducir el efecto residual de sabores. La validez de esta técnica se sustenta en la amplia aplicación en el análisis sensorial afectivo y en las directrices internaciones para estudios de preferencia de consumidores.

La determinación de la aceptabilidad de atributos sensoriales (sabor, color, aroma y textura) se realizó empleando una escala hedónica estructuradas de cinco puntos (1=me disgusta mucho, 5=me gusta mucho). El instrumento empleado fue una papeleta de evaluación desarrollada específicamente para el estudio, elaborada a partir de los descriptores definidos durante el entrenamiento del panel de nueve catadores, docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, quienes participaron previamente en cinco sesiones de capacitación de una hora cada una. En estas sesiones se utilizaron muestras de referencia para homogenizar criterio de evaluación y mejorar la reproducibilidad de las respuestas. La validez del contenido del instrumento se garantizó mediante la selección de atributos sensoriales relevantes del producto tomando como referencia investigaciones de otros autores, así como a la definición consensuada de los descriptores durante el entrenamiento. La confiabilidad de vio fortalecida a través de la capacitación previa del panel de jueces, la evaluación por triplicado de cada muestra y la realización de sesiones separadas a intervalos de 48 horas para minimizar la fatiga sensorial y el efecto memoria.

La determinación de proteína bruta, fibra cruda, cenizas, grasa y humedad se realizó mediantes los métodos oficiales de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) que son reconocidos internacionalmente por su reproducibilidad y precisión por su estandarización, lo que garantiza la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en esta investigación. El contenido de humedad se determinó empleando termobalanza conforme a la norma NMX-F-428-1982. La determinación del contenido de carbohidratos se realizó por diferencia, este procedimiento es ampliamente aceptado en el análisis proximal de alimentos. La determinación de color de las muestras se realizó a través de técnica de colorimetría empleando un espectrofotómetro (USB 2000 de OceanOptics). Fue empleado bajo condiciones de

calibración adecuada empleando teflón (PTFE) de grado óptico para calibrar la reflectancia y realizar balances de blancos, estandarización del procedimiento y la replicación de mediciones, de esta forma se proporcionaron datos con una alta validez analítica y confiabilidad de carácter estadístico para evaluar el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo en el color de las galletas tipo soda.

La cuantificación de fibra dietética total, soluble e insoluble se realizó mediante el método enzimático-gravimétrico desarrollado por Asp et al. (1983) y posteriormente modificado por Parra & Meza (2016). Se utilizaron enzimas comerciales (α-amilasa, pepsina y pancreatina) de grado analítico de la marca Sigma Aldrich ®. La validez de este método radica en su reconocimiento internacional para la determinación de fibra dietética en alimentos y su confiabilidad es asegurada a través del uso de protocolos normalizados, reactivos certificados, así como condiciones experimentales controladas.

El contenido de compuestos fenólicos totales en las muestras de galletas tipo soda se determinó empleando el método colorimétrico de Folin-Cicalteu. Las mediciones se realizaron utilizando un espectrofotómetro de microplacas Multisan FC y ácido gálico (Sigma Aldrich ®) como estándar de referencia para la construcción de la curva de calibración. Este método es validado a partir de su amplia utilización para la cuantificación de compuestos fenólicos en alimentos. En esta investigación, la confiabilidad analítica se verificó a través del empleo de estándares certificados, blancos analíticos y curvas de calibración con adecuados coeficientes de determinación (R^2 =0.9918).

La actividad antioxidante de los extractos de las muestras de galletas se evaluó a través de los ensayos DPPH y ABTS, metodologías espectrofotométricas ampliamente reconocidas para evidenciar la capacidad captadora de radicales libres a través de la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno. Las lecturas de la absorbancia se realizaron empleando el espectrofotómetro de microplacas Multisan FC y Trolox (Sigma Aldrich ®) como estándar de referencia. Ambos métodos presentan una adecuada sensibilidad, reproducibilidad y aceptación científica para la evaluación de la actividad antioxidante en alimentos funcionales. La validez de estos ensayos se sustenta en el uso generalizado que se presentan en investigaciones sobre los antioxidantes presentes en alimentos y que se tomaron como referencia para comparar resultados; la confiabilidad se garantizó a través de la estandarización de protocolos experimentales, el empleo de reactivos certificados y la realización de estas determinaciones en condiciones óptimas en el laboratorio.

Procedimiento

El presente trabajo se realizó en el Taller de Industrias Alimentarias, así como en el Laboratorio Básico Multifuncional de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Tecnológico Nacional de México Campus Acatlán de Osorio, así como en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales en la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero.

Materia prima

Se recolectó mango criollo en estado de madurez 3 [35] proveniente de huertas de traspatio del municipio de Acatlán, Puebla, entre los meses de mayo-junio de 2025. Los mangos fueron lavados con agua potable para eliminar partículas de suciedad. Se empleó un pelador de papas para separar la cáscara de la pulpa. Las muestras se pusieron en contacto con una solución de ácido cítrico (5% p/v) [18] y posteriormente en una solución de bisulfito de sodio (1% p/v), para evitar el pardeamiento enzimático, así como la proliferación de hongos y levaduras, durante el proceso de secado convectivo [35].

Las cáscaras de mango criollo se sometieron a un secado convectivo con aire caliente (60°C) en un secador de charolas (Aresma, modelo 100) durante 24 horas hasta alcanzar una humedad constante [35, 36], que

fue monitoreada a intervalos de 60 minutos, en una balanza analítica con precisión de ± 0.0001 g, hasta el peso final de deshidratación. Una vez deshidratadas se molieron hasta obtener un polvo fino que paso a través de un tamiz del No. 35, abertura de 500 micras, para obtener un polvo similar a la harina de trigo. Los polvos obtenidos fueron almacenados en bolsas de polietileno herméticamente selladas, rotulados como PCM (polvos de cáscara de mango), almacenados a temperatura ambiente hasta su utilización en la elaboración de galletas tipo soda.

Además, se adquirió harina de trigo todo uso, almidón de trigo, sal, leche, mantequilla, levadura, polvo para hornear de marcas comerciales en el mercado local.

Formulaciones de galletas

Las muestras de galletas se elaboraron a partir de masas con 10, 12.5, 15 y 17.5 % de PCM como sustitutos de harina de trigo. La fórmula base de la galleta tipo soda utilizada fue la siguiente: 125 g de harina de trigo, 60 g de leche, 30 g de mantequilla, 20 g de almidón de maíz, 3 g de levadura de panificación, 3 g de bicarbonato de sodio. En una batidora de pedestal marca Oster$^{(MR)}$ durante 6 minutos a una velocidad de 125 rpm empleando el gancho amasador se mezcló la leche, mantequilla derretida y los ingredientes sólidos, hasta obtener una masa de textura suave y manejable. Las masas se dejaron reposar durante 30 minutos. Las porciones de masa se extendieron hasta obtener un grosor de 3.5 mm, se cortaron en rectángulos de 3 x 10 cm con un cortador de rueda para pasta y se hornearon a 170°C durante 8-9 minutos. Tras el horneado, las galletas se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se colocaron en bolsas de papel estraza hasta su evaluación.

