

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

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

TESIS DE GRADO

ELABORACIÓN DE UN “PANCAKE” USANDO HARINAS COMPUESTAS DE TRIGO Y CÁSCARAS DE MANGO ATAULFO Y CRIOLLO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
**MAESTRA EN NUTRICIÓN Y
ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE**

PRESENTA

AMAIRANI DE JESÚS ARGUELLO BARRIENTOS
DIRECTORA DE TESIS

DRA. VEYMAR GUADALUPE TACIAS PASCACIO

CO-DIRECTORA DE TESIS

DRA. OLGA LUISA TAVANO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Enero, 2025





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 1º. de abril de 2025

Oficio No. SA/DIP/0294/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Amairani de Jesús Arguello Barrientos

CVU: 127288

Candidata al Grado de Maestra 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 **Elaboración de un "pancake" usando harinas compuestas de trigo y cáscara de mango Ataulfo y Criollo** cuya Directora de tesis es la Dra. Veymar Guadalupe Tacías 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 Maestra 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. Dr. Jorge Alberto Esponda Pérez, Encargado 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/igp/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
investigacionposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Al llegar al final de este camino, no puedo más que sentir un profundo agradecimiento por todo lo vivido y aprendido durante estos dos años.

En primer lugar, agradezco a Dios, por haberme dado la fuerza, la salud y la claridad mental para continuar, incluso en los momentos más difíciles.

A mis padres, gracias por su amor incondicional, por ser mi refugio, mi impulso y mi mayor ejemplo de constancia. Su apoyo emocional, moral y a veces incluso logístico, fue fundamental para que hoy esté aquí.

A mis amigos (Cris, Uly, Sofis, Bere, Hannia), quienes con sus palabras, compañía y comprensión me sostuvieron en cada etapa. Gracias por celebrar mis logros y abrazarme en mis caídas.

A mi yo de estos dos años: gracias por no rendirte, por insistir cuando todo parecía abrumador, por levantarte una y otra vez, por sostenerte cuando nadie más lo veía. Este logro también es tuyo.

A mis maestros y maestras, gracias por compartir su conocimiento, por sus enseñanzas dentro y fuera del aula, y por dejar huellas que van más allá del contenido académico.

A todos los que, de alguna manera, formaron parte de este proceso: gracias. Esta tesis es también el reflejo de ese acompañamiento invisible que me sostuvo cuando más lo necesité.

CONTENIDO

Introducción.....	1
Planteamiento del problema	2
Justificación	3
Objetivos.....	5
General	5
Específicos	5
Marco teórico.....	6
Trigo.....	6
Utilización y consumo de harinas refinadas.....	6
Desventajas del consumo de harinas refinadas	7
Harinas compuestas	9
Beneficios de la creación de harinas compuestas.....	9
Propiedades tecnofuncionales de las harinas compuestas.....	10
Ingredientes empleados en la elaboración de harinas compuestas.....	11
Cereales y leguminosas	11
Semillas	12
Frutas y verduras	12
Subproductos de frutas y verduras	13
Importancia del aprovechamiento de residuos agroalimentarios	14
Antecedentes.....	15
Metodología.....	18
Diseño de la investigación	18
Recolección de materias primas.....	18

Métodos y técnicas.....	18
Procesamiento para la obtención de cáscaras de mango	18
Análisis químico proximal	19
Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta (trigo y harina de cáscaras de mango ataúlfo y criollo)	19
Contenido de compuestos antinutricionales y fenoles	21
Determinación de taninos condensables	21
Determinación de fenoles totales	21
Determinación de saponinas.....	22
Determinación de alcaloides	22
Análisis Sensorial.....	23
Análisis estadístico.....	24
Resultados y Discusión.....	25
Recomendaciones	36
Referencias bibliográficas	37
Anexos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de aceptación sensorial de pancakes realizados con las harinas de cáscaras de mango (criollo y Ataúlfo) y trigo.....	33
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje y gramos de sustitución de harina de trigo y harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo en base a 250 g.....	19
Tabla 2. Número de muestra y porcentaje de sustitución para creación de pancakes	24
Tabla 3. Análisis químico proximal de harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo.....	25
Tabla 4. Actividad de agua (Aw) de harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo	27
Tabla 5. Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta a base de trigo y harina de cáscaras de mango criollo	28
Tabla 6. Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta a base de trigo y harina de cáscaras de mango Ataúlfo	29
Tabla 7. Compuestos antinutricionales y fenoles en harinas de cáscaras de mango (criollo y Ataúlfo).....	31

RESUMEN

El alto consumo de harinas refinadas ha contribuido a alteraciones en la salud de los consumidores. Lo anterior, ha generado la necesidad de crear harinas con propiedades más saludables, en las que se combinan harinas hechas de pulpa de frutas, semillas o cáscaras de las mismas. Diversos estudios han demostrado que el uso de residuos alimentarios como las cáscaras, mejoran las características nutrimentales de las harinas y a su vez, contribuye al mejor aprovechamiento de los recursos. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de la harina de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo sobre las propiedades sensoriales de un alimento elaborado a partir de harinas compuestas. Para ello, se elaboraron harinas compuestas a base de harina de cáscaras de mango Ataúlfo, criollo y trigo en diferentes porcentajes de sustitución (del 5 al 25%), a su vez, se determinaron sus propiedades tecnofuncionales. Posteriormente se elaboró un alimento (pancakes) a base de harinas compuestas (harina de trigo y harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo) del 10 y 15% de sustitución, consecutivamente. Se encontró que las harinas compuestas tenían propiedades tecnofuncionales diferentes a la harina 100% de trigo, y eran mejores en cuanto a la capacidad de absorción de agua (113.83 y 120.27%) y mínima capacidad de gelificación (22 y 20%). Por su parte, el análisis sensorial de los pancakes con harinas compuestas mostró una buena aceptación por los consumidores, rondando en la puntuación 5 (me gusta ligeramente) de la escala hedónica aplicada, respecto al pancake control (trigo), situado en una puntuación de 4 (ni me gusta ni me disgusta). Este trabajo permitió evidenciar que es posible elaborar un alimento sensorialmente aceptable y nutricionalmente mejorado al utilizar harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo.

Palabras clave: harinas compuestas, cáscaras, mango Ataúlfo, mango criollo, propiedades tecnofuncionales, sensorial.

ABSTRACT

The high consumption of refined flours has contributed to alterations in consumers health. This has generated the need to create flours with healthier properties, combining flours made from fruit pulp, seeds or fruit peels. Several studies have shown that the use of food waste such as peels improves the nutritional characteristics of the flours and, in turn, contributes to a better use of resources. For that reason, the objective of this work was to evaluate the effect of the addition of Ataúlfo and criollo mango peel flour on the sensory properties of a food made from composite flours. For this purpose, composite flours based on Ataúlfo or criollo mango peel flours and wheat were prepared at different substitution percentages (from 5 to 25%), and their techno-functional properties were determined. Subsequently, a food (pancakes) was prepared based on the composite flours of 10 and 15% substitution. It was found that the composite flours had different techno-functional properties from wheat flour, and were better in terms of water absorption capacity (113.83 and 120.27%) and minimum gelling capacity (22 and 20%). On the other hand, the sensory analysis of the pancakes with composite flours showed a good acceptance by consumers compared to the control pancake (100% wheat). This work showed that it is possible to elaborate a sensorially acceptable and nutritionally improved food by using flours made from Ataúlfo and Criollo mango peels.

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo, debido a la capacidad de las proteínas del grano, el gluten, para formar harinas con propiedades viscoelásticas que permiten la creación de una amplia variedad de alimentos básicos (tradicionales y modernos) en la dieta humana (De Sousa *et al.*, 2021). Sin embargo, en la actualidad existe una creciente preocupación y un debate constante, por los efectos adversos de la refinación del trigo (harina blanca) y sus subproductos (pasteles, galletas, panes) en la salud de quienes lo consumen, puesto que este proceso de refinamiento da como resultado la pérdida de nutrientes (vitaminas, minerales, fibra) que son de vital importancia para la salud humana.

La búsqueda de alternativas para disminuir los efectos poco deseables del consumo de harina de trigo refinada ha sido dirigida a la combinación, sustitución parcial o completa de la misma por otros alimentos (frutas, semillas, cereales o subproductos como cáscaras) que proveen propiedades atractivas a la salud de la población, como un mayor aporte de fibra dietética, antioxidantes y vitaminas (Awoyale *et al.*, 2016). En este sentido, Parafati *et al.*, (2020), mostraron que la adición de harina de cáscara de tuna a la masa de pan aumentaba la presencia de fibra dietética y compuestos bioactivos como polifenoles y betalaína, además de mostrar buenas propiedades leudantes en la masa. Por lo anterior, la utilización de otros alimentos en la formulación de harinas, además de mejorar las características nutrimentales y tecnofuncionales de las mismas, permite el aprovechamiento de componentes alimentarios que regularmente son desechados durante el procesamiento, siendo un ejemplo claro las cáscaras de frutas. En Chiapas, existe una alta producción de mango (específicamente la variante Ataúlfo y criollo) lo que abre a la oportunidad de utilizar subproductos del mismo. Por esta razón, el presente trabajo busca evaluar el efecto de la adición de harina de cáscara de mango Ataúlfo y criollo (*Mangifera indica L.*) sobre las propiedades sensoriales de un alimento (pancake) elaborado a partir de harinas compuestas, a través de un enfoque cuantitativo de tipo experimental (laboratorio). El desarrollo de este alimento representaría una oportunidad para reducir el desperdicio de las cáscaras de mango y a su vez, desarrollar una opción más saludable para los consumidores.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante años el trigo entero (*Triticum aestivum* L.) ha sido uno de los granos más importantes para la alimentación de la humanidad, ya que ha contribuido a la ingesta calórica diaria en varias regiones del mundo (Levy y Feldman, 2022). Sin embargo, con la evolución de la producción de alimentos, la utilización del grano ha sufrido modificaciones por parte de la industria de alimentos (refinamiento) que conlleva a pérdida y/o reducción de micronutrientes (Jones *et al.*, 2020). Este aumento en la demanda y el consumo de harina refinada por parte de la población global, es un tema de interés en el área de salud, debido a la asociación positiva entre la ingesta de harinas refinadas y el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares, diabetes e hipertensión (Masters *et al.*, 2010). Así pues, las harinas compuestas han surgido como una alternativa innovadora en el desarrollo de productos alimenticios con características nutricionales y funcionales específicas benéficas para la población (Hasmadi *et al.*, 2020).

Paralelamente al alto uso de la harina de trigo refinada por parte de la industria alimentaria, se ha suscitado una alta tasa de desperdicios durante el procesamiento de variedad de materias primas (frutas, por ejemplo), dentro de los que se señalan la corteza, semillas y por supuesto las cáscaras (Mahloko *et al.*, 2019). Esto es un factor a considerar, ya que los desechos no solo suponen un riesgo para el medio ambiente, si no que suscita al nulo aprovechamiento de nutrientes y moléculas biológicamente activas que son importantes para la salud (enzimas, carotenoides, aceites, polifenoles y vitaminas) y que se encuentran presentes en los residuos alimentarios como las cáscaras de frutas (Hussain *et al.*, 2022). Tal es el caso del mango, uno de los cultivos frutales comerciales más importantes a nivel mundial, debido a su valor nutritivo y sabor. Se estima que durante su procesamiento, se generan casi 200.000 toneladas de desperdicio, en donde las cáscaras representan el 24% (Wongkaew *et al.*, 2021). En Chiapas, existe una gran variedad de cultivares de mango, entre los cuales destacan el Mango Ataúlfo y criollo (*Mangifera indica* L.). Por lo tanto, implementar el uso de las cáscaras de estos mangos en el desarrollo de nuevos productos podrían beneficiar al medio ambiente y a la par, a la salud de los consumidores reduciendo el efecto negativo de la ingesta habitual de harinas refinadas.

JUSTIFICACIÓN

Los sistemas alimentarios actuales han llevado a la homogeneización de la alimentación mundial. Desde 1961 hasta ahora, las dietas en el mundo son cada vez más semejantes, dominadas principalmente por cereales como el trigo (Shewry *et al.*, 2016). Lo inquietante es que la mayor ingesta de este cereal se da en su forma refinada y ultraprocesada (harina) con pérdidas de micronutrientes y fibra dietética.

