

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

INCORPORACIÓN DE HARINA DE *Piper auritum* EN PAN DE ARROZ PARA
MEJORAR SU CONTENIDO MINERAL

POR:

JUANANGELLO VASQUEZ CARRANZA

TESIS DE INVESTIGACIÓN



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

INCORPORACIÓN DE HARINA DE *Piper auritum* EN PAN DE ARROZ PARA
MEJORAR SUS PROPIEDADES MINERALES

POR:

JUANANGELLO VASQUEZ CARRANZA

ASESOR PRINCIPAL:

PhD. MARIO JOSUÉ GONZALES SANTOS

TESIS DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi fortaleza en los momentos difíciles y mi guía constante en este camino. Su luz me ha acompañado en cada paso, permitiéndome enfrentar los retos con valentía y alcanzar mis metas con fe y determinación.

A mis padres, Mario Ricardo Vasquez Flores y María Esther Carranza Salinas, por ser mi mayor pilar de vida, un ejemplo inquebrantable de amor, sacrificio y perseverancia. Gracias por creer siempre en mí, por sus palabras de ánimo y por enseñarme que no hay meta inalcanzable cuando se lucha con el corazón. A mis abuelos, Juan Vasquez y Zulema Flores, a mis hermanos, Mario Andrés Vasquez y Alessandro Vasquez quienes con su apoyo incondicional y su fe en mi capacidad han sido una fuente constante de motivación.

Finalmente dedico este logro también a toda mi familia extendida, tíos, abuelos y primos quienes siempre mostraron su apoyo hacia mí y su fe en mi capacidad para cumplir las metas que me propongo. Esta tesis es el fruto de nuestro esfuerzo colectivo y se la dedico con todo mi amor y eterno agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesarias para enfrentar los retos que se presentaron a lo largo de este camino. Su guía fue fundamental en cada etapa de este proyecto, permitiéndome avanzar con confianza y gratitud.

A mis padres, Mario Ricardo Vasquez Flores y María Esther Carranza Salinas, a mi familia extendida, tíos, abuelos y primos quienes siempre mostraron su apoyo hacia mí y su fe en mi capacidad para cumplir las metas que me propongo.

A mis compañeros y amigos: Allan Gonzales, Isabella Figueroa, Carlos Inestroza, Senén Mejía, Glenda Cristina Barahona, y Ronal Murillo, gracias por su apoyo y motivación. A mis asesores, el Ph.D. Mario Gonzales, la M. Sc. Nairobi Sevilla y la M. Sc. Gabriela Macias, les debo su orientación y paciencia, esenciales para culminar esta tesis.

Finalmente, agradezco al alma mater Universidad Nacional de Agricultura y a los docentes de la carrera de Ingeniería en Tecnología de Alimentos por las herramientas y enseñanzas que moldearon mi formación profesional. A todos quienes me acompañaron en este proceso, mi sincera gratitud.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. Plantas Alimenticias no Convencionales (PANC)	4
3.2. <i>Piper auritum</i> (Juniapa).....	4
3.2.1. Usos tradicionales.....	5
3.3. Compuestos bioactivos de <i>Piper auritum</i>	6
3.4. Generalidades del arroz	7
3.5. Harina de Arroz	8
3.6. Retos en la elaboración de productos sin gluten.....	9
3.7. Productos de Panificación	9
3.8. Pan de Harina de Arroz	9
3.9. Incorporación de harinas no convencionales.....	10
3.10. Aplicación de PANC en productos sin gluten.....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1. Lugar donde se realizará la investigación.....	12
4.2. Obtención de la materia prima.....	12
4.3. Elaboración de la harina vegetal.....	13
4.4. Preparación del pan	14
Análisis de las propiedades del pan.....	15