Evaluación de las galletas

a) Prueba de ordenamiento

Las galletas tipo soda elaboradas con las cuatro formulaciones fueron sometidas a una prueba por ordenamiento realizada por 60 jueces no entrenados consumidores de galletas a los cuales se pidió que ordenaran las muestras de mayor a menor aceptación de acuerdo con el sabor, con el propósito de seleccionar las muestras de mayor preferencia [34, 35]. Las muestras de galletas tipo soda se codificaron como F1, F2, F3 y F4, estas fueron presentadas en forma aleatoria. Cada participante debía enjuagar su boca con agua purificada entre cada muestra [4, 3.]

b) Prueba de aceptabilidad (escala hedónica)

A partir de un panel de nueve catadores formado por estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, se realizó la evaluación sensorial por atributos de la formulación base y de las tres formulaciones que obtuvieron la mayor aceptación en la prueba de ordenamiento. Este panel de evaluadores realizó cinco sesiones de entrenamiento de una duración de una hora: durante estas sesiones se presentaron referencias que permitieran lograr la valoración óptima del panel y desarrollar los descriptores a evaluar en las formulaciones de galleta tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por PCM. De este modo, se elaboró una papeleta para la evaluación de los atributos de sabor, color, aroma y textura. Las muestras consistieron en galletas tipo soda horneadas con un día de anticipación, que fueron envasadas en bolsas de papel estraza y almacenadas a temperatura ambiente, para conservar las características sensoriales. Las muestras se presentaron en platos desechables, acompañadas de agua como sustancia de enjuague y de la papeleta de evaluación. Se empleó una escala hedónica de 5 puntos [36], en la cual 1= me disgusta mucho, 3= no me gusta ni me disgusta, 5= me gusta mucho. Esta evaluación se realizó por triplicado cada 48 horas para evitar fatiga sensorial o memoria del producto.

d) Análisis fisicoquímico

Se emplearon los métodos oficiales de la AOAC [37] para determinar el contenido de proteína bruta (950.36), fibra cruda (950.37), cenizas (930.22), grasa (935.38) y humedad [36, 38, 39, 47, 48, 49, 54, 57] empleando el método rápido de la termobalanza (NMX-F-428-1982) [40, 36]. El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia [4, 39, 40].

El color de las muestras de superficie de las galletas se determinó según el sistema de color triestímulo descrito por Francis [46] utilizando un espectrofotómetro (USB 2000 de OceanOptics). Las coordenadas de color X, Y y Z y las coordenadas CIE L^*, a^*, b^*, así como la cromaticidad (C), que representa la saturación o pureza del color, fueron calculadas directamente por el software OceanViem versión 2.0.19-rc1.

e) Fibra dietética total

La fibra dietética total, soluble e insoluble de las muestras, se obtuvo a través del método enzimático gravimétrico [37, 39, 54], desarrollado por Asp *et al.* [41] y con la modificación aplicada por Parra & Meza [42] empleando alfa-amilasa, pancreatina y pepsina, de la marca Sigma Aldrich ®.

Obtención de extractos

Para cada formulación de esta investigación se realizó un extracto a partir de la mezcla de 6 g de muestra de galleta finamente molida con 30 mL de etanol al 70 % (v/v). La mezcla fue agitada durante 1 hora a una potencia de 30 W. El extracto obtenido se filtró y centrifugo, el sobredenante se almacenó en un frasco ámbar [39, 53]. Se utilizó una alícuota de estos extractos para la cuantificación del contenido total de fenoles y la actividad antioxidante.

f) Fenoles totales

Los fenoles totales de los extractos de las cuatro formulaciones evaluadas se determinaron colorimétricamente [38, 47, 48, 49, 54, 57], utilizando el método de Folin-Ciocalteu, según lo descrito por Singleton *et al.* [43], con algunas modificaciones [37, 39, 54] y ácido gálico de la marca Sigma Aldrich ®, como patrón. Se añadieron alícuotas de 0.2 mL del extracto a 0.20 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, seguido de la adición de 0.2 mL de una solución acuosa de carbonato de sodio al 7.5 % (p/v). La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente y protegida de la luz. La absorbancia a 765 nm se midió usando el fotómetro de Microplacas modelo: Multiskan ™ FC. Se utilizó como referencia una muestra en blanco compuesta por agua y reactivos. Los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de polvo (mg GAE/g de polvo) tomando como referencia a la curva de calibración de ácido gálico usando la siguiente ecuación:

$y=0.0203\ x+0.0159$ Ecuación 1
$R^2=0.9918$

g) Actividad Antioxidante

La capacidad antioxidante de los extractos de las formulaciones se determinó mediante los ensayos de DPPH [47, 48, 54, 58] y ABTS [58]. Para la calibración, se emplearon Trolox de la marca Sigma Aldrich, como referencia en los ensayos. Todas las determinaciones se realizaron empleando el Fotómetro de Microplacas modelo: Multiskan ™ FC.

DPPH

El ensayo de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) se llevó a cabo usando un método descrito por Blois[59] y modificado por Brand-Williams *et al.* [45] y modificado por Nanjo *et al.* [60]. Se tomaron alícuotas de 200 µL de cada uno de los extractos de las muestras de galletas. Se mezclaron con 1.0 mL de DPPH 0.1 mM en etanol (96% v/v). Las muestras de control contenían todos los reactivos excepto el extracto. La mezcla de reacción se agitó hasta lograr la completa homogenización, las mezclas se almacenaron en la oscuridad durante 30 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 517 nm en un lector de microplacas (Multiskan FC, Thermo Scientific). La actividad antioxidante se expresó como IC50 (µg/mL). Los valores se obtuvieron mediante un análisis de regresión lineal [61]. El porcentaje de neutralización se calculó a partir de la disminución de la absorbancia con respecto al control, según la siguiente ecuación:

$$\%\ \text{Ihnibición}: 1 - (A_s/A_0) * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

donde A_0 es la absorbancia a 517 nm del control en blanco y A_s es la absorbancia de la preparación de la muestra. El valor de la concentración de inhibición media (CI50) se definió como la cantidad de muestra necesaria para obtener el 50 % de la actividad captadora de radicales libres.

Ensayos de antioxidantes

Ensayo de capacidad antioxidante equivalente (TEAC) de Trolox, se realizó siguiendo la metodología modificada descrita por Re *et al.* [45]. $ABTS^{\cdot+}$ se realizó mezclando 5 mL de solución ABTS (7 mM) y 88 µL de solución de $K_2S_2O_8$ (persulfato de potasio) (140 µM) se dejó reposar durante 16 h en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, la absorbancia del radical se ajustó a una DO730 nm de 0.7. Se mezclaron cinco µL de extractos de galletas con 245 µL de radical ajustado, la mezcla se incubó durante 30 min en obscuridad a temperatura ambiente y se leyó a 730 nm. Los resultados se reportaron como µM Trolox Equivalent (TE)/g de peso seco (p.s.)

ABTS

El ensayo de capacidad antioxidante equivalente de Trolox se realizó siguiendo la metodología modificada descrita por Re *et al.* [45]. ABTS.+ se realizó mezclando 5 mL de solución ABTS (7 mM) y 88 µL de solución de $K_2S_2O_8$ (persulfato de potasio) (140 µM) se dejó reposar durante 16 h en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, la absorbancia del radical se ajustó a una DO730 nm de 0,7. Se mezclaron cinco µL de extractos de galletas con 245 µL de radical ajustado, la mezcla se incubó durante 30 min en obscuridad a temperatura ambiente y se leyó a 730 nm. Los resultados se reportaron como µM Trolox Equivalent (TE)/g de peso seco (p.s.). La absorbancia se midió a 730 nm y los resultados se expresaron en micromoles de equivalencia de Trolox por gramo de materia seca a partir de la siguiente ecuación:

$$\%\ \text{Ihnibición}: \left[1 - \left(A_{ABTS+-} - \frac{A_{muestra}}{A_{ABTS+-}}\right)\right] * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde: A_{ABTS+-} es la absorbancia de la solución del radical catiónica a 734 nm, $A_{muestra}$ es la absorbancia de la mezcla de reacción con el extracto,

Análisis de la información

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como el valor promedio de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Los resultados de los análisis fisicoquímicos, contenido de fibra dietética y fenoles totales, actividad antioxidante (DPPH y ABTS), así como de las características sensoriales de las formulaciones de galletas

tipo soda fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar [36, 39, 49, 50, 51, 57] para determinar la existencia de diferencias significativas y la prueba de Tukey para la comparación entre medias. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Minitab (Versión 17), considerando un valor de $\alpha \leq 0.05$ como efecto significativo.