Por lo anterior, se suele asociar al trigo refinado y sus subproductos (pasteles, galletas, panes) como algo perjudicial para la salud. Sin embargo, en diversos estudios se ha demostrado que si se mezcla con cáscaras de frutas esta puede llegar a tener nuevas propiedades y beneficios para la nutrición de quienes la consumen y a la par, reducir el efecto ambiental que implica el desperdicio de partes de la materia prima.

Por ejemplo, la sustitución parcial de harina de trigo convencional por harina de cáscara de uva, muestra un aumento en el contenido de fibra dietética y almidón resistente que es benéfico para la salud intestinal (microbiota), además de la presencia de polifenoles (compuestos bioactivos con actividad antioxidante). Lo anterior, sin afectar los aspectos de viscosidad, cohesividad de la pasta, por el contrario, optimizándola (Luga y Mironeasa, 2022).

Así pues, el aprovechamiento de cáscaras de frutas en la creación de harinas compuestas parece ser una oportunidad para disminuir la dependencia del trigo refinado y a la par, generar una opción más saludable, nutritiva, rica en fibra. Además de brindar buenas propiedades de pasta y funcionales. Por otro lado, se fomenta el uso de materias primas baratas y ricas en nutrientes que, de otro modo, podrían seguirse convirtiendo en desechos (Awolu *et al.*, 2015).

En relación a lo mencionado, México cuenta con 16 regiones productoras de mango, dentro de los cuales se encuentra el estado de Chiapas, siendo el Ataúlfo uno de los más cultivados, seguido de variedades criollas como el “Coche”. Actualmente, las cáscaras de mango representan una fuente interesante de vitaminas, carotenoides y carbohidratos, sobre todo fibra (pectina) que ha mostrado tener buenas propiedades reológicas para su aplicación en la industria alimenticia (Pacheco *et al.*, 2021). Por esta razón, este trabajo busca el aprovechamiento de las cáscaras de mango Ataúlfo y criollo (*Mangifera indica L.*) en forma

de harina compuesta con trigo, para evaluar el efecto que tiene sobre las propiedades tecnofuncionales de la misma y en las propiedades sensoriales de un alimento elaborado con dichas harinas.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de la adición de la harina de cáscara de mango Ataúlfo y criollo sobre las propiedades sensoriales de un pancake elaborado a partir de harinas compuestas.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente las harinas de mangos Ataúlfo y criollo.
- Evaluar las propiedades tecnofuncionales de harinas compuestas de cáscaras de mango (Ataúlfo y criollo).
- Caracterizar sensorialmente un pancake elaborado a base de las harinas compuestas de cáscaras de mango (Ataúlfo y criollo).

MARCO TEÓRICO

TRIGO

Se piensa que la domesticación del trigo se produjo en el Creciente Fértil hace unos 10.000 años atrás, esta región ubicada en el Medio Oriente comprende a Jordania, Palestina, Líbano, Siria, Turquía, Irak e Irán. Sin embargo, la producción de este cereal se ha extendido por todo el mundo a través de los primeros agricultores. La popularidad del cultivo se debe a que tiene un alto rendimiento, es práctico de almacenar y, además, adaptable a diversidad de climas (De Sousa *et al.*, 2021).

El trigo pertenece a la familia *Poaceae*, es el cereal más cultivado en todo el planeta, aportando aproximadamente el 55 % de los carbohidratos y el 21 % de las calorías totales de los alimentos consumidos en todo el mundo. El nombre del género para el trigo es: *Triticum*, que deriva de la palabra latina 'tero' (yo trillo). Así pues, el nombre actual, *Triticum aestivum*, representa al trigo harinero más cultivado en la actualidad a comparación del trigo macaroni tetraploide (*Triticum Durum*), utilizado mayoritariamente para la producción de pasta. Cabe recalcar que las proteínas que se encuentran en el endospermo del trigo las prolaminas (gliadinas y gluteninas), son las principales componentes del gluten, mismas que le confieren las propiedades únicas de elasticidad y extensibilidad a las masas y subproductos creados con harina de trigo (Khalid *et al.*, 2023).

El auge del trigo *Triticum aestivum* además de sus propiedades viscoelásticas, se relaciona a que al pasar por un proceso de refinamiento genera una harina blanca más fina y suave que brinda características deseables para productores y consumidores con gran demanda en la actualidad.

Utilización y consumo de harinas refinadas

La invención de los molinos y rodillos industrializados a finales del siglo XIX cambió la forma de procesar los granos. La molienda permitió eliminar el salvado y el germen, dejando solo el endospermo suave, fácil de masticar y, por consiguiente, digerir (refinamiento). La Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA), refiere que el refinamiento se volvió popular debido a que brinda una mayor

estabilidad al producto, la harina que se obtiene es más fina y con un color homogéneo, a la par, al no contener lípidos y básicamente tener una textura seca es más fácil de almacenar y tener una caducidad más extensa. Por último, brinda grandes cualidades de pasta para la bollería o panadería en donde comúnmente se emplea.

Por lo anterior, la harina de trigo refinada es la materia prima ideal para la producción de diversidad de alimentos regionales ya conocidos, industrializados (alimentos rápidos, listos para comer, congelados, etc.) y a su vez de nuevos productos (Peña *et al.*, 2008). Por ejemplo, la harina de trigo en Europa, el norte de África y Asia occidental se emplea en diversidad de alimentos regionales (pastas, pan, cuscús y hamburguesas). En Italia, se usa en la producción de pasta, consumida en la actualidad en todo el mundo. La harina de trigo se usa sola o en mezcla con otras harinas y se emplea en países mediterráneos para elaborar pan leudado, horneado etc. Por otro lado, en Alemania, los fideos kugel (un budín dulce consumido como postre), están constituidos de harina de trigo. (De Sousa *et al.*, 2021). En México, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la harina de trigo es empleada en la creación de pan de caja, pan hecho a mano, pasteles, galletas, tortillas y buñuelos.

El consumo per cápita mundial de harina de trigo refinada es de aproximadamente 67 kg (2016-2018), considerando las variaciones que existen en cada región o país, que van desde los 50.4 kg en África hasta los 109 kg en Europa, 16.2 kg en Tailandia y 209.7 kg en Turquía (Wieser *et al.*, 2020). Así mismo, Según datos de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 dados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) los mexicanos consumen en promedio 57.4 kg per cápita al año de harina de trigo. Proporcionando el 10% del total de la ingesta calórica en la dieta, así lo refiere la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (CANIMOLT).

Desventajas del consumo de harinas refinadas

A pesar de que el refinamiento del grano de trigo permitió mejorar algunos aspectos de palatabilidad y usos del mismo, también hubo como consecuencia granos altamente procesados y más bajos en calidad nutricional. Puesto que en este proceso de refinar se elimina más de la mitad de las vitaminas del complejo B, aproximadamente el 90% de la

vitamina E y básicamente toda la fibra. Aunque algunos nutrientes son agregados mediante un proceso de fortificación, otros compuestos que se encuentran en el grano entero del trigo que brindan beneficios a la salud, como el caso de los fitoquímicos, no se pueden reemplazar, así lo afirma La Escuela de Salud Pública de Harvard (2013).

Así pues, los efectos del consumo de harinas refinadas a base de trigo son un tema de interés para la salud pública en el mundo, ya que estudios muestran que el alto consumo de granos refinados se asocia con un mayor riesgo de presentar cáncer gástrico y de colon (Gaesser, 2020). A su vez, la preocupación del consumo de trigo y sus subproductos refinados se debe a que se mencionan como responsables del incremento de la obesidad y la diabetes tipo 2. Por otro lado, que las proteínas encontradas en el gluten de trigo causan diversidad de reacciones en el organismo como las alergias, sensibilidad al gluten no celiaca, enfermedad celiaca, inflamación intestinal etc (Shewry y Hey, 2016).

Los granos o harinas refinadas son una fuente grande de carbohidratos simples relacionados a una carga glucémica (CG) alta, es decir, tienen un impacto considerable en qué tan rápido los niveles de glucosa en sangre irán aumentando y la respuesta de la insulina a esto. Lo anterior, puede ser poco favorable para personas que viven con diabetes tipo 2. De igual manera, el consumo de harinas refinadas se asocia positivamente a la presencia de síndrome metabólico, que en conjunto es un factor de riesgo para la presencia de enfermedades cardiovasculares (Guo *et al.*, 2021).

A causa de lo antes mencionado, se ha propuesto la creación y el empleo de harinas mixtas o combinadas, es decir, la adición de otros alimentos en forma de harina a la de trigo refinada ya conocida, con la finalidad de incrementar el valor nutricional del producto, brindando beneficios a la salud de los consumidores.

HARINAS COMPUESTAS

La percepción de la harina de trigo refinada como un producto alimenticio poco saludable y nutritivo, es una de las razones que han provocado la disminución del consumo de pan en Europa y en varias partes del mundo en los últimos años. Por lo mismo, desde la primera década del nuevo milenio, los consumidores se inclinan cada vez más por la elección de panes elaborados a base de mezcla de harinas de cereales u otros alimentos (Molfetta *et al.*, 2021). El concepto de harinas compuestas fue creado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año de 1964, cuando se identificó que existían países que no producían trigo y esto representaba un problema alimentario que requería una solución (Elías, 1996).

Es importante mencionar que en 1975 el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) propuso amplificar el concepto de harinas compuestas para tomar en cuenta otras harinas no elaboradas de cereales y/o tubérculos pero que también son fuente de nutrientes importantes (Elías, 1996).

En este sentido, una harina compuesta se refiere a la mezcla y/o sustitución parcial de trigo con otras harinas, que son empleadas en la elaboración de panes, pastas, papillas y bocadillos (Chandra *et al.*, 2014).

Beneficios de la creación de harinas compuestas

Un aspecto importante sobre la creación de harinas compuestas se basa en aprovechar y utilizar cultivos locales que muchas veces son olvidados o poco valorados, pero que muestran un gran potencial para ser consumidos en diversidad de formas, además de que son ricos en nutrientes como proteínas y vitaminas. Un ejemplo claro se muestra en la transformación de la raíz de yuca o mandioca en harina, para la elaboración de panes mixtos (con trigo) en la región de África (Ghana, Nigeria, Tanzania y Uganda). Gracias a la innovación científica se mostró que la agricultura africana puede transformarse y cambiar el estado de un cultivo de subsistencia no comerciable a uno comercial, beneficiando a la seguridad alimentaria de los hogares, aumentando sus ingresos, generando empleo y reduciendo la pobreza (Awoyale *et al.*, 2016).

Como se ha mencionado con anterioridad la creación de harinas compuestas ha sido una propuesta de gran importancia en los últimos años, ya que mezclar diferentes alimentos ricos en nutrientes y compuestos bioactivos con harina de trigo, permite tener productos más saludables para la población. Adeyanju y Bamidele en el 2022, mostraron que la harina compuesta de trigo y harina de fruta de papaya (madura e inmadura), presenta un mayor contenido de almidón resistente que puede ser benéfico para mantener un microbiota intestinal saludable y una mayor estabilidad en los niveles de glucosa en sangre, importante para personas que viven con diabetes tipo 2. Lo anterior es debido a que la papaya madura e inmadura tiene una mayor cantidad de fibra cruda. Por otro lado, esta mezcla de harinas presenta mayor actividad antioxidante y a su vez, buenas cualidades de pasta, ideales para la industria alimentaria en la producción de dulces y otros alimentos funcionales.

Adicionalmente, en otra investigación en donde se sustituyó parcialmente harina de trigo por harina de plátano verde en la creación de galletas, se identificó la presencia de un potencial nutracéutico y nutricional en el producto final, (brindando antioxidantes y almidón resistente). Los autores mencionan que lo anterior puede ser una alternativa nutricional para personas con alteraciones de salud como diabetes u obesidad (Agama *et al.*, 2012).

A su vez, la creación de harinas compuestas permite aprovechar partes de alimentos que regularmente son desaprovechados y desechados, pero que contienen grandes cantidades de compuestos bioactivos y nutrientes importantes para la salud de las personas, por ejemplo, las cáscaras o semillas de frutas.

Propiedades tecnofuncionales de las harinas compuestas

El término de propiedades tecnofuncionales hace referencia a propiedades fisicoquímicas que son determinantes de la compleja interacción entre la estructura y composición de las harinas. En este sentido, se habla de la capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, concentración menor de gelificación, capacidad de formación de espuma, capacidad de emulsión y densidad aparente (Hasmadi *et al.*, 2020). La importancia de evaluar dichas propiedades radica en que, la variabilidad de estas tendrá un impacto en el sabor, apariencia y vida útil de los alimentos. Además, conocer cómo interactúan permite determinar su idoneidad para productos de horneado (galletas, panes etc) (Mudau *et al.*, 2022).