4.5.	Análisis de Minerales	15
4.6.	Análisis Fisicoquímicos.....	16
4.6.1.	Medición de pH	16
4.6.2.	%Humedad	16
4.6.3.	°Brix (Solidos solubles totales).....	17
4.6.4.	Análisis de color (L, a, b*)	17
4.7.	Análisis Estadístico	18
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1.	Parámetros fisicoquímicos del pan de arroz con incorporación de harina de <i>Piper auritum</i>	20
5.2.	Propiedades de color del pan.	21
5.2.1.	Color de la corteza.....	21
5.2.2.	Color del centro (miga).....	23
5.3.	Contenido de Minerales.....	26
VI.	CONCLUSIONES	28
VII.	RECOMENDACIONES	29
VIII.	BIBLIOGRAFIA	30
ANEXOS		33
Anexo 1:	Elaboración de la harina vegetal	33
Anexo 2:	Elaboración de los panes enriquecidos.....	34
Anexo 3:	Analisis Fisicoquimicos	34
Anexo 4:	Analisis de Minerales	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hojas de Juniapa (<i>Piper auritum</i>) en vista superior, ambiente natural	4
Figura 2: Flujograma del proceso de panificación	14
Figura 3: Comparación de valores medios de las variaciones de color (L, a, b, C, h y ΔE) de la corteza del pan con las distintas concentraciones de <i>Piper auritum</i>	22
Figura 4: Comparación de valores medios de las variaciones de color (L, a, b, C, h y ΔE) del centro del pan con las distintas concentraciones de <i>Piper auritum</i>	24
Figura 5: Harina vegetal de <i>Piper auritum</i>	25
Figura 7: Color del centro (miga) de los panes enriquecidos con <i>Piper auritum</i>	26
Figura 6: Color de la corteza de los panes enriquecidos con <i>Piper auritum</i>	26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Composición Nutricional del Arroz	7
Tabla 2: Información nutricional de la harina de arroz	8
Tabla 3: Descripción del diseño experimental.....	18
Tabla 4 Efecto de las distintas concentraciones de Piper auritum en las propiedades físicoquímicas del pan de arroz	20
Tabla 5 Comparación del contenido de minerales del pan de arroz con las distintas concentraciones de Piper auritum.....	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Elaboración de la harina vegetal	33
Anexo 2: Elaboración de los panes enriquecidos.....	34
Anexo 3: Analisis Fisicoquimicos	34
Anexo 4: Analisis de Minerales	35

VASQUEZ CARRANZA, J, 2025 INCORPORACIÓN DE HARINA DE *Piper auritum* EN PAN DE ARROZ PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MINERALES. Tesis Ing. En Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. Pag. 35

RESUMEN

Elaborar alimentos funcionales con ingredientes locales es un enfoque sostenible para mejorar la nutrición y diversificar la alimentación. El *Piper auritum*, una planta alimenticia no convencional (PANC), contiene minerales y compuestos bioactivos que podrían enriquecer el valor nutricional de productos tradicionales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de harina de *Piper auritum* en la formulación de pan a base de harina de arroz para mejorar sus propiedades minerales. Se formularon distintas mezclas sustituyendo parte de la harina de arroz por tres concentraciones de harina de *Piper auritum*: 1%, 3% y 5%. Estas formulaciones se compararon con un pan control (0%) para determinar el impacto de la adición en las características fisicoquímicas (color CIELAB, pH, Brix^º y humedad) y su composición mineral (Fe, Ca, P, K, Mg, Mn y Zn). Los análisis se realizaron por duplicado y se analizaron mediante ANOVA de un factor y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Los análisis de color mediante el espacio de coordenadas CIELAB demostraron diferencias significativas en los parámetros de ángulo de tono (h^*), diferencia de color total (ΔE) y croma (C^*) entre el pan de control y los panes enriquecidos. En cuanto a los resultados fisicoquímicos no presentaron diferencias significativas, el pH obtuvo valores que varían de 10.24 a 10.01 sin diferencias significativas ($p > 0.05$), la humedad promedio fue de 21-31%. Por el contrario, en minerales la formulación con un 5% de harina de *Piper auritum* mostró el mayor nivel de minerales, en comparación a las demás formulaciones (1% y 3%) evidenciando un efecto directo que ha medida se aumenta la concentración de la harina hay un incremento en la concentración de minerales Potasio (728 a 1626.5 mg/kg), Fosforo (712.2 a 1809 mg/kg) y Magnesio (200.40 a 838 mg/kg). La harina de *Piper auritum* mejora significativamente el valor mineral del pan de arroz, constituyendo una alternativa funcional para el aprovechamiento de las PANCs.