Limitaciones metodológicas

La presente investigación presenta algunas limitaciones que debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, este estudio se desarrolló empleando cáscara de mango criollo proveniente de la región mixteca poblana, es un estado de madurez y temporada específicas, por lo que la composición química de esta materia prima podría diferir de la observada en otras variedades de mango, zonas geográfica o condiciones de cultivo. Lo que limita la extrapolación de los resultados a otras cultivares de este fruto.

De igual manera, las formulaciones evaluadas se restringieron a ciertos niveles de sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo, por lo que los efectos observados no representan el comportamiento de las formulaciones con porcentajes de sustitución mayor o inferiores a los que se estudiaron.

Respecto a la evaluación sensorial, una posible limitación se atribuye al tamaño y características del panel de jueces así como el grado de entrenamiento de estos. Los resultados reflejan las preferencias de dicho grupo y pueden no ser representativos de una población más amplia o en su caso, de diferentes segmentos de consumidores.

Por otra parte, las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas y funcionales fueron realizada bajo condiciones de laboratorio siguiendo técnicas analísticas tradicionales que pueden diferir de las técnicas químicas instrumentales.

RESULTADOS

Aceptación de formulaciones

En la Tabla 1 se presentan los resultados de los porcentajes de aceptación de las formulaciones de galletas tipo soda con el 10, 12.5, 15, 17.5 y 20% de PCM, con base a estos datos se seleccionaron las tres formulaciones con mayor puntaje (F2, F3 y F4) que se sometieron a los análisis fisicoquímicos, por atributos sensoriales, colorimetría, determinación de fibra dietética, fenoles totales y actividad antioxidante (DPPH y ABTS).

Tabla 1. *Resultados de la prueba de ordenamiento para las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo*.

	Formulación				
	F1 10% PCM	**F2 12.5% PCM**	**F3 15.0% PCM**	**F4 17.5% PCM**	**F5 20% PCM**
% Aceptación	46	50	54	61	44

Fuente. *Elaboración propia* (2026).

Evaluación de atributos sensoriales

El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas entre las formulaciones (p= 0.000) respecto al nivel de aceptación del panel de catadores para el sabor, aroma, textura, no así para el color de las galletas (Tabla 2).

Tabla 2. *Nivel de aceptación de atributos sensoriales de las galletas tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo*.

	Formulación			
Atributo	**F0**	**F2**	**F3**	**F4**
Color	5.000	3.875 ± 0.500^{a}	4.000 ± 0.632^{a}	3.500 ± 0.632^{a}
Sabor	4.759	4.188 ± 0.834^{ab}	4.375 ± 0.719^{a}	3.563 ± 0.814^{b}
Aroma	4.451	3.938 ± 0.772^{a}	3.313 ± 0.602^{b}	$3.375 \pm .719^{ab}$
Textura	4.741	4.500 ± 0.632^{a}	4.375 ± 0.500^{ab}	3.875 ± 0.619^{b}

***** Las letras no comunes indican diferencia significativa, según la Prueba de Tukey al 95%.
Fuente. *Elaboración propia* (2026).

Propiedades fisicoquímicas

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos de humedad, hidratos de carbono, proteína bruta, fibra cruda, grasa y cenizas presentes en las formulaciones de galletas tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvos. Los análisis estadísticos indicaron que en las galletas tipo soda en estudio existieron diferencias significativas entre los contenidos de humedad, proteína, fibra cruda, cenizas y carbohidratos ($p = 0.00$) no así en el contenido de grasas.

Tabla 3. *Propiedades fisicoquímicas de formulaciones de galleta tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo******.

Propiedad	**Formulación**			
	F0	**F2**	**F3**	**F4**
Humedad	1.783 ± 0.098^{c}	4.996 ± 0.005^{a}	4.503 ± 0.165^{b}	4.500 ± 0.000^{b}
Grasas	14.091 ± 0.660^{a}	14.113 ± 0.792^{a}	14.577 ± 0.887^{a}	14.940 ± 0.560^{a}
Proteínas	7.703 ± 0.200^{a}	6.700 ± 0.265^{b}	6.210 ± 0.212^{b}	6.200 ± 0.155^{b}
Cenizas	2.910 ± 0.317^{b}	3.346 ± 0.045^{a}	3.480 ± 0.075^{a}	3.576 ± 0.050^{a}
Fibra cruda	0.366 ± 0.005^{d}	1.446 ± 0.005^{c}	1.580 ± 0.010^{b}	1.836 ± 0.005^{a}
Carbohidratos	73.07 ± 0.00^{a}	69.39 ± 0.00^{b}	69.65 ± 0.00^{c}	68.948 ± 0.00^{d}

***** Las letras no comunes indican diferencia significativa, según la Prueba de Tukey al 95%.
Fuente. *Elaboración propia* (2026).

La sustitución de harina de trigo por PCM afecto significativamente la croma y el enrojecimiento (a^{*}) no asi la luminosidad (L^{*}) y el amarillamiento (b^{*}) de color de la superficie de la galleta (Tabla 4).

Tabla 4. *Color de las formulaciones de galleta tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo******.

Formulación	**C***	**L***	**a***	**b***
F0	23.953 ± 4.86^{a}	45.762 ± 3.40^{b}	10.283 ± 3.47^{a}	21.503 ± 4.34^{a}
F2	18.717 ± 1.82^{b}	32.687 ± 1.561^{a}	11.746 ± 1.626^{a}	14.526 ± 1.59^{b}
F3	25.420 ± 3.01^{a}	42.571 ± 11.48^{a}	11.85 ± 3.73^{a}	22.360 ± 1.89^{a}
F4	23.991 ± 2.29^{ab}	33.574 ± 0.883^{a}	11.280 ± 0.507^{a}	20.410 ± 1.051^{ab}

***** Las letras no comunes indican diferencia significativa, según la Prueba de Tukey al 95%.

Fuente. *Elaboración propia* (2026).

Contenido de fibra dietética, fenoles totales y actividad antioxidante

En el análisis de varianza se encontró diferencia significativa en el contenido de fibra dietética (Tabla 5), fenoles totales y actividad antioxidante (Tabla 6) con respecto a la sustitución de harina de trigo por PCM ($p < 0.05$).

Tabla 5. *Contenido de fibra dietética en galletas tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo**.

Formulación	Fibra dietética total	Fibra dietética insoluble	Fibra dietética soluble
F0	2.199 ± 0.000	1.445 ± 0.000	0.7534 ± 0.000
F2	5.397 ± 0.204[a]	3.754 ± 0.147[b]	1.642 ± 0.057[b]
F3	5.717 ± 0.189[b]	3.975± 0.147[b]	1.741± 0.735[a]
F4	6.463 ± 0.181[a]	4.520 ± 0.131[a]	1.939 ± 0.050[a]

* Las letras no comunes indican diferencia significativa, según la Prueba de Tukey al 95%.
Fuente. *Elaboración propia* (2026).

Tabla 6. *Contenido de fenoles totales y actividad antioxidantes de las galletas tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo**.

Formulaciones	Fenoles Totales	Inhibición de DPPH (IC50)	Inhibición de ABTS (IC50)
F0	168 ±0.050	210 ±0.084	376 ±0.401
F2	1195.1 ± 58.1 c	57.353 ± 1.670 a	90.94 ± 13.73 a
F3	1754.0 ± 30.3 b	51.78 ± 5.49 a	47.39 ± 3.06 b
F4	2120.0 ± 73.7 a	48.08 ± 7.16 a	47.56± 8.46 b

* Las letras no comunes indican diferencia significativa, según la Prueba de Tukey al 95%.
Fuente. *Elaboración propia* (2026).