En este sentido, las harinas compuestas han mostrado efectos variados en lo correspondiente a las propiedades tecnofuncionales. Jenfa *et al.*, (2024) observaron que la capacidad de absorción de agua aumentó con la adición de harina de camote y pulpa de naranja, concluyendo que la mayor retención de agua en una harina permite obtener una mejor textura. Simultáneamente, en algunos estudios se ha identificado que las propiedades de las harinas compuestas, como la capacidad de hinchamiento, la actividad y estabilidad de la emulsión y espuma, la temperatura de gelatinización, la menor concentración de gelificación y la densidad incrementaron con la combinación de otras harinas independientes del trigo (Chandra *et al.*, 2015). Lo anterior se refuerza con lo mencionado por Awolu *et al.*, en el 2018, que la integración de harina de semilla de mango desgrasada a la harina de trigo permite tener características reológicas mejoradas (calidad y viabilidad de la textura y el producto, per se). Esto es importante ya que dichas características son vitales para la aprobación del consumidor.

Ingredientes empleados en la elaboración de harinas compuestas

En la actualidad existe diversidad de propuestas para las harinas compuestas, en donde se emplean variedad de alimentos que van desde los cereales, leguminosas, semillas hasta verduras y frutas. El porcentaje de adición de estas harinas a la de trigo refinado convencional varía para cada combinación en específico, debido a diversidad de factores como el contenido de carbohidratos, fibra, lípidos, proteínas etc.

Cereales y leguminosas

Uno de los cereales más populares en la actualidad es la avena, el empleo de este alimento para harinas mixtas es observable en diversidad de estudios como el de Molfetta *et al.*, 2021; Cao, Wang y Li en 2022; Astiz, Martín y Salinas en 2022, dando como resultado harinas compuestas con buenas cualidades de pasta y una grata respuesta por parte del consumidor hacia el pan mixto (trigo-avena). Por otro lado, el empleo del centeno a una harina mixta da como resultado una estructura más compacta y bajo volumen para el pan en comparación con el realizado únicamente con harina de trigo convencional (Ikram *et al.*, 2021). Otros ejemplos de cereales usados en elaboración de harinas combinadas incluyen al maíz, arroz, mijo, teff, etc. La harina de cereales se utiliza principalmente para producir productos horneados mixtos

como pasteles, galletas, bollería etc que también incluyen productos alimenticios adicionales como espaguetis, fideos y alimentos para bebés (Olakanmi *et al.*, 2022).

Otra de las novedades es el aprovechamiento de leguminosas (garbanzos, frijoles, soya, lentejas) en la creación de harinas mixtas. Por ejemplo, Mohammed, Ahmed y Senge en el 2014 emplearon la harina de garbanzo para identificar si esta modificaba las propiedades reológicas de la masa a base de trigo dando como resultado una masa más estable. De igual manera, la sustitución parcial de harina de trigo con harina de soya para la creación de galletas brinda un panorama positivo para las harinas mixtas, además de que el grado de aceptabilidad es bueno, 8.5 de puntuación sobre una escala de 10 (Farzana *et al.*, 2015). Las lentejas en sus diferentes variedades Castellana, Pardina y Guareña, han sido estudiadas en la creación de harinas, al igual que los brotes o germinadas de lentejas y frijol para la elaboración de pan.

Semillas

Se ha observado que la mezcla de harina de semillas de chía molida con harina de trigo no afecta la calidad de la elaboración de pan y, de hecho, puede retrasar la tasa de envejecimiento del producto. Lo anterior, muestra una combinación interesante e innovadora para emplear en la realización de la bollería (Ahmed *et al.*, 2020). De manera similar, la incorporación de harina de linaza como reemplazo parcial de la harina de trigo en el pan chino al vapor “Mantou” ha sido mencionada en varios estudios. La aplicación de la harina de linaza en productos es un tema actual, ya que se puede emplear en variedad de productos (pan, fideos, muffins, bizcochos, galletas) (Liu *et al.*, 2020). Al igual que las anteriores, algunos estudios se han centrado en la aplicación de polvo/harina de semillas de calabaza en el reemplazo de harina de trigo como el realizado por Amani H. Aljahani en el 2022, mostrando que la elaboración de panes planos (pita, por ejemplo) con un 5% de esta harina de semilla mantenía la aceptabilidad del consumidor, así como una cohesión sostenida que permitió obtener un gel de harina de trigo más blando.

Frutas y verduras

Las frutas muestran un gran potencial para su aplicación en harinas compuestas, al igual que los otros alimentos ya mencionados. El plátano (tanto maduro como inmaduro), ha sido uno de los frutos más empleados, Agama *et al.*, (2012), reemplazaron parcialmente la harina de

trigo convencional con harina de plátano verde para la creación de galletas, observando cambios en la composición química del producto final como un mayor contenido de almidón resistente. En otro estudio, se mostró que la harina de plátano muy maduro (regularmente desechado), tratado enzimáticamente para la creación de muffins junto con la base de harina de trigo convencional, permitía tener un mejor uso para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Soto *et al.*, 2020).

El aprovechamiento de las verduras o vegetales en la creación de harinas ha brindado un panorama más amplio de como enriquecer los productos a base de harina de trigo refinado. Ejemplo de ello es que, en el 2020, Valerga *et al.*, utilizaron harinas de alcachofa, berenjena y tomate como ingredientes nutricionales para la masa de trigo. Realizando una sustitución de la harina de trigo por un 5 o 10% de dichas harinas vegetales. De igual manera, algunos estudios se han centrado en el aprovechamiento de distintas partes de las verduras (incluyendo aquellas que se desperdician), para la formulación de harinas. Este es el caso de los subproductos industriales provenientes de la coliflor (hojas y tallos), que fueron transformadas en harinas bioactivas optimizadas para la creación de bases de pizza, reflejando un mayor contenido de compuestos bioactivos en el producto final (glucobrasicina, fitoesteroles y carotenoides) (Nartea *et al.*, 2023). Finalmente, la integración de un 15% de harina de champiñones rica en nutraceuticos como reemplazo parcial de la harina de trigo para la elaboración de galletas, mostró una mejor funcionalidad de la masa y una calidad bastante aceptable de las galletas (Biao *et al.*, 2020).

Subproductos de frutas y verduras

Aunque regularmente se suele la pulpa del fruto para la creación de harinas, otras investigaciones han mostrado que todas las partes de la fruta pueden ser aprovechadas (piel, semilla). La adición de harina de semilla de mango desgrasada en un 25% a la harina de trigo, muestra ser óptima para la producción de galletas u otros productos horneados (Awolu *et al.*, 2018). Los procesos tecnológicos han permitido que los subproductos provenientes de la industria alimentaria puedan emplearse en diferentes formas, tal es el caso de la obtención de harina de orujo de manzana (tallos, corazón, semillas, desechos de jugo) para fortificación de harinas combinadas (Gorjanovic *et al.*, 2020). De igual manera, la utilización de harina de

cáscara de melón mostró ser un ingrediente optima y funcional en la elaboración de productos de panadería (Silva *et al.*, 2024).

Importancia del aprovechamiento de residuos agroalimentarios

En la actualidad, el mundo se enfrenta a muchos problemas que exigen una atención adecuada para garantizar la sostenibilidad de la humanidad. Uno de los principales factores que contribuyen a dicha problemática son la alta productividad y comercialización del sector alimentario y agroindustrial, lo que ha llevado a la generación de residuos agroalimentarios (Bhatia *et al.*, 2023).

Es sabido que la pérdida de alimentos afecta la contaminación del suelo y del agua, de igual forma, tiene un impacto en la generación de gases de efecto invernadero y en la escases de alimentos que tiene un mayor coste económico con un impacto social considerable (Perdana *et al.*, 2023). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019), aproximadamente el 14 % de los alimentos se pierden durante la poscosecha, la logística y el transporte, excluyendo la venta minorista.

Los autores anteriores mencionan que el desarrollo de estrategias para reducir el porcentaje de desperdicios de alimentos apoyaría a los Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 12 de las Naciones Unidas, que menciona, “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”.

Por lo anterior, se ha propuesto ampliamente una economía basada en los principios de reducción, reutilización y reciclaje para abordar los problemas de pérdida de alimentos y desperdicio agrícola (Perdana *et al.*, 2023). Esto ayudaría a maximizar la eficiencia de los recursos y convertir los desechos en productos de valor agregado, innovando en la industria alimentaria. Además de contribuir significativamente a la preservación del medio ambiente y beneficiando a la economía (Haque *et al.*, 2023).

ANTECEDENTES

Los subproductos de alimentos (cáscaras, semillas, tallos) que regularmente son desechados o empleados para alimentación de animales, representan una fuente interesante de fibra dietética y compuestos bioactivos que podrían ser utilizados en el desarrollo/enriquecimiento de productos alimenticios con propiedades mejoradas y beneficiosas para la salud de la humanidad y del ambiente. Por ejemplo, se ha observado que la inclusión de cáscara de mango en la formulación de galletas aumenta el contenido fenólico a 22.4 mg GAE/g, además de que la harina formulada con cáscara de mango refleja una mayor capacidad de retención de agua, lo anterior, es importante, puesto que las características tecnofuncionales no se ven afectadas y por lo tanto, se pudo obtener un alimento de calidad (Bandyopadhyay *et al.*, 2014).

En diversos estudios se ha mostrado que las cáscaras de mango presentan un mayor contenido de compuestos con actividad antioxidante respecto a la pulpa (Vargas *et al.*, 2019).

En la variedad de cáscaras de mango estenospermocárpico verde se ha encontrado que el contenido total de almidón es de 41 g/100 g en su harina cruda, dichos gramos corresponden a almidón resistente, que hoy día es un tema de interés para la salud intestinal (Rodríguez *et al.*, 2020). Los autores anteriores, evidenciaron que la harina de cáscara de mango presentaba un mayor contenido de fibra dietética (40,5 g/100 g) en comparación con la harina de pulpa de mango.

Lo anterior, permite comprender que la utilización de diferentes partes de frutas y verduras en la creación de harinas, ayudaría a mejorar la sostenibilidad del sistema de alimentación y nutrición de la población (Alshehry, 2022).

La valoración y el aprovechamiento de las cáscaras es una ventana de oportunidad para abonar al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, que pretenden promover el uso de los recursos naturales existentes de una manera más eficaz y sostenible, incluyendo los conceptos de economía circular y verde (Silva *et al.*, 2024).

Kabir y cols en el 2024 formularon fideos de harina de trigo comercial con harina de cáscara de mango en donde se observó un aumento en el contenido de polifenoles, carotenoides, antocianinas y fibra dietética a comparación de fideos tradicionales. Además, hubo buena aceptabilidad por parte de los consumidores. Por otro lado, se ha reportado que las harinas de cáscaras de mango presentan un contenido considerable de ácido ascórbico respecto a las harinas de pulpa, además de un mayor índice de amarilleamiento y capacidad de retención de agua y aceite, que pueden brindarle características interesantes a una harina funcional (Lossolli, *et al.*, 2024).

Se ha observado que las harinas de cáscaras de mango pueden ser empleadas en los extractos de avena solubles en agua (formulados con yogurt griego), contribuyendo al aumento de compuestos bioactivos (fenoles) y proteínas solubles en el extracto enriquecido, mejorando así las propiedades nutricionales y funcionales de dichos productos (De Godoi *et al.*, 2024).

Plaitho y cols en el 2024 mostraron que la adición del 5% de harina de cáscaras de mango a muffins atenuaba la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) e interleucina-8 (IL-8), al tiempo que mantenía la viabilidad celular. A su vez, los autores encontraron la presencia de compuestos bioactivos específicos como: quercetina, α -caroteno, β -caroteno y luteína, que tienen potencial antioxidante, además de una buena aceptabilidad sensorial.

En otro estudio (Chulibert *et al.*, 2024), la inclusión de un 10 % de harina de cáscaras de mango en la masa de panes aumenta significativamente el perfil antioxidante del producto en comparación con el control (100% trigo). Además, las evaluaciones sensoriales de la investigación antes mencionada revelaron que el aroma y el color del pan elaborado con de polvo de cáscaras de mango son muy apreciados, volviendolo sostenible para los consumidores.