Palabras clave: PANCs, Harinas no convencionales, matrices panificables

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la relación entre alimentación, salud y sostenibilidad ha cobrado especial relevancia, impulsando a la industria alimentaria a desarrollar productos funcionales que no solo satisfagan las necesidades nutricionales, sino que también contribuyan a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Este enfoque tiene mayor importancia en países en desarrollo como Honduras, donde los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria, la pobreza rural y la baja diversidad dietética afectan significativamente la calidad de vida de la población (FAO, 2019). En este contexto, el aprovechamiento de Plantas Alimenticias No Convencionales (PANCs) representa una estrategia innovadora y sostenible para diversificar la dieta, mejorar el valor nutricional de los alimentos y fomentar el uso de especies autóctonas subutilizadas. Entre estas plantas se encuentra *Piper auritum*, conocida en México como hoja santa y en Honduras como juniapa, una especie aromática nativa de Mesoamérica, ampliamente utilizada en la medicina tradicional y en la gastronomía regional por su sabor característico y sus propiedades beneficiosas para la salud (Instituto Nacional de Biodiversidad, 2009)

Diversos estudios han demostrado que *Piper auritum* posee compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y aceites esenciales, con reconocida actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana (Conde-Hernández & Guerrero-Beltrán, 2014; Salleh et al., 2021; Trujillo-Santiago et al., 2021). Sin embargo, su aplicación en la industria alimentaria ha sido poco utilizada, especialmente en productos de panificación sin gluten, lo que abre una oportunidad para la investigación y la innovación tecnológica en alimentos funcionales.

Por otro lado, el arroz (*Oryza sativa*) es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial y constituye una fuente de energía para los consumidores. La harina de arroz, obtenida

mediante la molienda del grano, se ha posicionado como un ingrediente clave en la formulación de productos libres de gluten, dirigidos a personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten no celíaca (Gujral et al., 2012). No obstante, la ausencia de gluten plantea limitaciones tecnológicas en productos panificados, como baja elasticidad, volumen reducido y textura seca, que afectan la aceptabilidad del producto final. La incorporación de harinas funcionales derivadas de PANCs en matrices panificables sin gluten representa una estrategia prometedora para mejorar tanto el perfil nutricional como las características funcionales y sensoriales de estos productos. En particular, el uso de harina de *Piper auritum* podría aumentar el contenido de antioxidantes naturales, fibra y micronutrientes, además de contribuir con nuevos aromas y sabores que valoricen la cultura alimentaria local.

Pese al potencial de esta especie, no se han encontrado estudios previos que investiguen su inclusión en productos de panificación sin gluten. Por tanto, esta investigación, tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de harina de *Piper auritum* (juniapa) en la formulación de pan a base de harina de arroz, con énfasis en la mejora de sus propiedades antioxidantes y nutricionales. Para ello, se analizarán distintos niveles de inclusión del ingrediente funcional y su impacto sobre parámetros fisicoquímicos, así como su actividad antioxidante.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la incorporación de harina de *Piper auritum* en la formulación de pan a base de harina de arroz para mejorar sus propiedades minerales

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la harina de *Piper auritum* (1 %, 3 % y 5 %) en las propiedades fisicoquímicas del pan elaborado a base de harina de arroz
- Determinar la influencia de distintas concentraciones (1 %, 3 % y 5 %) de harina de *Piper auritum* en el contenido de minerales del pan

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Plantas Alimenticias no Convencionales (PANC)

Las plantas alimenticias no convencionales (PANC) son principalmente especies nativas, exóticas o naturalizadas, cuyas hojas, raíces, flores o tallos son comestibles, pero no suelen utilizarse en la alimentación humana (Sartori et al., 2020). A las PANC a menudo se las denomina malezas, hierbas o plantas invasoras. Muchas crecen en áreas de producción agrícola comercial, lo que puede causar competencia con las especies cultivadas. Muchas tienen un potencial nutricional que aún es desconocido por la mayoría de la población (Sartori et al., 2020). En la naturaleza podemos encontrar una gran riqueza de plantas comestibles. Se estima que existen aproximadamente 30.000 especies con potencial alimenticio. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que, en todo el planeta, el número de plantas consumidas por el ser humano ha pasado de 10.000 a 170 en los últimos cien años (Sartori et al., 2020).

3.2. *Piper auritum* (Juniapa)



Figura 1: Hojas de Juniapa (*Piper auritum*) en vista superior, ambiente natural

La especie *Piper auritum* es originaria de varios países, entre ellos Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá. En estos lugares, la especie crece en los márgenes de los bosques húmedos, así como en áreas abiertas desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1500 m de altitud. *Piper auritum* se describe como una especie herbácea semileñosa o un arbusto perenne de 1,5 a 6 m de altura con tallos erectos, frágiles y nudosos (Salleh, 2021).