DISCUSIÓN

Evaluación de atributos sensoriales

De acuerdo con la Tabla 2, a medida que aumentó la sustitución de harina de trigo por PCM, disminuyó la aceptación de estos atributos en las formulaciones de las galletas con respecto a la formulación base (F0), esto coincide con lo reportado en estudios previos sobre galletas elaboradas con distintos niveles de sustitución de harina de trigo tales como 2.5-10 % [54], 5-20 % [47], 5-15% [48] y 20-50% [49] de polvo de cáscara de otras variedades de mango, así como con 10-30 % de polvos de cáscara de pitahaya [50], 30-70 % de harina de cáscara de guayaba [38] y 10-30% de residuos de ciruela [48].

Los resultados del nivel de aceptación demuestran que, hasta un nivel de sustitución del 15% de harina de trigo por PCM, el color, sabor y textura de las galletas se mantuvieron en niveles aceptables. Por encima de este nivel de sustitución, las galletas presentaron una coloración marrón, atribuida al pardeamiento enzimático de los PCM [47, 49, 48, 54] como consecuencia de la actividad de polifenol oxidasa y peroxidasa [53] sobre los polifenoles de la cáscara. De esta forma, los PCM imparten un color oscuro a las galletas

dando la impresión de un producto demasiado horneado [52] esto podría haber dado a los panelistas una impresión de producto demasiado horneado, afectando así su valoración. Respecto al sabor, las galletas elaboradas con más del 15% de PCM presentaron un gusto amargo. Este resultado concuerda con lo reportado por Aslam *et al.* [48] en galletas con porcentajes similares de sustitución de cáscara de mango y podría estar relacionado con el elevado contenido de polifenoles que presente en este subproducto [49, 47, 48, 54].

Como consecuencia del horneado, el aroma característico a mango presente en la masa sufrió un cambio drástico debido a la degradación térmica de compuestos volátiles [53], afectando la aceptabilidad de este atributo en las tres formulaciones evaluadas. Este comportamiento difiere de lo reportado por Aslam *et al.*[48] y Ajila *et al.* [54] con galletas con hasta un 15% de cáscara de mango, en las cuales la incorporación si mejoró le percepción de este atributo.

La textura de las tres formulaciones de galletas tipo soda evaluadas en esta investigación presentó una aceptabilidad ligeramente menor en comparación con la formulación F0. La aceptabilidad de este atributo estuvo influenciada por el contenido de PCM incorporado a las formulaciones. Este comportamiento coincide con lo reportado en galletas elaboradas con 5-30% de cáscara de otras variedades de mango [54, 47, 49, 48], 10-30% de polvo de cáscara de pitahaya [50], 10-30% de residuos de ciruela [51] en los que ciertos niveles de sustitución mejoraron la textura con respecto a la formulación base. Sin embargo, a niveles de sustitución superiores al 30%, las galletas tendieron a volverse más duras, lo que redujo su aceptación.

Propiedades Fisicoquímicas

La composición química de estos productos de panificación varía con respecto al porcentaje de sustitución de harina de trigo, esto fue observado galletas elaboradas con cáscara de otras variedades de mango [54, 47, 49, 48], cáscara de guayaba [36], residuos de ciruela [51] y con cáscara de pitahaya [50].

El mayor porcentaje de humedad se registró en las galletas del tratamiento F2 (4.996%) y el menor contenido se presentó en las galletas de control F0 (1.783%). En esta investigación, el contenido de humedad de las muestras aumentó conforme se incrementó el nivel de sustitución de la harina de trigo por PCM. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ashous & Gadallah [47], Aslam *et al.* [48], Bandyopadhyoy *et al.*[49] en formulaciones de galletas elaboradas con cáscara de mango de otras variedades y en galletas con residuos de ciruela [51]. La tendencia en el aumentó de humedad podría explicarse por el elevado contenido de fibra dietética que poseen los PCM. Debido a su alta capacidad de absorción de agua, la fibra incrementa la capacidad de retención de agua en las galletas [53], lo que se refleja en mayor contenido de humedad.

En cuanto al contenido de proteínas, la formulación F2 (12.5 %PCM) presentó el valor más alto entre las galletas tipo soda con sustitución parcial de harina de trigo. Sin embargo, al compararlas con la formulación base (F0), todas las formulaciones mostraron un menor contenido de proteínas, esto coincide con lo reportado en galletas elaboradas con 5 y hasta 30% de polvo de cáscara de mango de otras variedades [47, 48, 49], polvo de cáscara de pitahaya [50], polvo de cáscara de guayaba [36] y polvo de residuos de ciruela [51]. Esta variación en el contenido de proteínas puede explicarse por la disminución de la harina de trigo en las formulaciones, ya que constituye la principal fuente de proteínas [58], con un aporte aproximado de 12 % por cada 100 g, en contraste con el 4.43% de se ha reportado para los PCM [35].

En comparación con las galletas de la formulación F0, las formulaciones F2 (12.5% PCM) y F4 (17.5%) presentaron el menor y mayor contenido de cenizas con 3.346% y 3.576%, respectivamente. El contenido de cenizas aumentó conforme se incrementó la sustitución de harina de trigo por PCM. Estos resultados coinciden con lo reportado en galletas elaboradas con 5 a 30% de polvo de cáscara de otras variedades de

mango [49] y polvo de cáscara de guayaba [38]. De acuerdo con Gondim *et al.* [59], este incremento puede explicarse porque las cáscaras de las frutas contienen una mayor proporción de minerales que sus partes comestibles; por ello, al aumentar el contenido de polvos de cáscara de mango criollo en las formulaciones de esta investigación, se eleva el contenido de cenizas.

De las formulaciones con PCM, la formulación F4 (17.5% PCM) presentaron el mayor contenido de fibra cruda (1.836%). El contenido de fibra en todas las formulaciones de galletas tipo soda con PCM fue superior a lo reportado al de formulación patrón (F0). Este comportamiento puede explicarse porque la harina de trigo aporta ente 0.5-1 % de este nutriente, mientras que para la cáscara de mango criollo se ha reportado un contenido de 15.76 % [39]. Este aumento en la fibra coincide con lo publicado por Ashous & Gadallah (2011) [47], Aslam *et al.* [48], Bandyopadhyoy *et al.* [49] para formulaciones de galletas con porcentajes similares de cáscara de mango, cáscara de plátano [57], residuos de ciruela [51].

El valor de L^* disminuyó conforme aumentó el porcentaje de PCM. La galleta de control tuvo el brillo más alto en comparación con las galletas con PCM. Existió una tendencia a aumentar en el valor de a^* al aumentar el contenido de polvos de cáscara de mango criollo. El cambio, en los valores de C* y b^* no se observó ninguna tendencia específica al añadir PCM. La polifenoloxidasa y peroxidasa de la cáscara tienen actividad sobre sus polifenoles [54]. Como consecuencia del pardeamiento enzimático, el brillo de las galletas tiende a disminuir, esto coincide con lo reportado por Ajila *et al.*[54] y Ashous & Gadallah [47].