Así pues, los estudios previos evidencian que los subproductos de alimentos, como las cáscaras de mango, poseen un notable potencial en la mejora nutricional y funcional de productos alimenticios, convirtiéndose en una fuente valiosa de fibra dietética, compuestos bioactivos y otros nutrientes beneficiosos. La inclusión de cáscara de mango en productos alimenticios como galletas, fideos, muffins, pan y yogur griego ha demostrado aumentar el

contenido de compuestos fenólicos, antioxidantes, fibra y proteínas, lo cual puede mejorar las propiedades nutricionales y la calidad funcional de estos productos. promoviendo beneficios para la salud, como la mejora en la salud intestinal y la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

Además, la harina de cáscaras de mango muestra características tecnofuncionales positivas, lo que la convierte en un ingrediente funcional ideal para mejorar la textura y la estabilidad de los productos.

METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo experimental (laboratorio), ya que manipuló variables experimentales (cáscara de mango Ataulfo y criollo) en condiciones rigurosamente controladas para su transformación en harina y su posterior caracterización fisicoquímica, por lo que se implementaron procedimientos estandarizados y aceptados por la comunidad científica (Sampieri *et al.*, 2014). Mismo diseño se llevó a cabo en el laboratorio a través de técnicas específicas e instrumentos estadísticos.

A su vez, se incluyó investigación bibliográfica con la finalidad de revisar, ampliar, profundizar y conocer sobre las técnicas a utilizar para la manipulación de la muestra y así establecer los procedimientos correctos para la fase experimental. Por otro lado, dicha revisión permitió conocer resultados de investigaciones pasadas que tenían como objetivo solucionar un problema similar.

RECOLECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Se trabajó con mango Ataulfo y criollo (*Mangifera indica L.*) provenientes de los municipios de Villaflores y San Lucas, Chiapas en abril de 2024. La selección de mangos se hizo con respecto a las siguientes características deseables: firmeza, color, textura adecuada sin golpes, magulladuras ni demasiado blandas, con un “índice de madurez fisiológica comercial” (FAO s.f) que regularmente se conoce como “sazón”. Por su parte, la harina de trigo de marca comercial se obtuvo de una tienda de conveniencia, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

MÉTODOS Y TÉCNICAS

Procesamiento para la obtención de cáscaras de mango

Los mangos se lavaron y desinfectaron adecuadamente, posteriormente se realizó el pelado de la cáscara con un “pelador”. Después se llevó a secado a 55 °C durante 24 horas usando un deshidratador de alimentos Excalibur 3900b. Una vez deshidratado, las cáscaras pasaron

a molienda en una licuadora Oster y se tamizaron (tamiz núm. 40). Las harinas se envasaron al vacío, utilizando bolsas negras de alta densidad para evitar el reflejo de la luz.

Análisis químico proximal

Las harinas de cáscaras de mango fueron sometidas a análisis químico proximal, determinando humedad, proteína, ceniza, carbohidratos, grasa y fibra, (métodos 925, 10, 65.17, 974, 24, 992.16), de acuerdo a lo reportado por la Association of Analytical Communities (AOAC, 1984). Los equipos empleados fueron una Mufla (Arsa®, modelo 340), horno de secado (Terlab®, modelo TE-H45DM) y equipo Soxhlet (Lab-Line, modelo 5000).

Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta (trigo y harina de cascáras de mango Ataúlfo y criollo)

Para la preparación de las harinas compuestas, la harina de trigo convencional se mezcló en diferentes proporciones con las harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 y 75:25.

Tabla 1. Porcentaje y gramos de sustitución de harina de trigo y harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo en base a 250 g

Harina de trigo (% y gramos)	Harina de cáscaras de mango ataúlfo (% y gramos)	Harina de cáscaras de mango criollo (% y gramos)
95 (237 g)	5 (13 g)	5 (13 g)
90 (225 g)	10 (25 g)	10 (25 g)
85 (212.5 g)	15 (37.5 g)	15 (37.5 g)
80 (200 g)	20 (50 g)	20 (50 g)
75 (187.5 g)	25 (62.5 g)	25 (62.5 g)

El método modificado de Bamidele (2022), se usó para medir los indicadores tecnofuncionales de las muestras de harinas compuestas correspondientes a la capacidad de absorción de agua (WAC) y densidad aparente (BD).

Para la capacidad de absorción de agua se agregaron aproximadamente 15 ml de agua caliente a 70 °C a 1 g de muestra dentro de un tubo de centrifuga. La muestra se agitó durante 10 minutos, seguidos de otros 10 minutos de reposo. La suspensión se centrifugó a 4100 rpm g durante 15 min. El tubo lleno de residuo se pesó después de decantar el sobrenadante, los resultados se expresaron en % de absorción de agua. La densidad aparente se calculó pesando 10 g de la muestra de harina compuesta en una probeta graduada de 25 ml y golpeando suavemente la probeta en la mesa del laboratorio hasta que no se observara ningún cambio en el volumen. Se midió el volumen final de la muestra y se calculó la diferencia entre los dos para obtener la densidad aparente, que luego se expresó en g/mL.

Por otro lado, la capacidad de absorción de aceite se determinó según lo indicado por Beuchat (1977), a temperatura ambiente, se colocó 1 g de muestra en tubos de centrifuga de 15 mL, luego se añadió 10 mL de aceite de maíz y el conjunto se agitó en un Vortex durante 1min. Por último se centrifugó a 3000 rpm por 30 min, expresando los resultados como gramos de aceite retenidos por gramo de muestra.

La capacidad de formación de espuma se evaluó según el método descrito por Meda *et al.*, (2022), con una pequeña modificación; una muestra de 5 g se añadió a 50 mL de agua destilada en un recipiente redondo en donde se agitó a máxima velocidad con una batidora manual por 2 minutos. Posteriormente, se vació el contenido en una probeta graduada de 100 mL, midiendo el volumen de la espuma (tiempo cero), expresando los resultados en %.

La concentración mínima de gelificación se determinó mediante el método descrito por Chandra (2015). Se realizaron dispersiones de harina de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30 y 32 % (p/v) preparadas en 5 mL de agua destilada se calentaron a $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 1 h en baño maría. El contenido se enfrió con agua de la llave y posteriormente se mantuvo en baño de hielo durante 2 h a $10 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La concentración mínima de gelificación se determinó cuando aquella concentración de la muestra en el tubo invertido no se deslizó.

Contenido de compuestos antinutricionales y fenoles

Determinación de taninos condensables

Para taninos condensables se realizó una curva de calibración con catequina como estándar diluido en metanol absoluto, la concentración de inicio fue de 5mg/mL, con diluciones en 5 puntos de diferentes concentraciones.

Las soluciones de trabajo fueron vainillina acidificada, que se logró al combinar la solución de vainillina al 1% con la solución de metanol al 8% en ácido clorhídrico en proporción 1:1 (esta solución se usó en puntos de la curva de calibración y las muestras). La solución de metanol al 4% en ácido clorhídrico se empleó en los blancos de la curva de calibración y los blancos de las muestras, agregando 5 mL de las soluciones de trabajo de forma cronometrada: En el tiempo cero se agregó la solución de metanol en ácido clorhídrico al 4% al tubo blanco de la curva, en el minuto 1 se agregó la solución vainillina acidificada al tubo 1 de la curva. Al minuto 2 se adicionó la solución vainillina acidificada al tubo 2 de la curva, y así sucesivamente hasta llegar a la muestra en el minuto 6 en donde se agrega nuevamente la solución de metanol en ácido clorhídrico al 4% al tubo blanco de la primera muestra. Al minuto 7 se agregó la solución de vainillina acidificada al tubo de la primera muestra y al minuto 8 se adicionó la solución de vainillina acidificada al tubo del duplicado de la primera muestra. Nuevamente, al minuto 9 se agregó la solución de metanol en ácido clorhídrico al 4% al tubo blanco de la segunda muestra (así consecutivamente hasta llegar al minuto 18 con el tubo correspondiente). En el minuto 20 se inicia la lectura cronometrada de los tubos en incubación, empezando por el blanco de la curva. La lectura se llevó a cabo en un espectrofotómetro UV7 a 500nm, extrapolando los datos de absorbancia a la curva de calibración para calcular la concentración.

La extracción de los taninos en la muestra se realizó pesando 0.2g de muestra molida (tamaño de partícula de 1mm) y colocando en tubo falcon de 50 mL. Posteriormente, se agregó 10 mL de metanol al 80% y pasó a agitación a 1h a temperatura ambiente. Finalmente, se centrifugó a 15 min a 4000 rpm y se filtró en papel filtro (filtración fina).

Determinación de fenoles totales

En los fenoles totales se empleó una curva de calibración con ácido gálico como estándar diluido en etanol absoluto, la concentración de inicio fue de 5mg/mL. Se realizaron

diluciones en 5 puntos de diferentes concentraciones. Se tomó 100 microlitros de solución estándar y se colocó en tubo de ensayo de 25mL, (midiendo 7.4 mL de agua destilada y agregando al tubo). Posteriormente, se tomó 500 microlitros de solución Folín-Ciocalteu y se agregó a un tubo de ensayo. En otro tubo de ensayo se agregaron 1.8 mL de Hidróxido de sodio (NaOH) 0.3M, se mezcló adecuadamente y se cubrió la gradilla para mantener condiciones de obscuridad, dejando en reposo 2h a 20°C. La lectura fue hecha en un espectrofotómetro UV7-Vis a 765nm. Los datos de absorbancia de la muestra se extrapolaron a la curva de calibración para calcular la concentración.

La extracción de fenoles en la muestra se llevó acabo pesando 0.3 g de muestra de molida (tamaño de partícula de 1mm) y se colocó en tubo falcon de 50 mL. Después, se agregaron 10 mL de etanol al 80% y se agitó a 1h a temperatura ambiente en centrífuga. Se llevó a centrifugar a 15 min a 4000 rpm y por último se filtró en papel filtro (filtración fina). Para realizar la reacción, se colocaron 100 microlitros de muestra filtrada en tubo de ensayo de 25mL con 7.9 mL de agua destilada. Se tomaron 500 microlitros de solución Folín-Ciocalteu (1N) y se agregó al tubo de ensayo. Posteriormente se adicionaron 1.5 mL de Hidróxido de sodio (NaOH) 0.3M, mezclando adecuadamente. Se cubrió la gradilla para mantener condiciones de obscuridad y se dejó en reposo 2h a 20°C. La lectura se realizó en espectrofotómetro UV-Vis a 765nm.

Determinación de saponinas

Para la determinación de saponinas se usó un método cualitativo, pesando 0.1 g de muestra y agregando a un tubo con 5 mL de agua destilada. Se agitó en un vortex por 1 minuto y se dejó reposar por 15 minutos, posteriormente se midieron los cm de espuma formados en las muestras con una regla. Al mismo tiempo se realizó la muestra control con el reactivo de saponina para comparar los resultados.

Determinación de alcaloides

La determinación de alcaloides fue hecha por método cualitativo, pesando 3g de muestra molida (tamaño de partícula de 1mm) y agregando 30 mL de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 10%. Posteriormente, se llevó a ebullición suave durante 10 minutos bajo campana y se dejó enfriar. Se filtró usando papel filtro (filtración fina), dicha filtración se refiere a

proceso en donde se separa partículas sólidas de líquidos o gases, utilizando un medio poroso.

Se prepararon 3 tubos de ensayo de cristal con volumen de 15 mL, por muestra en gradilla (rotulados). Se agregó a cada tubo de ensayo 1 mL del filtrado y 1 mL de los reactivos Mayer, Wagner, Dragendorff (mezclado adecuadamente para observar la reacción). Al mismo tiempo se trabaja una muestra de tabaco como control para comparar los resultados obtenidos en las muestras para cada reactivo.

Análisis Sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo a través de una prueba de evaluación sensorial de 7 puntos para medir la aceptabilidad de hotcakes hechos con harina 100% trigo (control) y las harinas compuestas del 10 y 15% (harina de cáscara de mango Ataúlfo y consecutivamente mango criollo); en total se obtuvieron cinco mezclas diferentes. La escala de la prueba contempló desde “me disgusta extremadamente” hasta “me gusta extremadamente” (**Anexo A**).