Esta planta posee un alto contenido de antioxidantes (fenoles y flavonoides), que ayudan a combatir el estrés oxidativo y protegen contra enfermedades crónicas. Sus triterpenos, cumarinas y saponinas le confieren propiedades antiinflamatorias, anticoagulantes y antiofídicas, estudios en animales sugieren posibles efectos afrodisíacos y estimulantes de la función sexual. Su aceite esencial se utiliza en aromaterapia y como repelente natural de insectos, mientras que sus hojas frescas o secas se emplean en infusiones para aliviar problemas digestivos (Conde-Hernández et al., 2017; Estrada-Reyes et al., 2019; Rengifo-Rios et al., 2019; Salleh, 2021)

El principal componente de la planta es el safrol, 5-(2-propenil)-1,3-benzodioxol, un compuesto químico que también está presente en otras plantas como el sasafrás, el alcanfor, la nuez moscada y la pimienta negra, y que desprende un aroma intenso a anís y alcanfor. Se utiliza en la industria alimentaria como aromatizante y en odontología como componente de pastas dentales. (Muñoz-Carrillo et al., 2025)

3.2.1. Usos tradicionales

El Piper auritum es ampliamente utilizado tanto en la medicina tradicional como en la gastronomía, particularmente en la cocina mexicana, donde sus hojas -frescas o secas- se emplean para aromatizar platos, envolver carnes y pescados, y elaborar salsas verdes y licores. Nutricionalmente, esta planta contiene carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas, grasas y aceites esenciales (Muñoz-Carrillo et al., 2025; Salleh, 2021)

En el ámbito medicinal, se le atribuyen propiedades diuréticas, antipiréticas, antihelmínticas y antihipertensivas, siendo utilizada para tratar afecciones como gota, angina de pecho, erisipela, enfermedades venéreas, cólicos, dolor de cabeza, fiebre, diarrea, reumatismo, molestias gastrointestinales, cáncer, dolor e inflamación. Estas actividades biológicas se deben a la presencia de compuestos bioactivos como amidas, alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas, glucósidos, terpenoides y fenólicos (Muñoz-Carrillo et al., 2025; Salleh, 2021)

3.3. Compuestos bioactivos de *Piper auritum*

Según Mgbeahuruike et al., 2017, los estudios fitoquímicos revelan que las especies del género *Piper* son ricas en una gran diversidad de compuestos bioactivos, entre los que destacan los alcaloides y las amidas (piperamidas). Compuestos específicos como la piperina, piperlongumina (piplartina), guineensina, chabamida y pellitorina, aislados de varias especies de *Piper*, han demostrado una potente actividad anticancerígena, capaz de inhibir el crecimiento de líneas celulares de cáncer induciendo apoptosis y actuando como inhibidores de la exportación nuclear. Además, estos compuestos pueden mejorar la efectividad de fármacos quimioterapéuticos con toxicidad sistémica mínima para las células normales. Por otro lado, lignanos como la pinoresinol, así como la guineensina y otros compuestos de esta familia, exhiben una fuerte eficacia antimicrobiana contra diversos microorganismos, incluidas cepas patógenas de *Vibrio*, desempeñando un papel crucial en la inhibición de la invasión de células huésped durante infecciones como la del cólera.

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales más importantes a nivel global, no solo por su valor nutricional como fuente principal de energía para millones de personas, sino también por su relevancia cultural y socioeconómica en numerosas regiones del mundo. Su cultivo se remonta a miles de años, consolidándose como un pilar fundamental en la seguridad alimentaria, especialmente en Asia, donde es la base de la dieta diaria.

3.4. Generalidades del arroz

El arroz se erige como un cultivo básico indispensable a nivel mundial, con la mitad de la población mundial dependiendo de él para su sustento diario (Utama-ang et al., 2022). Proporcionando el 20% del suministro mundial de energía dietética, el arroz juega un papel esencial. En lugares asiáticos específicos, el arroz constituye una proporción abrumadora, superior al 70%, de la ingesta calórica (Bin Rahman & Zhang, 2023).

El arroz es rico en almidón que se compone (tabla 1) de amilosa y amilopectina, siendo la proporción de cada una la que determina las características culinarias del producto. A mayor proporción de amilopectina, más viscosos y pegajosos estarán los granos entre sí. Tiene un pequeño aporte de proteínas (7%), y contiene cantidades notables de niacina o vitamina B3 y vitamina B6. Sin embargo, en la práctica, con su refinamiento y pulido, se pierde hasta el 50% de su contenido en minerales y el 85 % de las vitaminas del grupo B (Moreiras et al., 2013).