Contenido de fibra dietética, fenoles totales y actividad antioxidante

Los valores encontrados de fibra dietética total en las tres formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo por PCM fueron mayores a la formulación base (F0), demostrando que existe un incremento progresivo tanto de la fibra total, soluble e insoluble a medida que se aumenta el porcentaje de PCM en las formulaciones (Tabla 5), esto coincide con lo hallado en formulaciones de galletas con 5 y hasta 20% de polvos de cáscara de mango reportado por Ajila *et al.* [54], para estos autores durante el horneado, algunos de los componentes presentes en la cáscara de mango podrían haber contribuido a la formación de fibra dietética adicional. Las galletas tipo soda comerciales suelen aportar poca fibra dietética, ya que se elaboran principalmente con harina de trigo refinada, la cual pierde gran parte de este componente durante el procesamiento. En general, este tipo de galletas contienen entre 2.8 y 3.0 g de fibra por cada 100 g de producto.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 6, el contenido de fenoles totales de las galletas aumentó conforme se incrementó la incorporación de PCM, alcanzando su valor más alto en la formulación F4(17.5%), con 2120 mg AGE /g, esto coincide con los reportado en galletas con porcentajes similares de cáscara de mango de otras variedades [47, 48, 49], polvo de cáscara de pitahaya [50], polvo de cáscara de plátano [57], polvo de cáscara de guayaba [36]. La incorporación de ingredientes ricos en fenoles, tales residuos de frutas, se utiliza para la funcionalización de productos de panificación, sin embargo, su eficiencia depende de las distintas etapas del proceso de producción, especialmente del mezclado y el horneado, ya que ambas pueden afectar de manera significativa el contenido y la actividad de estos compuestos [47, 49, 54].

En este sentido, la actividad antioxidante aumentó significativamente conforme se incrementó el nivel de sustitución con PCM. Este comportamiento que coincide con lo reportado en galletas elaboradas con porcentajes de sustitución similares de polvos de mango de otras variedades [47, 48, 49] mediante DPPH, así como en pan enriquecido con extracto de semilla de uva [58], evaluado mediante ABTS. Este efecto puede atribuirse al mayor contenido de polifenoles aportado por los polvos de cáscara de mango criollo.

CONCLUSIONES

Existió efecto significativo en la sustitución parcial de harina de trigo por polvos de cáscara de mango criollo sobre las propiedades fisicoquímicas, colorimétricas, funcionales y sensoriales de las galletas tipo soda. Se observó que, a mayor porcentaje de disminuyó el contenido de proteínas, mientras que humedad, grasa y fibra cruda aumentaron, en las formulaciones evaluadas. La formulación F2 presentó el mayor contenido de proteínas, mientras que la formulación F4 destacó por su mayor contenido de fibra dietética total y fenoles totales en comparación con la galleta de control, evidenciando además una mayor actividad antioxidante. La sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango criollo contribuyó al incremento del contenido de fibra dietética, compuestos fenólicos, mejorando el valor nutricional y funcional del producto de panificación.

Respecto a las características sensoriales, se identificó que a mayor sustitución menor fue la valoración de atributo como sabor, aroma, crocancia, textura; sin embargo, la formulación F3, con 17.5% de polvo de cáscara de mango criollo, presentó el mayor nivel de aceptación entre los catadores, demostrando que la incorporación de este subproducto de mango puede realizarse sin afectar significativamente la aceptabilidad sensorial del producto.

Los resultados obtenidos permitieron comprobar que el polvo de cáscara de mango criollo (Mangifera Indica L.) puede utilizarse como ingrediente funcional en la elaboración de galletas tipo soda, constituyendo una alternativa para incrementar el consumo de fibra dietética y compuestos bioactivos asociados con potenciales beneficios para la salud. De esta manera, su empleo representa una estrategia viable para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y el desarrollo de alimentos funcionales con valor agregado.

Como perspectiva de investigación futura, se recomienda hacer una investigación profunda en la evaluación del efecto de polvo de cáscara de mango criollo sobre la vida útil, estabilidad oxidativa y comportamiento microbiológico de productos de panificación.

DISPONIBILIDAD DE DATOS (Data Availability Statement)

Datos del estudio

Los conjuntos de datos generados y analizados durante esta investigación están disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia. Los datos incluyen los resultados experimentales obtenidos de los análisis fisicoquímicos, nutricionales, funcionales, colorimétricos y sensoriales reportados en este artículo.

Protocolo / Código / Cuestionario

Los protocolos y cuestionario no se encuentran depositados públicamente en un repositorio, pero pueden ser proporcionados por el autor de correspondencia previa solicitud razonable, con el fin de favorecer la reproducibilidad del estudio. No se desarrolló código computacional propietario o restringido.

Fuente de financiamiento

Este trabajo fue financiado por Tecnológico Nacional de México, proyecto; 25923.26-PD.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en relación con el presente manuscrito.

Aprobación ética

No aplica (sin participantes humanos/animales).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México y TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, por el financiamiento concedido para el desarrollo de esta investigación, así como a la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero, por facilitar sus instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] E. López-Aranda, F. García-Cala, A. Romero-Cruz, R. Escamilla-Ramírez, and N. Luna-Esquivel, "Efecto de la adición de polvo de flor de calabaza (*Cucurbita pepo*) en las propiedades sensoriales de un producto de panificación," *Rev. IPSUMTEC*, vol. 8, no. 2, pp. 76–82, 2025, doi: 10.61117/ipsumtec.v8i2.418.

[2] L. Alonso-Pedrero, A. Ojeda-Rodríguez, M. Martínez-González, G. Zalba, and M. Bes-Rastrollo, "Ultra-processed food consumption and the risk of short telomeres in an elderly population of the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) Project," *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 111, no. 6, pp. 1259–1266, 2020, doi: 10.1093/ajcn/nqaa075.

[3] B. Cutullé *et al.*, "Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas)," *Diaeta*, vol. 30, no. 138, pp. 25–31, 2012. [Online] Available: : https://www.scielo.org.ar/pdf/diaeta/v30n138/v30n138a04.pdf

[4] N. Soler-Martínez, O. Castillo-Ruíz, G. Rodríguez-Castillejos, A. Perales-Torres, and A. L. González-Pérez, "Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol," *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 67, no. 3, pp. 227–234, 2017. [Online]. Available: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000400227

[5] H. Yang *et al.*, "Effects of dietary fiber on human health," *Food Sci. Hum. Wellness*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.1016/j.fshw.2021.07.001.

[6] C. Cuero, "Las enfermedades no transmisibles, un problema de gran magnitud en nuestra América y el mundo," *Rev. Méd. Panamá*, vol. 43, no. 2, pp. 52–53, 2023, doi:10.37980/im.journal.rmdp.20232233

[7] E. Almora-Hernández, R. Monteagudo-Borges, V. Lago-Abascal, G. Leon-Sanchez, and E. Rodríguez-Jiménez, "Evaluación fisicoquímica y sensorial de galletas de arroz integral suplementadas con *Moringa oleifera* y *Stevia rebaudiana*," *Tecnol. Quím.*, vol. 43, no. 1, pp. 81–100, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/373397030

[8] N. Chasquibol *et al.*, "Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia," *Rev. Peru. Quím. Ing. Quím.*, vol. 6, no. 2, pp. 9–20, 2014. [Online]. Available: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/4822/3893/16313

[9] G. A. A. Alvarado, F. L. J. Jaramillo, and P. L. M. García, "Diseño y desarrollo de un producto funcional de consumo (pan) a base de soya, máchica, amaranto y chía," *Cienc. Digit.*, vol. 2, no. 2, pp. 391–404, 2018, doi: 10.33262/cienciadigital.v2i2.103.

[10] L. F. Márquez-Villacorta and C. C. Pretell-Vásquez, "Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína," *Biotecnol. Sect. Agropecu. Agroind.*, vol. 16, no. 2, pp. 67–78, 2018, doi: 10.18684/bsaa.v16n2.1167.

[11] W. J. Dahl and M. L. Stewart, "Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health implications of dietary fiber," *J. Acad. Nutr. Diet.*, vol. 115, no. 11, pp. 1861–1870, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.09.003

[12] J. Cui *et al.*, "Dietary fibers from fruits and vegetables and their health benefits via modulation of gut microbiota," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 18, no. 5, pp. 1514–1532, 2019, doi: 10.1111/1541-4337.12489.