Para los hotcakes (control), en un bowl se agregaron cuatro cucharadas de mantequilla derretida, 1 cucharada de esencia de vainilla, tres tazas de leche y tres piezas de huevo, se batieron con un batidor globo manual y posteriormente se agregaron poco a poco los ingredientes secos previamente cernidos (600 g de harina de trigo, dos cucharaditas de sal y una cda $\frac{1}{2}$ de polvo para hornear, dos cucharaditas de sal, cinco cucharadas de azúcar). Se dejó reposar la mezcla 10 minutos y posteriormente se elaboraron los pancakes.

En el caso de las harinas compuestas del 10%, se empleó 540 g de harina de trigo y 60 g de harina de cáscara de mango Ataúlfo y criollo, respectivamente. Para las harinas compuestas del 15% se utilizaron 510 g de harina de trigo y 90 g de de harina de cáscara de mango Ataúlfo y criollo. Las cantidades de los demás ingredientes y el procedimiento de las mezclas para pancakes del 10 y 15% fueron las mismas (**Anexo C**).

Se asignaron códigos (números al azar) para cada muestra de pancake (tabla 1).

La prueba se aplicó a 93 estudiantes de diferentes grupos de la licenciatura en gastronomía de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), específicamente de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos.

Tabla 2. Número de muestra y porcentaje de sustitución para creación de pancakes

Número de muestra	Contenido de harina de cáscara de mango Ataulfo (HCMA) o criollo (HCMC) (%)
764	0 %
416	10% HCMC
644	15% HCMC
194	10% HCMA
386	15% HCMA

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como la media de todas las determinaciones $\pm$ desviación estándar. Se utilizó el software minitab 16.0 con varianza unidireccional (ANOVA) para el análisis químico proximal y propiedades tecnofuncionales, usando la prueba de Tukey para comparaciones entre los tratamientos a $p \leq 0.05$.

Para el análisis sensorial se utilizó el software NCSS versión 2024 para comparaciones entre los tratamientos a $p \leq 0.05$ (Fisher LSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico proximal y Aw (actividad de agua) de las harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo.

En el presente apartado se muestran primeramente los resultados obtenidos del análisis químico proximal realizados a las harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos %) (tabla 2).

Tabla 3. Análisis químico proximal de harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo

Muestras	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
HCMC	2.10 ^b ±0.01	1.29 ^b ±0.01	2.25 ^b ±0.02	7.58 ^b ±0.01	4.82 ^a ±0.00	81.92 ^a ±0.00
HCMA	4.61 ^a ±0.06	3.17 ^a ±0.01	2.86 ^a ±0.02	8.48 ^a ±0.12	3.77 ^b ±0.05	77.10 ^b ±0.00

Los valores son medias ± desviaciones estándar de repeticiones (n = 3). HCMC es harina de cáscara de mango criollo y HCMA es harina de cáscara de mango Ataúlfo. Los valores medios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Las cáscaras de mango criollo tuvieron un menor contenido de humedad (2.10%) a comparación de la cáscara de mango Ataúlfo (4.61%). Mahecha *et al*, en 2021, obtuvieron un porcentaje de humedad del 7.51% (promedio de harinas de diferentes variedades de cáscaras de mangos). Es importante mencionar que las harinas se encuentran en rangos adecuados para el contenido de humedad, ya que niveles más altos vuelven susceptible el producto a la contaminación, resultando en olores y sabores desagradables, así como contaminación por micotoxinas (Bodor *et al.*, 2024).

El contenido de proteína, grasa y fibra, fue mayor en la harina de mango Ataúlfo (3.17%, 2.86% y 8.48%) que en la harina de cáscaras de mango criollo (1.29%, 2.25% y 7.58%). El contenido de proteína en la HCMA fue similar al reportado por Lebaka *et al*, en 2021(3.6%). Cabe destacar que el contenido de proteína reportado en la harina de 100% de trigo es de 10.24% (Verem *et al.*, 2021).

Por otro lado, la presencia de grasa en otras variedades de harinas de cáscaras de mango ha sido del 5% (Giraldo *et al.*, 2005). Lenucci *et al.*, (2022), encontraron que el contenido de grasa en las cáscaras de mango se presenta (regularmente) en forma de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente linolénico y linoleico. Respecto al contenido de fibra, las dos variedades de HCMC y HCMA muestran valores más altos (7.48 y 8.48%) a comparación de otros estudios en donde se emplean harinas con cáscaras de mango, reportando un 4.5% para el contenido de fibra (Sadeh *et al.*, 2022). O en el caso de la harina de trigo refinada, en donde se observa un contenido de fibra del 0.51% (Oppong y Acka, 2018). Lo anterior, mencionan los autores, es debido a que el proceso de refinamiento conlleva una pérdida de nutrientes como minerales y vitaminas, además de la fibra presente en el germen y salvado del trigo.

A su vez, se ha observado que las cáscaras de mango son ricas en pectina, este biopolímero puede mejorar las propiedades funcionales de los alimentos (Wongkaew *et al.*, 2021).

La HCMC presenta un contenido más alto de ceniza (4.82%) a equiparación de la HCMA (3.77%). Es importante mencionar que el porcentaje de ceniza en estas 2 variedades de harinas son mayores a los reportados en los estudios de Wongkaew *et al.*, (2021) y Mahecha *et al.*, (2023), con un contenido de 0.54 y 1.65%, respectivamente. Los autores anteriores mencionan que el contenido de ceniza en la harina de trigo es de 2.05%. El contenido de ceniza refleja la presencia de minerales en el objeto de estudio. Los minerales reportados en las cáscaras de mango son potasio, magnesio, sodio, calcio, cobre, hierro, manganeso, zinc, cromo, fósforo y cloro (Kučuk *et al.*, 2024).

El contenido de carbohidratos para la HCMA y HCMC fue de 77.10 y 81.92%, respectivamente. Arumugam y Manikandan en 2011, reportaron que el contenido en proteínas y carbohidratos de cáscaras de frutas como el mango, podrían servir como fuente para el crecimiento microbiano fermentativo etanogénico (hongos). Cabe destacar que la harina 100% de trigo presenta un 66.66% de carbohidratos en su contenido.

Cabe aclarar, que en el caso de las cáscaras de mango se ha observado que los niveles de nutrientes pueden variar y estar influenciados por diferentes factores como la composición

del suelo en el que se ha cultivado, las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas (utilización de fertilizantes) y la variedad de fruta (Czech et al., 2020).

Adicionalmente al análisis químico proximal, las harinas de cáscaras fueron analizadas en términos de su actividad de agua. En la tabla 3, se muestran los resultados de la actividad de agua de las harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo.

Tabla 4. Actividad de agua (Aw) de harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo

Muestra	Aw
HCMA	0.048
HCMC	0.043

HCMA: harina de cáscara de mango Ataúlfo; HCMC: harina de cáscara de mango criollo.

El agua es uno de los factores más importantes que regula el deterioro microbiano en los alimentos, la reactividad química y biológica (por ejemplo, la oxidación de lípidos y la actividad no enzimática/enzimática) (Maneffa *et al.*, 2017). Los autores anteriores mencionan que la Aw ejerce un papel primordial en las propiedades sensoriales de los alimentos, como lo son el aroma, el sabor y la textura. En el caso de las harinas de cáscaras de mango de este estudio, los niveles de Aw se encuentran dentro de un rango en donde no hay crecimiento microbiano o de levaduras que puedan afectar la calidad de estas mismas. Por otro lado, al estar la HCMA y HCMC dentro de un rango bajo de Aw, se prevee que no existirá pérdida de nutrientes o cambios en el sabor (amargo) por reacciones enzimáticas o de otra índole. Es importante mencionar lo anterior, ya que el pardeamiento no enzimático (específicamente la reacción de Maillard) puede ocurrir a una velocidad muy rápida en condiciones de almacenamiento, cuando la Aw es alta, generando disminución en las propiedades sensoriales y nutricionales de los polvos/harinas (Labuza *et al.*, 1997). A su vez, una baja actividad de agua puede provocar deshidratación, ya que las células pueden perder agua a través de la ósmosis.

Propiedades tecnofuncionales de harinas compuestas

Las propiedades tecnofuncionales como la capacidad de absorción de agua y aceite, densidad aparente, capacidad de formación de espuma y concentración mínima de gelificación de la harina compuesta a base de harina de trigo y harina de cáscaras de mango Criollo y Ataúlfo se muestran en la Tabla 4 y 5.

Tabla 5. Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta a base de trigo y harina de cáscaras de mango criollo

Muestras	Capacidad de absorción de agua (%)	Capacidad de absorción de aceite (g aceite/gmuestra)	Densidad aparente (g/mL)	Capacidad de formación de espuma (%)	Concentración mínima de gelificación (%)
100% harina de trigo	60.01 ^f ±0.790	2.90 ^a ±0.131	0.64 ^a ±0.020	6.24 ^a ±0.00	20 ^c
95%T 5%HCMC	103.49 ^e ±0.355	1.73 ^d ±0.026	0.42 ^{cd} ±0.011	3.88 ^b ±0.04	30 ^a
90%T 10%HCMC	106.28 ^d ±0.112	1.88 ^c ±0.000	0.47 ^c ±0.014	3.17 ^d ±0.07	24 ^b
85%T 15%HCMC	114.55 ^c ±0.040	1.89 ^c ±0.000	0.51 ^c ±0.014	3.41 ^c ±0.04	24 ^b
80%T 20%HCMC	117.78 ^b ±0.028	1.91 ^c ±0.002	0.57 ^{ab} ±0.014	2.19 ^e ±0.03	20 ^c
75%T 25%HCMC	120.27 ^a ±0.046	2.12 ^b ±0.002	0.61 ^a ±0.014	2.22 ^e ±0.00	20 ^c

Los valores son medias ± desviaciones estándar de determinaciones repetidas (n = 3). T es harina de trigo.

HCMC es harina de cáscara de mango criollo. Los valores medios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 6. Propiedades tecnofuncionales de la harina compuesta a base de trigo y harina de cáscaras de mango Ataúlfo

Muestras	Capacidad de absorción de agua (%)	Capacidad de absorción de aceite (g aceite /gmuestra)	Densidad aparente (g/mL)	Capacidad de formación de espuma (%)	Concentración mínima de gelificación (%)
100% harina de trigo	60.01 ^f ± 0.790	2.90 ^a ± 0.636	0.64 ^a ± 0.014	6.24 ^a ± 0.00	20 ^c
95%T 5%HCMA	93.24 ^e ± 0.233	2.15 ^e ± 0.028	0.43 ^c ± 0.014	3.73 ^b ± 0.05	28 ^a
90%T 10%HCMA	101.48 ^d ± 0.516	2.18 ^d ± 0.000	0.49 ^b ± 0.014	3.60 ^c ± 0.07	26 ^b
85%T 15%HCMA	108.73 ^c ± 0.099	2.22 ^c ± 0.003	0.51 ^b ± 0.014	3.35 ^d ± 0.04	24 ^c
80%T 20%HCMA	110.32 ^b ± 0.085	2.23 ^c ± 0.000	0.52 ^b ± 0.000	2.10 ^e ± 0.03	22 ^d
75%T 25%HCMA	113.83 ^a ± 0.035	2.26 ^b ± 0.002	0.52 ^b ± 0.000	2.12 ^e ± 0.00	22 ^d

Los valores son medias ± desviaciones estándar de determinaciones repetidas (n = 3). T es harina de trigo. HCMA; harina de cáscara de mango Ataúlfo. Los valores medios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Para el caso de la absorción de agua, el valor más bajo lo obtuvo la harina 100% de trigo mientras que el valor más alto fue para las harinas compuestas con 75T y 25% de HCMC y HCMA (120.27 y 113.83%). Lo anterior, puede deberse al contenido de fibra en las cáscaras de mango, que según indican estudios previos, la fibra puede ayudar a mejorar la absorción de agua y a su vez, se relaciona con la dilución del gluten. La alta capacidad de absorción de agua de una harina compuesta es un indicador de que la harina será útil en productos alimenticios donde se requiere una buena viscosidad (Adeyanju y Bamidele, 2022). Cabe destacar que las funciones fisiológicas de diferentes fibras dietéticas dependen en gran medida de sus características fisicoquímicas, una de las cuales es la solubilidad. En este caso, la fibra dietética soluble puede ser fácilmente utilizada por microorganismos que degradan la fibra en el intestino y produce una serie de metabolitos benéficos para la salud (ácidos grasos de cadena corta que tienen propiedades antiinflamatorias) (Guan *et al.*, 2021).