Tabla 1: Composición Nutricional del Arroz

Componente	Contenido
Energía	381 (kcal/g)
Proteínas	7 (g)
Lípidos	0.9 (g)
Carbohidratos	86 (g)
Fibra	0.2 (g)
Agua	5.9 (g)

Debido a su ausencia de proteínas de gluten, el arroz es una opción preferida para los alimentos sin gluten y es apreciado por su suavidad, propiedades hipoalergénicas y fácil digestión. Además, es bajo en grasas, sodio, proteínas y fibra (Park & Kim, 2023).

3.5. Harina de Arroz

El procesamiento del arroz en polvo es el principal método para obtener alimentos a base de arroz. En la práctica, existen tres métodos principales para producir harina de arroz: molienda húmeda, molienda seca y molienda semiseca. La molienda húmeda es la técnica de molienda más utilizada en la industria del procesamiento de harina de arroz (Yu et al., 2024). La harina de arroz se recomienda como ingrediente para productos sin gluten. Sin embargo, el pan de arroz, al carecer de red de gluten, ha demostrado una calidad significativamente inferior en comparación con el pan de trigo debido a su menor viscoelasticidad. Se han empleado una variedad de aditivos, como enzimas, emulsionantes, hidrocoloides, proteínas, agentes gelificantes y glutatión, para producir pan de arroz sin gluten (Park & Kim, 2023).

Entre estos, la harina de arroz requiere la adición de componentes funcionales tecnológicos y nutricionales, como proteínas de diversas fuentes o hidrocoloides, para lograr un volumen de pan adecuado, una miga suave y una vida útil óptima durante el proceso de panificación. Esta adición compensa su menor contenido proteico y la ausencia de gluten en comparación con el trigo (Park & Kim, 2023). A continuación, se muestra la tabla 2 con las cantidades de los componentes de la harina de arroz

Tabla 2: Información nutricional de la harina de arroz

Componente	Cantidad (%)
Valor energético (kcal)	366
Proteína	9.64
Cenizas	0.23
Lípidos	0.49
Carbohidratos	78.74
Fibra cruda	2.4
Humedad	8.16

Fuente: (Alberco Laymito, 2023)

3.6. Retos en la elaboración de productos sin gluten

Dado que los productos sin gluten no igualan a sus contrapartes con gluten en cuanto a atributos tecnológicos y calidad, es fundamental adoptar técnicas que garanticen su aceptación entre los consumidores. Una de las estrategias clave para lograrlo son los enfoques composicionales, que implican la modificación o incorporación de ingredientes adicionales para compensar la ausencia de gluten. Para contrarrestar los problemas tecnológicos en estos productos, se han empleado diversos aditivos que imitan las funciones del gluten, como enzimas, emulsionantes e hidrocoloides. Su incorporación en las harinas sin gluten produce efectos positivos en la estructura, textura, aceptabilidad y vida útil del producto final. (Naqash et al., 2017).

3.7. Productos de Panificación

Según Šmídová & Rysová, 2022, Se consideran alimentos básicos en muchos países debido a su contenido de nutrientes esenciales como proteínas, carbohidratos, fibra y vitaminas. Además de estos nutrientes, los productos de panadería pueden contener una serie de compuestos que se forman en ellos durante el tratamiento térmico (Sarion et al., 2021). Para la preparación de pan y productos de panadería con materias primas sin gluten, es necesario asegurar el volumen y la cohesión de la masa. El envejecimiento rápido de estos productos es un gran problema. Es necesario añadir ingredientes tecnológicamente y nutricionalmente funcionales, como hidrocoloides de origen cereal y no cereal, fibra de frutas o vegetales, semillas de lino y chía, psyllium, almidones modificados y proteínas de diversas fuentes, para lograr un volumen de pan suficiente, una miga suave y una vida útil óptima (Šmídová & Rysová, 2022)

3.8. Pan de Harina de Arroz

El pan de arroz es un alimento horneado elaborado con arroz como ingrediente principal, al que se le incorporan ingredientes adicionales como aceite, sal, levadura, etc. La masa se crea añadiendo agua, seguido de procesos como la fermentación, la división, el moldeado, el

horneado y el enfriamiento. Actualmente, existen principalmente dos tipos de pan de arroz: uno se elabora añadiendo harina de arroz a la harina de trigo, y el otro es el pan de arroz sin gluten. El tamaño de las partículas de la harina de arroz puede afectar la calidad del pan de arroz (Yu et al., 2024).

Según (Delarca Ruiz et al., 2023), la harina de soja mejoró el volumen y la estructura del pan sin gluten. El pan elaborado con harina de arroz y harina de garbanzo se volvió más suave con mayores niveles de harina de garbanzo, lo que se creía que se debía a un mayor contenido de proteína. Lo que demuestra que se necesita utilizar otras harinas para aumentar la calidad nutricional del pan sin gluten a partir de harina de arroz.