[13] J. E. Angulo-López *et al.*, "Antioxidant dietary fiber sourced from agroindustrial by-products and its applications," *Foods*, vol. 12, no. 1, Art. no. 159, 2023, doi: 10.3390/foods12010159.

[14] F. Vilcanqui-Pérez and C. Vílchez-Perales, "Fibra dietaria: Nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión," *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 67, no. 2, pp. 146–156, 2017. Accessed: Jan. 20, 2026. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200010&lng=es&tlng=es

[15] P. Saldaña-Cejudo, S. Bastida, A. Macho-González, and F. J. Sánchez-Muniz, "Alimentos funcionales como alternativa para incrementar la ingesta de fibra dietética y proantocianidinas. Posibles efectos sobre la microbiota intestinal," *JONNPR*, vol. 5, no. 12, pp. 1575–1598, 2020, doi: 10.19230/jonnpr.3990.

[16] M. Luit-González, D. Betancur-Ancona, J. Santos-Flores, and C. G. Cantón-Castillo, "Mermelada enriquecida con fibra dietética de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.)," *Tecnol. Marcha*, vol. 32, no. 1, pp. 193–201, 2019, doi: 10.8845/tm.v32.i1.4128.

[17] S. Fuller, E. Beck, and H. Salman, "New horizons for the study of dietary fiber and health: A review," *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 71, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1007/s11130-016-0529-6.

[18] A. D. G. M. D. García, M. E. P. de Delahaye, and P. de Delahaye, "Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.)," *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, vol. 60, no. 2, pp. 4195–4212, 2007. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/20.500.12324/34781

[19] E. López-Aranda, S. Pérez-Arzola, E. Gabilán-Linares, A. Romero-Cruz, and N. Luna-Esquivel, "Polvo de subproductos de mango criollo: Una fuente potencial de antioxidantes y fibra dietética en las preparaciones de galletas," *Rev. IPSUMTEC*, vol. 7, no. 2, pp. 1–10, 2024, doi: 10.61117/ipsumtec.v7i2.300.

[20] I. G. P. Puma, J. F. L. Perez, I. C. Sánchez, J. C. Olano, W. Salas, and L. F. V. Delgado, "Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas," *An. Cient.*, vol. 79, no. 1, pp. 218–225, 2018, doi: 10.21704/ac.v79i1.1166.

[21] M. Mera-Carbo, C. Parraga-Álava, P. Muñoz-Murillo, and C. Verduga-López, "Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum* spp.) por harina de amaranto (*Amaranthus* spp.) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en galletas," *Cienc. Tecnol. Aliment.*, vol. 30, no. 1, pp. 56–60, 2020. [Online]. Available: https://link.gale.com/apps/doc/A642819417/AONE

[22] W. de J. Chirinos Leal and N. Vargas Rincón, "Análisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum vulgare*): Tapirama (*Phaseolus lunatus*) de Pueblo Nuevo de Paraguaná," *Centro Azúcar*, vol. 44, no. 2, 2017. [Online]. Available: https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/95

[23] E. A. Auquiñivin Silva and E. M. Castro Alayo, "Elaboración de galletas enriquecidas a partir de una mezcla de cereales, leguminosas y tubérculos. Chachapoyas, región Amazonas," *Ind. Data*, vol. 18, no. 1, pp. 84–90, 2015. [Online]. Available: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81642256009

[24] M. Ortega, Y. Barboza, M. P. Piñero, and K. Parra, "Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del caujil como alternativa de un alimento funcional," *Multiciencias*, vol. 16, no. 1, pp. 76–86, 2016. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90450808010

[25] M. C. Montesinos, E. R. N. Padilla, C. G. Pérez, and J. J. Soto, "Elaboración y evaluación de galletas enriquecidas con fibra proveniente de la cáscara del fruto de tamarindo (*Tamarindus indica*)," *Aliment. Cienc. Aliment.*, pp. 4–9, 2024, doi: 10.32870/rayca.v5i5.74.

[26] R. Maldonado and E. Pacheco de Delahaye, "Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde," *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 50, no. 4, pp. 387–393, 2000. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000400011&lng=es&tlng=es

[27] C. M. Ajila, M. Aalami, K. Leelavathi, and U. P. Rao, "Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations," *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 219–224, 2010, doi: 10.1016/j.ifset.2009.10.004.

[28] A. Narváez-García, C. V. Blanco-Cornelio, Y. Canedo-López, and J. C. Robles-Heredia, "Uso de mango criollo (Anacardiaceae) como alternativa para elaborar productos alimenticios y biofertilizante en el Estado de Campeche," *Tend. Energ. Renov. Sustentab.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–23, 2026, doi: 10.56845/terys.v5i1.567.

[29] O. Patino-Rodriguez, L. A. Bello-Perez, E. Agama-Acevedo, and G. Pacheco-Vargas, "Pulp and peel of unripe stenospermocarpic mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) as an alternative source of starch, polyphenols and dietary fibre," *Food Res. Int.*, vol. 138, Art. no. 109719, 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109719.

[30] Organización Mundial de la Salud, "Enfermedades no transmisibles," 2025. [Online]. Available: https://www.paho.org/en/topics/noncommunicable-diseases
[31] A. Sason, M. Adelson, S. Herzman-Harari, and E. Peles, "Knowledge about nutrition, eating habits and weight reduction intervention among methadone maintenance treatment patients," *J. Subst. Abuse Treat.*, vol. 86, pp. 52–59, 2018, doi: 10.1016/j.jsat.2017.12.008.
[32] S. C. López-Salido, C. Llanes-Canedo, F. Ezzahra-Housni, and J. J. González-Flores, "Análisis del conocimiento de fibra dietética, índice de masa corporal y nivel socioeconómico en la población mexicana," *Interciencia*, vol. 45, no. 10, pp. 469–474, 2020. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/journal/339/33964792005/html/
[33] E. López-Aranda, C. Mejía-Morales, A. Romero-Cruz, N. Luna-Esquivel, R. Escamilla-Ramírez, and V. I. Pacheco-Contreras, "Evaluación del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio sobre la cinética de transferencia de masa y las características organolépticas del *Mangifera indica* L. cv. Manililla criolla," *Rev. Ingeniantes*, vol. 10, no. 2, pp. 20–28, 2023. [Online]. Available: https://www.misantla.tecnm.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes10no2vol1/3.%20madurez%20y%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20cloruro%20de%20sodio.pdf
[34] A. Obregón, E. Contreras, A. M. Muñoz, R. Ayquipa, and W. Fernández, "Evaluación sensorial y fisicoquímica de panes con sustitución de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harinas de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*)," *Cienc. Investig.*, vol. 16, no. 2, pp. 73–76, 2013, doi: 10.15381/ci.v16i2.9960.
[35] Ł. Sęczyk, M. Świeca, D. Dziki, A. Anders, and U. Gawlik-Dziki, "Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls," *Food Chem.*, vol. 214, pp. 32–38, 2017, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.07.068.
[36] S. M. M. Bertagnolli, M. L. R. Silveira, A. D. O. Fogaça, L. Umann, and N. G. Penna, "Bioactive compounds and acceptance of cookies made with guava peel flour," *Food Sci. Technol.*, vol. 34, no. 2, pp. 303–308, 2014, doi: 10.1590/fst.2014.0046.
[37] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Washington, DC, USA: Assoc. Off. Anal. Chem., 1995.
[38] Secretaría de Economía, "Norma Oficial Mexicana NMX-F-428-1982, Alimentos—Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza)," *Diario Oficial de la Federación*, Mexico City, Mexico, Oct. 7, 1982. [Online]. Available: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=691922
[39] E. López-Aranda, J. Escamilla-Castañeda, A. Romero-Cruz, N. Luna-Esquivel, and R. Escamilla-Ramírez, "Polvos de cáscara, semilla y pulpa de mango criollo (*Mangifera indica* L.) como alternativas para la funcionalización de productos de panificación," *Rev. IPSUMTEC*, vol. 8, no. 2, pp. 200–208, 2025, doi: 10.61117/ipsumtec.v8i2.432.
[40] B. Benítez, J. Olivares, M. Ortega, Y. Barboza, L. Rangel, and Z. Romero, "Formulación y evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de galletas enriquecidas con linaza como alimento funcional," *Arch. Venez. Farmacol. Ter.*, vol. 36, no. 4, pp. 106–113, 2017. Accessed: May 28, 2026. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55952806003
[41] N.-G. Asp, C.-G. Johansson, and M. Siljeström, "Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 31, pp. 476–482, 1983, doi: 10.1021/jf00117a003.
[42] M. Rojas-Bravo *et al.*, "A potential application of mango (*Mangifera indica* L. cv. Manila) peel powder to increase the total phenolic compounds and antioxidant capacity of edible films and coatings," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 12, pp. 1584–1592, 2019, doi: 10.1007/s11947-019-02317-8.
[43] V. L. Singleton, R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós, "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent," *Methods Enzymol.*, vol. 299, pp. 152–178, 1999, doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1.
[44] V. Bondet, W. Brand-Williams, and C. Berset, "Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method," *LWT–Food Sci. Technol.*, vol. 30, pp. 609–615, 1997, doi: 10.1006/fstl.1997.0240.