La capacidad de absorción de aceite fue mayor 2.83 gaceite/gmuestra para la harina 100% de trigo, seguido de la harina compuesta 75%T y 25% HCMC y HCMA (2.12 gaceite/gmuestra y 2.26 gaceite/gmuestra). Los valores más bajos fueron para 95%T y 5%HCMC y HCMA (1.72 gaceite/gmuestra y 2.15 gaceite/gmuestra). El hecho de que la harina 100% de trigo haya retenido más aceite puede deberse a que la proteína tiene componentes hidrofílicos e hidrofóbicos, las cadenas laterales de aminoácidos no polares pueden formar interacciones hidrofóbicas con las cadenas de hidrocarburos de los lípidos (Chandra *et al.*, 2015). Es importante considerar esta propiedad, puesto que a una mayor retención de aceite, existirá una densidad energética más alta en productos elaborados con trigo 100%, que su consumo en proporciones elevadas pudieran contribuir al desarrollo de sobrepeso.

La densidad aparente fue mayor en la harina 100 trigo (0.64 g/mL), seguida de la 75%T 25% HCMC y HCMA (0.61 g/mL y 0.53 g/mL). La densidad aparente de las harinas es dependiente de la humedad del grano o la materia usada (Kumar *et al.*, 2022). A su vez, la eliminación del germen tiene un efecto importante sobre la densidad aparente de las harinas en las fracciones molidas (Devisetti *et al.*, 2014). Las harinas que muestran una menor densidad aparente pueden emplearse en formulaciones de productos dirigidos a bebés (Kumar *et al.*, 2022).

En el caso de la capacidad de formación de espuma, la harina 100% de trigo siguió teniendo el valor más alto (5.72%) respecto a las mezclas de harinas compuestas. Conforme disminuía el contenido de harina de trigo, también disminuía la capacidad de formación de espuma. Lo anterior es observable en otros estudios de harinas compuestas en donde conforme aumentaba la sustitución de harina de trigo por harina de plátano y chufa, disminuía la capacidad de formación de espuma, pasando de 19.00% para el control a 11.50% para la muestra 15–65,66% trigo/ 29% plátano/5,33% chufa (Bamigbola *et al.*, 2016). Los autores anteriores mencionan que esta tendencia puede deberse a que la capacidad de formación de espuma está relacionada con la cantidad de proteína solubilizada. Sin embargo, la cantidad de lípidos polares y no polares también pueden influir en esta característica. Las mezclas que muestran menor capacidad de formación de espuma son difíciles de aplicar en productos en donde esta propiedad es de interés (helados, cerveza etc) (Nwosu, 2010).

Respecto a la capacidad mínima de gelificación, las harinas compuestas 80%T 20% HCMC y 75%T 25% HCMC y la harina 100% trigo formaron un gel en una concentración significativamente menor (20%). Las harinas 95%T 5% HCMC y HCMA, 90%T 10%HCMC y HCMA, formaron gel rápidamente en la concentración más alta (30 y 28%, respectivamente). Esta propiedad (capacidad mínima de gelificación) de las harinas se ve influenciada por la competencia física por el agua entre la gelificación de proteínas y la gelatinización del almidón (Chandra *et al.*, 2015). Dicha variación en la capacidad mínima de gelificación en las harinas compuestas a base de cáscaras de mango Criollo, Ataúlfo y trigo puede deberse a que como lo reportan estudios previos, las cáscaras de mango son ricas en pectina, que tienen una alta capacidad de gelificación (Espinoza *et al.*, 2018). Los autores anteriores especifican que la capacidad de dicho polisacárido para gelificar estará afectado por del tipo de pectina encontrando en la materia prima, el grado de metilación, el peso molecular promedio, la fuerza iónica, la temperatura y el pH.

Compuestos antinutricionales y fenoles

La tabla 6. muestra los resultados de los compuestos fenólicos y anti nutricionales, contenidos en las harinas de cáscaras de mango criollo y Ataúlfo.

Tabla 7. Compuestos antinutricionales y fenoles en harinas de cáscaras de mango (criollo y Ataúlfo)

Muestra	Taninos condensables g/100g	Fenoles totales g/100g	Saponinas	Alcaloides		
				Mayer	Dragendorff	Wagner
HCMC	0.3437	373.7896	(+)	(-)	(-)	(-)
HCMA	0.4014	653.8241	(+)	(+)	(+)	(+)

HCMC: harina de cáscara de mango criollo;HCMA: harina de cáscara de mango Ataúlfo.

Los taninos se han mencionado como antinutrientes presentes en los alimentos de origen vegetal, sin embargo, en la actualidad se ha estudiado su potencial antioxidante puesto que pueden donar átomos de hidrógeno o electrones para inhibir las especies de radicales libres

de lípidos (Amarowicz y Pegg, 2024). Además, los taninos condensados juegan un papel importante al brindar una percepción de amargor/ astringencia en la boca (Ju *et al.*, 2021). Se ha reportado que las cáscaras de mango son ricas en taninos condensables, mientras que los taninos hidrolizables pueden disminuir significativamente durante el proceso de maduración (Suleria *et al.*, 2020). Los autores anteriores obtuvieron una concentración de taninos condensables del 8.99 ± 0.13 mg/g en las cáscaras de mango maduro Kensington Pride.

Ambos tipos de harinas de cáscaras de mango (Ataúlfo y criollo) presentan fenoles totales, siendo mayor el contenido en la HCMA. Se ha observado que los principales compuestos fenólicos en las cáscaras de mango son: ácido gálico, ácido elágico, ácido cafeico, ácido ferúlico, rutina, catequina, quercetina, kaempferol y mangiferina con efectos antioxidantes, antidiabéticos, anticancerígenos, antimicrobianos y antiinflamatorios (Kučuk *et al.*, 2024). El contenido de fenoles en cultivares de mango Ataúlfo de otras regiones de México fue de 137.68 g/100g de peso seco (Preciado *et al.*, 2022), siendo mayor el contenido en las cáscaras empleadas en este estudio (653.82g/100g HCMA). Cabe mencionar que el contenido fenólico de las cáscaras de frutas difiere según la variedad de las mismas, las condiciones ambientales, la etapa de cosecha, los tratamientos previos y posteriores a la cosecha, el solvente y el proceso de extracción (Thangsiri *et al.*, 2024). Lenucci *et al.*, (2022), encontraron que, en las cáscaras de mangos de la variedad de Tommy Atkins, Kent y Haden el fenol más abundante era la mangiferina (411.0 g/100 g peso seco).

El análisis cualitativo del contenido de saponinas fue positivo para ambas harinas de cáscaras de mangos (criollo y Ataúlfo), indicando la presencia de estos metabolitos. Las saponinas presentan estructuras anfifílicas, lo que permite que tengan propiedades tensioactivas, dando lugar a espumas estables (Timilsena *et al.*, 2023). Los autores anteriores refieren que las saponinas se pueden emplear en la industria alimentaria como emulsionantes naturales, agentes espumantes y estabilizadores.

Respecto a los alcaloides, la HCMA mostró la presencia de estas moléculas en los diferentes reactivos utilizados. Al igual que los taninos, fenoles y saponinas, los alcaloides son compuestos secundarios al metabolismo de las plantas (Dey *et al.*, 2020). Las funciones de los alcaloides son de protección y regulación del crecimiento de las plantas, pero desde una

perspectiva terapéutica, estos pueden desarrollar un papel anestésico, cardioprotector y antiinflamatorio en los humanos (los más conocidos son morfina, estricnina, quinina, efedrina y nicotina) (Heinrich *et al.*, 2021).

Análisis sensorial

En la figura 1 se muestran los resultados del análisis sensorial (escala hedónica de 7 puntos). Las harinas compuestas con 10% y 15% de HCMC, HCMA y el control (harina 100% trigo) fueron empleados en la creación de pancakes.

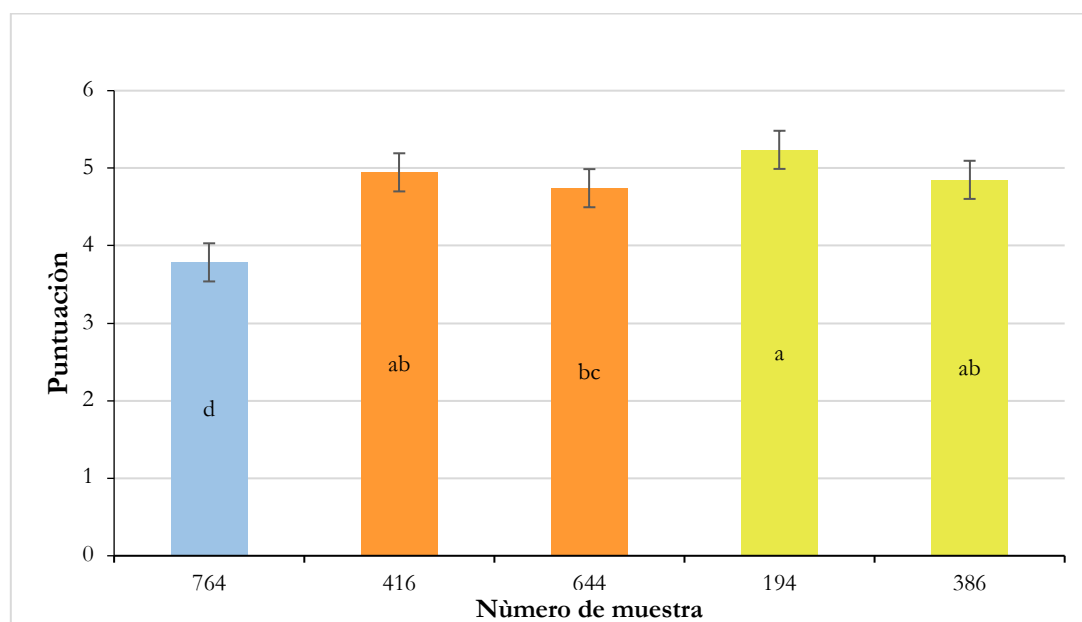


Figura 1. Prueba de aceptación sensorial de pancakes realizados con las harinas de cáscaras de mango (criollo y Ataúlfo) y trigo

(Letras diferentes en las barras denotan diferencia significativa ($p < 0.05$). La muestra 764 es el control, 416 es 10%HCMC, 644 es 15% HCMC, 194 es 10% HCMA y 386 es 15% HCMA.

La escala de la prueba comprendió desde me disgusta extremadamente a me gusta extremadamente. Los resultados de la prueba muestran que la aceptación general de los hotcakes elaborados rondó en la puntuación 5 (me gusta ligeramente), a comparación de la muestra control 764, que obtuvo una puntuación entre el 3 y 4 (me disgusta ligeramente y ni me gusta ni me disgusta), siendo los productos elaborados a partir de harinas compuestas los que obtuvieron una mayor aceptabilidad. Por lo tanto, el aumento hasta en un 15% con

harinas de cáscaras de mango en combinación con harina de trigo no afecta de manera desfavorable a la aceptación sensorial del producto. En estudios en donde se emplean harinas compuestas se ha descrito que sustituir entre 5, 10 y 15% con harinas de pulpa, cáscaras y semillas de frutos, no se afectan drásticamente las características organolépticas de los productos realizados. Por ejemplo, Barakat (2021), observó que, al emplear del 10 al 15% de harina de baobab (fruta Africana) en pasteles hechos con harina de trigo.

De igual manera, Parafati *et al.* (2020) mostraron que en la elaboración de un pan con cáscaras de tuna, la adición de un 10% tuvo el mayor nivel de aceptación (similar al control con 100% harina de trigo), no generando ninguna modificación en la textura, granulosis y masticabilidad. Y a su vez, Chulibert *et al.* (2024), observaron que la inclusión de un 10 % de harina de cáscaras de mango en la masa de panes tenía una aceptación sensorial grata (aroma y color) del pan elaborado con dicha harina. Por lo que una sustitución dentro de este rango parece ser óptimo para la creación de productos alimenticios a través del uso de harinas compuestas como en este caso, las harinas de cáscaras de mango.