3.9. Incorporación de harinas no convencionales

La incorporación de ingredientes tecno-funcionales sería el uso de harinas no convencionales, las cuales son aquellos productos pulverizados, obtenidos de fuentes distintas a los cereales tradicionalmente utilizados, como el trigo, el maíz o el arroz. Estas harinas no convencionales se obtienen a partir de semillas, granos, legumbres, tubérculos u otras fuentes vegetales o incluso insectos, y se utilizan como alternativas en la producción de alimentos para ampliar la diversidad de ingredientes, mejorar el valor nutricional y cumplir con las demandas de dietas específicas (Trejo-Díaz et al., 2023).

3.10. Aplicación de PANC en productos sin gluten

La sustitución parcial de harina de trigo por harinas provenientes de las PANCs presenta como una alternativa viable en la producción de masas enriquecidas y productos horneados, aportando beneficios a estos ingredientes, ya que dichas fuentes alternativas carecen de gluten, componente esencial para el desarrollo de las características físicas y sensoriales de estos alimentos. Además, las modificaciones en las propiedades físicas y técnico funcionales también se relacionan con aspectos sensoriales que pueden influir en la aceptación del producto por parte del consumidor, incluso antes de su degustación.(Milião et al., 2022). El

análisis de (Zarringhalami et al., 2021) evidenció que, al añadir polvo de flor de Jamaica a un pan sin gluten, se optimizó notablemente su perfil nutricional; el contenido de fibra dietética y de compuestos fenólicos, así como la capacidad antioxidante del producto, fueron incrementados. Asimismo, esta incorporación produjo un pan con una textura más sólida, un color morado-rojo llamativo y una mejor aceptabilidad sensorial general que el pan de control.

Por consiguiente, la sustitución parcial de harinas convencionales por harinas obtenidas de las plantas alimenticias no convencionales en la producción industrial de alimentos podría ser una excelente opción para evitar su rechazo por parte del consumidor durante su comercialización a granel, contribuyendo a diversificar las fuentes de alimentos de origen vegetal disponibles para los consumidores (Milião et al., 2022)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar donde se realizó la investigación

La investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Tecnológicas en la Universidad Nacional de Agricultura, municipio de Catacamas, Olancho, Honduras, Barrio el Espino, carretera que conduce hacia Dulce Nombre de Culmí.

4.2. Obtención de la materia prima

La materia prima utilizada en la investigación correspondió a hojas frescas de (*Piper auritum*), recolectadas de plantas silvestres en el municipio de Iriona, departamento de Colón, Honduras. Las muestras fueron seleccionadas considerando su estado de madurez intermedio, sin presencia de manchas, plagas ni signos de deshidratación. Una vez recolectadas, las hojas fueron transportadas en bolsas de polietileno limpias y perforadas, dentro de contenedores térmicos, para minimizar la pérdida de humedad y evitar su deterioro durante el traslado al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Tecnológicas de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), Catacamas, Olancho.

En el laboratorio, las hojas se lavaron cuidadosamente con agua potable a temperatura ambiente, con el objetivo de eliminar residuos de polvo, tierra y otras impurezas superficiales. Posteriormente, se realizó un proceso de pretratamiento antioxidante, sumergiendo las hojas en una solución acuosa de ácido cítrico al 0.5% (p/v) durante dos minutos. Este paso tuvo como finalidad reducir la oxidación enzimática y preservar el color verde característico de la hoja. Después del tratamiento antioxidante, las hojas se desinfectaron mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm durante

10 minutos, para reducir la carga microbiana superficial. Al finalizar, las hojas se enjuagaron con agua destilada para eliminar los residuos de cloro, y se colocaron sobre bandejas de acero inoxidable limpias, permitiendo el escurrimiento del exceso de agua a temperatura ambiente por aproximadamente 10 minutos (Trujillo-Santiago et al., 2021). Se utilizó como base harina de arroz de categoría comercial (Red Mill, White Rice Flour), la cual fue adquirida en el supermercado Diprova, ubicado en la ciudad de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

4.3. Elaboración de la harina vegetal

Las hojas desinfectadas de *Piper auritum* fueron sometidas a un proceso de secado controlado para obtener la harina vegetal. El secado se realizó en un horno deshidratador (marca Nuevos Recursos, modelo: AGRFR 0230) a una temperatura constante de 80 °C durante 12 horas, hasta alcanzar una humedad final inferior al 15 %, (Trujillo-Santiago et al. 2021). Durante el proceso, las hojas se distribuyeron en una sola capa sobre bandejas de acero inoxidable, evitando la superposición para asegurar una deshidratación uniforme. Una vez completado el secado, las hojas se dejaron enfriar a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) dentro del deshidratador para evitar la absorción de humedad ambiental.