[45] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans, "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay," *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 26, no. 9–10, pp. 1231–1237, 1999. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3
[46] F. J. Francis, "Colorimetry of foods," in *Physical Properties of Foods*, M. Peleg and E. B. Bagley, Eds. Westport, CT, USA: AVI Publishing, 1983, pp. 105–123.
[47] I. S. Ashoush and M. G. E. Gadallah, "Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit," *World J. Dairy Food Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–42, 2011. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/258245419
[48] H. K. W. Aslam, M. I. U. Raheem, R. Ramzan, A. Shakeel, M. Shoaib, and H. A. Sakandar, "Utilization of mango waste material (peel, kernel) to enhance dietary fiber content and antioxidant properties of biscuit," *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 76–81, 2014, doi: 10.17957/JGIASS/2.2.533.
[49] K. Bandyopadhyay, C. Chakraborty, and S. Bhattacharyya, "Fortification of mango peel and kernel powder in cookies formulation," *J. Acad. Ind. Res.*, vol. 2, no. 12, pp. 661–664, 2014. [Online]. Available: https://jairjp.com/MAY%202014/03%20KAKALI.pdf
[50] J. P. Muñoz-Murillo, J. J. García-Mendoza, L. E. Arévalo-Reyes, and J. C. Cedeño-Cedeño, "Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*)," *Rev. Investig. Innov. Agropecu. Recur. Nat.*, vol. 11, no. 1, pp. 18–30, 2024, doi: 10.53287/kdgc7623aq78f.
[51] J. G. D. Albuquerque, A. M. Duarte, M. L. D. Conceição, and J. D. S. Aquino, "Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies," *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 38, no. 3, pp. 1–7, 2016, doi: 10.1590/0100-29452016229.
[52] N. A. A. Aziah and C. A. Komathi, "Acceptability attributes of crackers made from different types of composite flour," *Int. Food Res. J.*, vol. 16, no. 4, pp. 479–482, 2009. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/288217139
[53] A. Gruppi, G. Giuberti, G. Duserm Garrido, and G. Spigno, "Effect of different fibre addition on cookie dough and texture," *Food Sci. Technol. Int.*, vol. 30, no. 7, pp. 614–622, 2023, doi: 10.1177/10820132231162475.
[54] C. M. Ajila, K. U. J. S. Leelavathi, and U. P. Rao, "Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder," *J. Cereal Sci.*, vol. 48, no. 2, pp. 319–326, 2008, doi: 10.1016/j.jcs.2007.10.001.
[55] B. B. Belose, P. M. Kotecha, S. N. Godase, and U. D. Chavan, "Studies on utilization of orange peel powder in the preparation of cookies," *Int. J. Chem. Stud.*, vol. 9, no. 1, pp. 1600–1602, 2021, doi: 10.22271/chemi.2021.v9.i1w.11455.
[56] J. A. Gondim, M. F. Moura, A. S. Dantas, R. L. S. Medeiros, and K. M. Santos, "Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas," Ciênc. Tecnol. Aliment., vol. 25, no. 4, pp. 825–827, 2005, doi:10.1590/s0101-20612005000400032
[57] F. Owuno and V. Wabali, "Effect of banana peel addition on the chemical, functional and organoleptic properties of cookies," *Res. J. Food Sci. Qual. Control*, vol. 10, no. 2, pp. 31–44, 2024. doi:10.56201/rjfsqc.v10.no2.2024.pg31.44
[58] X. Peng, J. Ma, K. Cheng, Y. Jiang, F. Chen, and M. Wang, "The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread," *Food Chem.*, vol. 119, no. 1, pp. 49–53, 2010, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.05.083
[59] M. S. Blois, "Antioxidant determinations by the use of a stable free radical," *Nature*, vol. 181, no. 4617, pp. 1199–1200, 1958, doi:10.1038/1811199a0
[60] F. Nanjo, K. Goto, R. Seto, M. Suzuki, M. Sakai, and Y. Hara, "Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical," *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 21, no. 6, pp. 895–902, 1996, doi: 10.1016/0891-5849(96)00237-7.
[61] P. Molyneux, "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity," *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 2, pp. 211–219, 2004. [Online].

Available:https://www.researchgate.net/publication/26477335_The_use_of_the_stable_free_radical_diphenylpicrylhydrazyl_DPPH_for_estimating_antioxidant

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES (CRediT Taxonomy)

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Erika López Aranda,
Metodología	Erika López Aranda, Jamila Ojeda Sánchez, Anabel Romero Cruz, Jorge Bello Martínez, Alexis Vázquez Villa
Software	Alexis Vázquez Villa
Validación	Jorge Bello Martínez
Análisis formal	Erika López Aranda, Jamila Ojeda Sánchez, Anabel Romero Cruz, Jorge Bello Martínez, Alexis Vázquez Villa
Investigación	Erika López Aranda
Recursos	Anabel Romero Cruz, Jorge Bello Martínez
Curación de datos	Alexis Vázquez Villa
Redacción – borrador original	Erika López Aranda
Redacción – revisión y edición	Jorge Bello Martínez, Alexis Vázquez Villa
Visualización	Erika López Aranda
Supervisión	Erika López Aranda
Administración del proyecto	Erika López Aranda
Obtención de financiamiento	Erika López Aranda

IPSUMTEC

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO /LT. DE MILPA ALTA.



ISSN: 2594-2905

Vol, 9, No. 2

julio - diciembre 2026

EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TecNM®

Instituto Tecnológico de Milpa Alta

iPSüMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

SEMBLANZA DE AUTORA

Erika López Aranda



RESEÑA EN ESPAÑOL

La Maestra Erika López Aranda es Profesora-investigadora de Tiempo Completo en la jefatura de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. Es Maestra en Ingeniería Administrativa, sus líneas de investigación se centran en la tecnología e innovación de alimentos a partir de subproductos de frutas. Posee el Reconocimiento al Perfil Deseable del PRODEP, además es líder del cuerpo académico "Transformación de alimentos y Aplicación de Tecnología" y ha publicado 9 artículos en los últimos cuatro años.