CONCLUSIÓN

Este estudio realza la importancia de la creación de harinas compuestas a base de trigo y cáscaras de mango, en la producción de alimentos. Lo anterior revela una prometedora ruta hacia la innovación en la industria alimentaria. Estas harinas no solo ofrecen una alternativa sostenible al aprovechar un subproducto agroalimentario, sino que también enriquecen los productos finales con nutrientes esenciales presentes en la cáscara de mango, como fibra, antioxidantes y vitaminas. Además, al combinarlas con trigo, se potencia su versatilidad y aplicabilidad en una amplia gama de productos. Dicha combinación podría ofrecer beneficios significativos para la salud, como la mejora del tránsito intestinal. De igual manera, estas harinas compuestas muestran buenas propiedades tecnofuncionales (mínima capacidad de gelificación, absorción de agua etc), pudiendose aplicar en diversidad de productos alimenticios en donde dichas características son valoradas. Finalmente, las harinas compuestas de trigo y cáscaras de mango representan una oportunidad prometedora tanto para la industria alimentaria como para la salud pública, al proporcionar productos nutritivos, sostenibles y sensorialmente aceptable (como el caso de los pancakes obtenidos en este estudio).

RECOMENDACIONES

Para la siguiente investigación se recomienda complementar con los siguientes estudios que serían de mucho interés:

- Evaluar la estabilidad nutricional a largo plazo de las harinas con cáscaras de mango Ataúlfo y criollo/trigo: realizar estudios sobre la estabilidad de los nutrientes presentes en las harinas compuestas a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones de almacenamiento podría ser de mucho interés, ya que permitiría garantizar su efectividad y seguridad en la producción alimentaria. Este análisis podría incluir la evaluación de la pérdida de antioxidantes, vitaminas y fibra durante el procesamiento y la conservación.
- Análisis ambiental y del ciclo de la vida: tomando en consideración que las harinas compuestas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo y trigo son una alternativa sostenible, sería interesante realizar un análisis de ciclo de vida para comparar su impacto ambiental frente a las harinas tradicionales o productos alimenticios convencionales. Lo anterior, podría fortalecer el argumento de que estas harinas contribuyen a una producción alimentaria más sostenible.
- Ampliar el análisis reológico de las harinas: complementar principalmente con pruebas de extensibilidad, elasticidad y consistencia de la masa, análisis de formación de gluten etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeyanju, A.A., y Bamidele, O.P. (2022). Nutritional Composition, In Vitro Starch Digestibility and Antioxidant Activities of Composite Flour Made from Wheat and Mature, Unripe Pawpaw (*Carica papaya*) Fruit Flour. *Nutrients*, 14 (22). doi: 10.3390/nu14224821
- Agama Acevedo, E., Islas-Hernández, J.J., Pacheco-Vargas, G., Osorio-Díaz, P y Bello-Pérez, L.A. (2012). Digestibilidad del almidón e índice glucémico de galletas parcialmente sustituidas con harina de plátano verde. *LWT - Food Science and Technology*, 46 (1), 177-182. doi: 10.1016/j.lwt.2011.10.010
- Ahmed, I.B., Hannachi, A., y Haros, C.M. (2020). Combined Effect of Chia Flour and Soy Lecithin Incorporation on Nutritional and Technological Quality of Fresh Bread and during Staling. *Foods*, 9 (4), 446. doi: 10.3390/foods9040446
- Alagawany, M., Abd, M.E., Ragab, M., Gopi, M., Karthik, K., Singh, Y., y Dhama, K., (2017). Rosmarinic acid: modes of action, medicinal values and health benefits. *Anim Health Res Rev*, 18 (2), 167-176. doi: 10.1017/S1466252317000081
- Alam, M., Ashraf, G.M., Sheikh, K., Khan, A., Ali, S., Ansari, M.M., Hassan, M.I. (2022). Potential Therapeutic Implications of Caffeic Acid in Cancer Signaling: Past, Present, and Future. *Front Pharmacol*, 13, 845871. doi: 10.3389/fphar.2022.845871
- Aljahani, A.H. (2022). Wheat-yellow pumpkin composite flour: Physico-functional, rheological, antioxidant potential and quality properties of pan and flat bread. *Saudi J Biol Sci*, 29 (5), 3432-3439. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35844428/>
- Alshehry, A.G. (2022). Medicinal Applications of Banana Peel Flour Used as a Substitute for Computing Dietary Fiber for Wheat Flour in the Biscuit Industry. *Appl Bionics Biomech*, 2022, 2973153. doi: 10.1155/2022/2973153

- Amarowicz, R., y Pegg, R.B. (2024). Condensed tannins-Their content in plant foods, changes during processing, antioxidant and biological activities. *Adv Food Nutr Res*, 110. doi: 10.1016/bs.afnr.2024.03.001.
- AOAC. (1992). AOAC Officers and Committees. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 75 (1), 200–204. doi: 10.1093/jaoac/75.1.200
- Arumugam, R., y Manikandan, M. (2011). Fermentation of Pretreated Hydrolyzates of Banana and Mango Fruit Wastes for Ethanol Production. *ASIAN J. EXP. BIOL*, 2 (2). Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Manikandan-Muthuswamy/publication/376414936_Fermentation_of_Pretreated_Hydrolyzates_of_Banana_and_Mango_Fruit_Wastes_for_Ethanol_Production/links/65781386fc4b416622ba3812/Fermentation-of-Pretreated-Hydrolyzates-of-Banana-and-Mango-Fruit-Wastes-for-Ethanol-Production.pdf
- Astiz, V., Guardianelli, L.M., Salinas, M.V., Brites, C., y Puppo, M.C. (2022). High β -Glucans Oats for Healthy Wheat Breads: Physicochemical Properties of Dough and Breads. *Foods*, 12 (1). doi: 10.3390/foods12010170
- Avella, M.G., Ortiz, C.A., y Mendoza, A. Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación. *Centro Nacional de Metrología*. Recuperado de: https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf
- Awolu, O.O., Sudha, L.M., y Manohar, B. (2018). Influence of defatted mango kernel seed flour addition on the rheological characteristics and cookie making quality of wheat Flour. *Food Sci Nutr*, 6 (8), 2363-2373. doi: 10.1002/fsn3.825
- Awolu, O.O., Osemeke, R.O., y Temilade, B.O. (2016). Antioxidant, functional and rheological properties of optimized composite flour, consisting wheat and amaranth seed, brewers' spent grain and apple pomace. *J Food Sci Technol*, 53 (2), 1151-1163. doi: 10.1007/s13197-015-2121-8
- Awoyale, W. Abass, A.B., Alenkhe, B., Malu, N., Asiru, B.W., Manyong, V., y Sanginga, N. (2016). Can food technology innovation change the status of a food security crop?

- A review of cassava transformation into “bread” in Africa. *Food Reviews Int*, 34 (1), 87-102. doi: 10.1080/87559129.2016.1239207
- Bamigbola, Y.A., Awolu, O.O., Oluwalana, I.B., Yildiz, F. (2016). The effect of plantain and tigernut flours substitution on the antioxidant, physicochemical and pasting properties of wheat-based composite flours. *Cogent Food & Agriculture*. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2016.1245060>
- Barakat, H. (2021). Nutritional and Rheological Characteristics of Composite Flour Substituted with Baobab (*Adansonia digitata* L.) Pulp Flour for Cake Manufacturing and Organoleptic Properties of Their Prepared Cakes. *Foods*, 27 (10). doi: 10.3390/foods10040716
- Bathia, L., Jha, H., Sarkar, T., Sarangi, P.K. (2023). Food Waste Utilization for Reducing Carbon Footprints towards Sustainable and Cleaner Environment: A Review. *Int. J. Environ. Res Public Health*, 20 (3). Recuperado de: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/3/2318>
- Biao, Y., Chen, X., Wang, S., Chen, G., McClements, D.J., y Zhao, L. (2019). Impact of mushroom (*Pleurotus eryngii*) flour upon quality attributes of wheat dough and functional cookies-baked products. *Food Sci Nutr*, 8 (1), 361-370. doi: 10.1002/fsn3.1315
- Bodor, K., Szilagyi, J., Salamon, B., Szakacs, O., y Bodor, Z. (2024). Physical–chemical analysis of different types of flours available in the Romanian market. *Sci Rep*, 9 (14), 881. Recuperado de : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10776669/>
- Cao, H., Wang, C., Li, R., Guan, X., Huang, K., y Zhang, Y. (2022). Influence of sprouted oat flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Chem X*, 15. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100428
- Chandra, S., Singh, S., y Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *J Food Sci Technol*, 52 (6), 3681–3688. doi: 10.1007/s13197-014-1427-2

- Chulibert, M.A., Roppolo, P., Buzzanca, C., Alfonzo, A., Sciurba, L., Tinebra, I., Dámico, A... Settani, L. (2024). Exploring the Addition of Mango Peel in Functional Semolina Sourdough Bread Production for Sustainable Bio-Reuse. *Antioxidants*, 13 (11). doi: 10.3390/antiox13111278
- Czech, A., Zarycka, E., Yanovych., D. Zasadna, Z., Grzegoreczyk, I., Kiys, S. (2020). Mineral Content of the Pulp and Peel of Various Citrus Fruit Cultivars. *Biol Trace Elem Res*, 193 (2), 555-563. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31030384/>
- De Godoi, H.S., Raspe, D.T., Stevanato, N., Angelotto, I.S., Augusto, V., Da Silva, C. (2024). Water-soluble oat extract enriched with mango peel flour: preparation, characterization and application in Greek yogurt. *An Acad Bras Cienc*, 96. doi: 10.1590/0001-3765202420231353
- De Sousa, T., Ribeiro, M., Sabença, C., y Igrejas, G. (2021). The 10,000-Year Success Story of Wheat. *Foods*, 10 (9). doi: 10.3390/foods10092124
- Donno, D., Mellano, M.G., Hassani, S., De Biagi, M., Riondato, I., Gamba, G.,...Beccaro, G.L. (2018). Assessing Nutritional Traits and Phytochemical Composition of Artisan Jams Produced in Comoros Islands: Using Indigenous Fruits with High Health-Impact as an Example of Biodiversity Integration and Food Security in Rural Development. *Molecules*, 23 (10), 2707. doi: 10.3390/molecules23102707
- Espinoza, C.L., Millán, E.C., Quintana, R.B., Franco, Y.L., Chu, A.R. (2018). Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture. *Molecules*, (4). doi: 10.3390/molecules23040942
- Espinoza, J.S., Sánchez, P.S., Torres, S.N., Ayala, M.A., Herrera, J.P., Madagan, F.O. (2020). Inclusion of ripe mango as a source of energy in diets for Creole lambs in the dry tropics. *Trop Anim Health Prod*, 52 (6), 3519. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32954474/>
- Farzana, T., y Mohajan, S. (2015). Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom. *Food Sci. Nutr*, 3 (5), 363-465. doi: 10.1002/fsn3.22

- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019: Avanzando en la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Naciones Unidas.
- Gaesser, G.A. (2020). Whole Grains, Refined Grains, and Cancer Risk: A Systematic Review of Meta-Analyses of Observational Studies. *Nutrients*, 12 (12). doi: 10.3390/nu12123756
- Gorjanovic, S., Micić, D., Pastor, F., Tosti, T., Kalušević, A., Ristić, S., y Zlatanovic, S. (2020). Evaluation of Apple Pomace Flour Obtained Industrially by Dehydration as a Source of Biomolecules with Antioxidant, Antidiabetic and Antiobesity Effects. *Antioxidants*, 9 (5), 413. doi: 10.3390/antiox9050413
- Guan, W.Z., Yu, En.Ze., y Feng, Q. (2021). Soluble Dietary Fiber, One of the Most Important Nutrients for the Gut Microbiota. *Molecules*, 11 (22), 6802. doi: 10.3390/molecules26226802
- Guo, H., Ding, J., Liang, J., y Zhang Y. (2021). Associations of Whole Grain and Refined Grain Consumption With Metabolic Syndrome. A Meta-Analysis of Observational Studies. *Front. Nutr*, 8. doi: 10.3389/fnut.2021.695620
- Hall, J.N., Moore, S., Harper, S.B., y Lynch, J.W. (2009). Global variability in fruit and vegetable consumption. *Am J Prev Med*, 36 (5), 402-409. doi: 10.1016/j.amepre.2009.01.029
- Haque, F., Fan, Ch., Lee, Y.Y. (2024). From waste to value: Addressing the relevance of waste recovery to agricultural sector in line with circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 415. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137873>
- Hussain, H., Mamadalieva, N.Z., Hussain, A., Hassan, U., Rabnawaz, A., y Green, I.V. Fruit Peels: Food Waste as a Valuable Source of Bioactive Natural Products for Drug Discovery. (2022). *Curr Issues Mol Biol*, 44 (5), 1960-1994. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9164088/>
- Khalid, A., Hameed, A., y Farrukh, T.M. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function