Posteriormente, las hojas secas fueron trituradas y molidas en un molino (marca: Corona, modelo: tradicional) hasta obtener un polvo fino. La harina obtenida se tamizó utilizando un tamiz estándar de malla 20 (850 μ m) con el propósito de lograr un tamaño de partícula homogéneo y mejorar la uniformidad en la formulación de los productos de panificación. La harina de *Piper auritum* se almacenó en bolsas de polietileno de alta densidad herméticamente selladas, etiquetadas y conservadas en condiciones secas y oscuras a temperatura ambiente (25 °C) hasta su utilización en la formulación de los tratamientos experimentales.

4.4. Preparación del pan

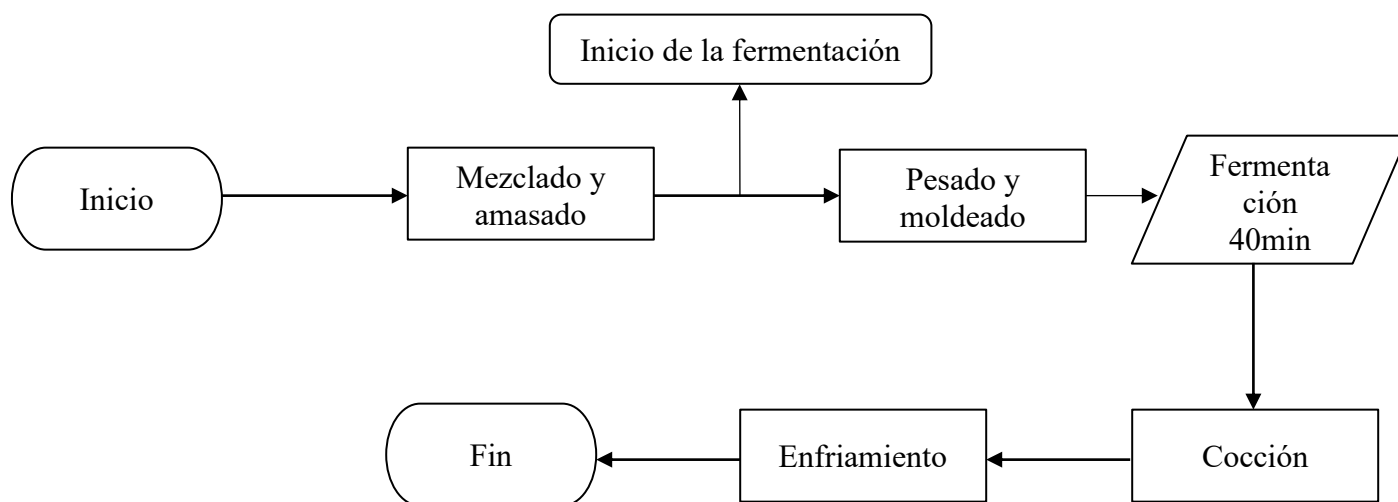


Figura 2: Flujograma del proceso de panificación

La Figura 2 describe el proceso de elaboración del pan a base de harina de arroz, se llevó a cabo siguiendo la formulación descrita por Achalu et al. (2025), con modificaciones adaptadas a las condiciones de la investigación. Todas las formulaciones se prepararon en una batidora amasadora de uso industrial (KitchenAid Heavy Duty, 6.6 L). Los ingredientes utilizados fueron: harina de arroz (150 g), agua (100 mL), azúcar (70 g), manteca vegetal (45 g), levadura seca (4 g), sal (2 g), vainilla (4 g), fécula de maíz (35 g) y polvo para hornear (8 g). Estas proporciones correspondieron a una unidad de pan (una barra). La harina de *Piper auritum* se incorporó a la formulación en sustitución parcial de la harina de arroz, considerando tres niveles de inclusión en base al peso total de la harina: 1% (1.5gr), 3% (4.5gr) y 5% (7.5gr), además de un tratamiento control sin adición (0%).