BIOGRAPHY IN ENGLISH

Erika López Aranda is a full-time professor-researcher in the Food Industry Engineering Department at the Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. She holds a Master's degree in Administrative Engineering, and her research focuses on food technology and innovation utilizing fruit by-products. She holds the PRODEP 'Desirable Profile' recognition, leads the 'Food Processing and Technology Application' academic group, and has published nine articles over the past four years.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

iPSüMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

SEMBLANZA DE AUTORA

Jamila Lucia Ojeda Sánchez



RESEÑA EN ESPAÑOL

La Ing. Jamila Lucia Ojeda Sánchez es estudiante de en el Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, su línea de investigación se centra en el desarrollo de productos funcionales.

BIOGRAPHY IN ENGLISH

Jamila Lucia Ojeda Sánchez is a student in the Department of Food Industry Engineering at the Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. Her research focuses on the development of functional food products.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

iPSüMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

SEMBLANZA DE AUTORA

Anabel Romero Cruz



RESEÑA EN ESPAÑOL

La Mtra. Anabel Romero Cruz es Profesora-Investigadora de Tiempo Completo en la División de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. Maestra en Ingeniería Administrativa por el Instituto de Estudios Universitarios, sus líneas de investigación se centran en el Análisis de Alimentos Funcionales. Es miembro del Cuerpo Académico ITSAO-CA-2 Transformación de Alimentos y Aplicación de Tecnología, y con perfil deseable, además ha publicado 2 artículo en revistas arbitradas e indexadas en los últimos cinco años.

BIOGRAPHY IN ENGLISH

Anabel Romero Cruz, M.Sc., is a full-time professor and researcher in the Food Industry Engineering Division at the Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. She holds a Master's degree in Administrative Engineering from the Instituto de Estudios Universitarios, and her research focuses on the analysis of functional foods. She is a member of the "Food Processing and Technology Application" academic group (ITSAO-CA-2) and holds "desirable profile" status; additionally, she has published two articles in peer-reviewed, indexed journals over the past five years.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

iPSüMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

SEMBLANZA DE AUTOR

Dr. Jorge Bello Martínez



RESEÑA EN ESPAÑOL

El Dr. Jorge Bello Martínez es Profesor-Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Químico Biológicas / Universidad Autónoma de Guerrero. Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Guerrero, Posgraduado en la Universidad Estatal de Sao Paulo, Brasil, sus líneas de investigación se centran en la Química de Productos Naturales, con énfasis en Purificación de metabolitos biológicamente activos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores en el Nivel I y ha publicado 8 artículos en revistas arbitradas e indexadas en los últimos cinco años.

BIOGRAPHY IN ENGLISH

Dr. Jorge Bello Martínez is a Full-Time Research Professor in the Faculty of Chemical-Biological Sciences / Universidad Autónoma de Guerrero. He holds a Ph.D. in Environmental Sciences from the Universidad Autónoma de Guerrero, postgraduate training at the Universidad Estatal de Sao Paulo, Brazil. His research lines focus on the chemistry of natural products, with an emphasis on the purification of biologically active metabolites. He is a member of the National System of Researchers (Level I) and has published 8 articles in peer-reviewed indexed journals over the past five years.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

iPSUMTEC

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO

SEMBLANZA DE AUTOR

Dr. Alexis Vázquez Villa

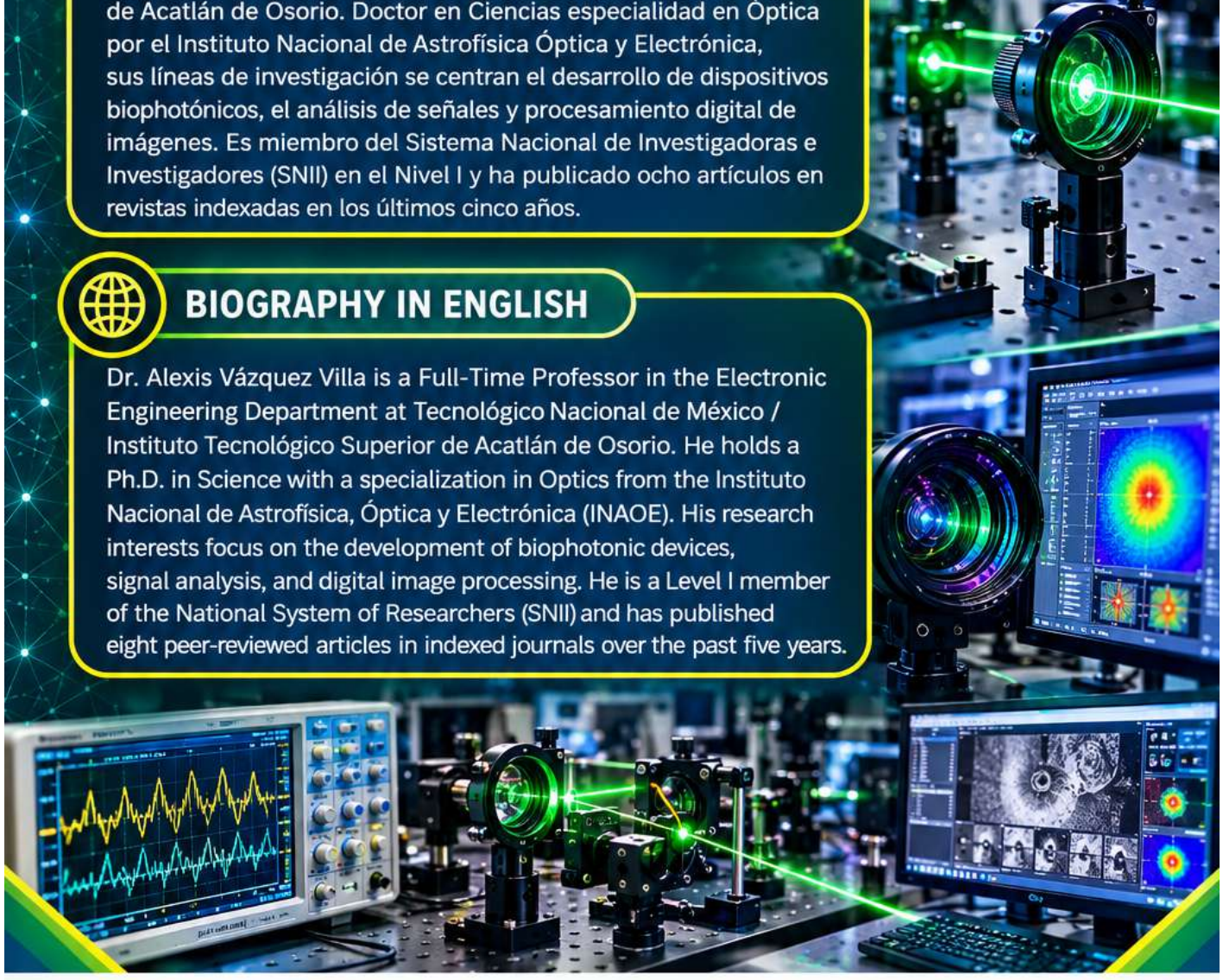


RESEÑA EN ESPAÑOL

El Dr. Alexis Vázquez Villa es Profesor de Tiempo Completo en la División de la Carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. Doctor en Ciencias especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, sus líneas de investigación se centran el desarrollo de dispositivos biophotónicos, el análisis de señales y procesamiento digital de imágenes. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en el Nivel I y ha publicado ocho artículos en revistas indexadas en los últimos cinco años.

BIOGRAPHY IN ENGLISH

Dr. Alexis Vázquez Villa is a Full-Time Professor in the Electronic Engineering Department at Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio. He holds a Ph.D. in Science with a specialization in Optics from the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). His research interests focus on the development of biophotonic devices, signal analysis, and digital image processing. He is a Level I member of the National System of Researchers (SNII) and has published eight peer-reviewed articles in indexed journals over the past five years.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ACATLÁN DE OSORIO