- of seed storage proteins in bread making quality. *Front. Nutr*, 10. doi: 10.3389/fnut.2023.1053196
- Khoozani, A.A., Kebede, B., Birch, J., y Ahmed, A.E. (2020). The Effect of Bread Fortification with Whole Green Banana Flour on Its Physicochemical, Nutritional and In Vitro Digestibility. *Foods*, 9 (2), 152. doi: 10.3390/foods9020152
- Kucuk, N., Kotnik, P., Leitgeb, M. (2024). Mango Peels as an Industrial By-Product: A Sustainable Source of Compounds with Antioxidant, Enzymatic, and Antimicrobial Activity. *Foods*, 13(4), 553.
- Kumar, P., Kaur, Ch., Rudra, S., Arora, B. (2023). Extruded finger millet improves rheology and quality of composite maize flatbread. *Int. Jour. of Gastronomy and Food Science*, 31, 100638. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X22001731>
- Labuza, T.P., Warren, R.M., Warmbier, C. (1997). The physical aspects with respect to water and non-enzymatic browning. *Adv Exp Med Biol*, 379-418. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/906925/>
- Lebaka, V.R., Wee, Y.J., Ye, W., y Korivi, M. (2021). Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Three Different Parts of Mango Fruit. *Int J Environ Res Public Health*, 18 (2), 741. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7830918/>
- Lenucci, M.S., Tornese, R., Mita, G., y Durante, M. (2022). Bioactive Compounds and Antioxidant Activities in Different Fractions of Mango Fruits (*Mangifera indica* L., Cultivar Tommy Atkins and Keitt). *Antioxidants (Basel)*, 11 (3). doi: 10.3390/antiox11030484
- Levy, A., y Feldman, M. (2022). Evolution and origin of bread Wheat. *Plant Cell*, 34 (7), 2549–2567. doi: 10.1093/plcell/koac130
- Liu, T., Duan, H., Mao, X., y Yu, X. (2020). Influence of flaxseed flour as a partial replacement for wheat flour on the characteristics of Chinese steamed bread. *RSC Adv*, 10 (47), 28114–28120. doi: 10.1039/d0ra05742h

- Losolli, N.A., Leonel, M., De Oliveira, L.A. (2024). Exploring differences in the physicochemical and nutritional properties of mango flours and starches. *Food Science and Technology International*. doi: <https://doi.org/10.1177/10820132241259055>
- Lu, W., Shi Y., Wang, R., Su, D., Tang, M., Liu, Y Li, Z. (2021). Antioxidant Activity and Healthy Benefits of Natural Pigments in Fruits: A Review. *Int J Mol Sci*, 22 (9). doi: 10.3390/ijms22094945
- Luga, M., y Mironeasa, S. (2021). Use of Grape Peels By-Product for Wheat Pasta Manufacturing. *Plants (Basel)*, 10 (5), 926. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8148588/>
- Mahloko, L.M., Silungwe, H., Mashau, M.P., y Kgatla, T.E. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and physical characteristics of wheat-prickly pear and banana biscuits. *Heliyon*, 5 (10), e02479. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6812186/>
- Maneffa, A.J., Stennerg R., Matharu, A.S., Clark, J.C., Matubayasi, N., y Seishi, S. (2017). Water activity in liquid food systems: A molecular scale interpretation. *Food chem*, 15. Recuperado de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5544600/#:~:text=Water%20activity%20also%20plays%20an,Labuza%20%26%20Rahman%2C%202007>
- Masters, R.C., Liese, A.D., Haffner, S.M., Wagenknecht, L.E., y Hanley, A.J. (2010). Whole and Refined Grain Intakes Are Related to Inflammatory Protein Concentrations in Human Plasma. *J Nutr*, 140 (3), 587–594. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2821887/>
- Mohammed, I., Ahmed, A.R., y Senge, B. (2014). Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *J Food Sci. Technol*, 51 (9), 1902–1910. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4152488/>

- Molfetta, M., Celano, G., y Minervini, F. (2021). Functional, Nutritional, and Sensory Quality of Mixed Flours-Based Breads as Compared to Durum Wheat Semolina-Based Breads. *Foods*, 10 (7). doi: 10.3390/foods10071613
- Nartea, A., Fanesi, B., Pacetti, D., Lenti, L., Fiorini, D., Lucci, P.,...Falcone, P.M. (2023). Cauliflower by-products as functional ingredient in bakery foods: Fortification of pizza with glucosinolates, carotenoids and phytosterols. *Curr Res Food Sci*, 6, 100437. doi: 10.1016/j.crfs.2023.100437
- Nwosu, U.L., Elochukwu, C.U., Onwurah, C.O. (2014). Physical characteristics and sensory quality of bread produced from wheat/African oil bean flour blends. *African Jour. Of Food Science*, 8 (6), 351-355. Recuperado de: <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/2FB3AFA46002>
- Olakanmi, S., Jayas, D.S., y Paliwal, J. (2022). Implications of Blending Pulse and Wheat Flours on Rheology and Quality Characteristics of Baked Goods: A Review. *Foods*, 11 (20), 3287. doi: 10.3390/foods11203287
- Oppong, D., Acka, G.K. (2018). Comparative Studies on Proximate Composition of Cowpea, Maize and Soft Wheat Flours In Ghana. *Nutrition and Food Toxicology*, 3 (3), 680-685.
- Parafati, L., Restuccia, C., Palmeri, R., Fallico, B., y Arena E. (2020). Characterization of Prickly Pear Peel Flour as a Bioactive and Functional Ingredient in Bread Preparation. *Foods*, 9 (9), 1189. doi: 10.3390/foods9091189
- Peña, R.J., Trethowan, R., Pfeiffer, W.H., y Van Ginkel, M. (2008). Quality (End-Use) Improvement in Wheat. *Journal of Crop Production*, 5 (1), 1-37. doi: 10.1300/J144v05n01_02
- Perdana, T., Kusnandar, K., Perdana, H.H., Hermiatin, F.R. (2023). Circular supply chain governance for sustainable fresh agricultural products: Minimizing food loss and utilizing agricultural waste, *Sustainable Production and Consumption* 41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.09.001>

- Plaitho, Y., Kettawan, A., Sriprapai, H., Kettawan, A.K., Kooprasertying, P. (2024). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Extract and Bioaccessible Fraction of Mango Peel in Muffins. *Food Technol Biotechnol*, 62 (2). doi: 10.17113/ftb.62.02.24.8258
- Preciado, A.M., Domínguez, J.A., Ayala, J.F., Astiazaran, H.F., Herrera, M.M., Villegas, M.A...y Medrano, A.W. (2022). Mango “Ataulfo” Peel Extract Improves Metabolic Dysregulation in Prediabetic Wistar Rats. *Life basel*, 12 (4). Recuperdo de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9027361/>
- Rodríguez, O.P., Pérez, L.A., Acevedo, E.A., Vargas., G.P. (2020). Pulp and peel of unripe stenospermocarpic mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) as an alternative source of starch, polyphenols and dietary fiber. *Food Research International*, 138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109719>
- Sampieri, R. Fernández, C.C., y Baptista, M.P. (2014). Metodología de la investigación. Recuperado de: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Shewry, P.R., y Hey, S.J. Do we need to worry about eating wheat? (2016). *Nutr Bull*, 41 (1). doi: 10.1111/nbu.12186
- SIAP. (2019). *Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios*. Cd. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/harina-integral-o-refinada-dos-productos-del-mismo-costal?idiom=es>
- SIAP. (2017). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Cd. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/trigo-grano-dando-de-comer-a-mexico#:~:text=Los%20principales%20productos%20que%20se,coberturas%2C%20botanas%2C%20entre%20otros>.
- Silva, M.A., Albuquerque, T.G., Alves, R.C., Oliveira, B.P., y Costa, H.S. Melon peel flour: utilization as a functional ingredient in bakery products. (2024). *Food & Function*, 4.

1899-1908.

Recuperado

de:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/fo/d3fo05268k>

Soto, C.M., Concha, J.C., y Zuñiga, M.E. (2020). The effect of enzymatically treated ripe banana flour on the sensory quality and glycemic response of banana-wheat flour composite muffins. *J Food Sci Technol*, 57 (10), 3621-3627. doi: 10.1007/s13197-020-04394-6

Suleria, A.H., Barrow, C.J., Dunshea, F.R. (2020). Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. *Foods*, 1 (9). doi: 10.3390/foods9091206

Thangsiri, S., Suttisansanee, U., Koirala, P., Chathiran, W., Srichamnong, W., Li, L., Nirmal, N. (2024). Phenolic content of Thai Bao mango peel and its in-vitro antioxidant, anti-cholinesterase, and antidiabetic activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31 (8).

Recuperado

de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X24001116#:~:text=Phenolic%20content%20of%20MPE,mg%20GAE%2F100%20g%20DW>

T.H Chan, H. (2013). *The Nutrition source; school of public health*. Boston, EU. Recuperado de: <https://www.hsph.harvard.edu/NUTRITIONSOURCE/WHAT-SHOULD-YOU-EAT/WHOLE-GRAINS/>

Valerga, L., Quintero, N.A., Concellón, A., y Puppo, M.C. (2020). Artichoke, eggplant and tomato flours as nutritional ingredients for wheat dough: hydration properties. *J Food Sci Technol*, 57 (5), 1954-1963. doi: 10.1007/s13197-019-04231-5

Verem, T.B., Dooshima, I.B., Ojoutu, E.M., Owolabi, O.O., y Onigbajumo, A. (2021) Proximate, Chemical and Functional Properties of Wheat, Soy and Moringa Leaf Composite Flours. *Agricultural Sciences*, (12). doi: 10.4236/as.2021.121003

Wei, X., Yang, W., Wang, J., Zhang, Y., Wang, Y., Long, Y., Tan, B., y W, X. (2022). Health Effects of Whole Grains: A Bibliometric Analysis. *Foods*, (24). Recuperado de : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9777732/>

Wieser, H., Koehler, P., y Scherf, K.A. (2020). The Two Faces of Wheat. *Front. Nutr*, 7. doi: 10.3389/fnut.2020.517313

Wongkaew, M., Chaimongkol, P., Leksawasdi, N., Jantanasakulwong, K.... Sommano, R.S. (2021). Mango Peel Pectin: Recovery, Functionality and Sustainable Uses. *Polymers*, 13 (22), 3898. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8618765/>

ANEXOS

Anexo 1:



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS

PRUEBA SENSORIAL DE HOTCAKES (ESCALA HEDÓNICA DE 7 PUNTOS)



Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Frente a usted se presentan 3 muestras de hotcakes. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Llene la tabla de izquierda a derecha marcando con una **X** el recuadro de la escala que mejor describa su percepción de la muestra.

ESCALA	Muestra 764	Muestra 194	Muestra 386
Me gusta extremadamente			
Me gusta moderadamente			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta extremadamente			
¿Lo compraría? SÍ/NO			

Comentarios:

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Formato del análisis sensorial (escala hedónica de 7 puntos).

Anexo 2:



Comisión Interna de Bioética y Bioseguridad.

Dra. Erika J. López Zúñiga.

Dr. Gilber Vela Gutiérrez.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Solicitud de consideraciones bioéticas de proyecto de investigación para trabajo profesional de posgrado.

Reciban un cordial saludo, por medio de la presente me permito someter a valoración y aprobación ante su dependencia para las consideraciones bioéticas del proyecto de trabajo profesional de posgrado denominado "Evaluación del efecto de la adición de la harina de cáscara de mango Ataúlfo y Criollo sobre las propiedades sensoriales de un alimento elaborado a partir de harinas compuestas".

Sin otro particular, agradezco la atención prestada y quedo atenta a su valiosa respuesta.

Atentamente.

L.N Amairani de Jesús Arguello
Barrientos
Estudiante de la Maestría en Nutrición y
Alimentación Sustentable

Dra. Veymar Gpe. Tacías Pascacio
Docente - Investigador.
Directora de Tesis

Formato del documento enviado al Comité de bioética

Anexo 3:



Pancakes elaborados para la prueba sensorial, utilizando harina de trigo refinada y harinas de cáscaras de mango Ataúlfo y criollo.

Anexo



Análisis sensorial realizado con alumnos de la licenciatura de Gastronomía de la UNICACH