La mezcla de ingredientes secos se realizó durante dos minutos, seguida de la incorporación de los ingredientes líquidos (agua, vainilla y manteca vegetal) para obtener una masa homogénea. El amasado se efectuó de manera automática durante cinco minutos a velocidad media. Posteriormente, la masa fue porcionada y colocada en moldes metálicos previamente engrasados. El proceso de fermentación se realizó a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante 40 minutos en un ambiente sin corrientes de aire, permitiendo el desarrollo del volumen y la

estructura interna. Al finalizar la fermentación, las muestras se hornearon en un horno de convección forzada (Frigidaire Professional Series) a 350 °F (177 °C) durante 35 minutos, asegurando una cocción uniforme. Una vez retirados del horno, los panes se enfriaron a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) sobre rejillas metálicas durante un período de 2 horas antes de ser sometidos a los análisis fisicoquímicos y nutricionales.

Análisis de las propiedades del pan

Una vez elaborados los panes con las diferentes concentraciones de harina de *Piper auritum* (0%, 1%, 3% y 5%), se procedió a evaluar sus propiedades fisicoquímicas y de composición mineral con el propósito de determinar el efecto de la sustitución parcial de la harina de arroz. Los análisis se realizaron sobre las muestras recién elaboradas, previamente enfriadas a temperatura ambiente, y se llevaron a cabo en los laboratorios de química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Agricultura. En primera instancia, se efectuaron los análisis fisicoquímicos como ser pH, humedad, °Brix y color con el fin de caracterizar las propiedades básicas del producto final. Posteriormente, se determinaron los contenidos minerales como ser Fe, Ca, P, K, Mg, Mn y Zn mediante métodos espectrofotométricos, con el objetivo de evaluar el aporte mineral del pan enriquecido.

4.5. Análisis de Minerales

Se recolectó una muestra de cada tratamiento las cuales se trituró hasta obtener un polvo fino, luego se pesaron 0.5 gramos de cada tratamiento y se colocaron en crisoles de porcelana para luego llevarlos al horno de mufla (BIOBASE) y se programó la temperatura a 500°C por 5 horas hasta que las muestras obtuvieran un color gris claro (esto indica que la materia orgánica ha sido removida), luego de que pasaran cinco horas en la mufla se dejaron enfriar los crisoles para proceder a su disolución. Para preparar las muestras para la determinación de los minerales, a cada muestra se le añadió 10 ml de ácido nítrico a uno molar para disolver las cenizas. luego cada muestra se filtró con papel filtro, y estas muestras ya filtradas se le adicionó 50 ml de ácido ascórbico en un matraz aforado.

Al tener las muestras diluidas, se realizó el análisis para Hierro (Fe), Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg), Zinc (Zn) y Manganese (Mn), haciendo uso de un espectrofotómetro de máxima precisión en UV/Vis con una longitud de onda de 890nm (SPECORD 210 plus) para fósforo y un espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) (analytik jena NovAA 800) (Thomas et al., 2023)

En cuanto, a la lectura de los minerales (Cu, Fe, K, Mn) la muestra ya disuelta en ácido nítrico (HNO₃) al 10%, se envasaron en botellas de reactivo de plástico para su posterior lectura en donde se mezclaron 9 ml de HNO₃ con 1 ml de la solución de cenizas. Una vez realizada la lectura se hizo el cálculo: lectura x 100 (aforo) x10) ppm

En el caso, del fósforo se determina por método colorimétrico (espectrofotometría UV/Vis) en la cual a la solución disuelta en ácido ascórbico se mezcla con molibdato de amonio formando un color azul, cuando fue necesario, las muestras se diluyeron en relación 1:5 para entrar en el rango lineal. El cálculo final siguió: concentración leída x100 (aforo) x5 (dilución 1:5). La unidad se reportó en ppm (mg/kg) salvo especificación distinta. Para la lectura de Mg y Ca, se utilizó una solución salina según las indicaciones establecidas en el protocolo del equipo. Se calculó: lectura x100 ppm.

4.6. Análisis Fisicoquímicos

4.6.1. Medición de pH

Se homogenizaron 10 g de muestras con 90 ml de agua destilada. El pH de la suspensión se registró con un pH-metro (Thermo Scientific, Orion Versa Star Pro) (Zhang et al., 2023).

4.6.2. %Humedad

Para el análisis de humedad se utilizó una balanza de humedad OHAUS MB 120: equipada con capsulas de aluminio. Antes de colocar la muestra se encendió la balanza y se dejó

calentar hasta alcanzar estabilidad operativa. Luego, se colocó una capsula vacía sobre la balanza y se taro el sistema para registrar un peso inicial.

Posteriormente se depositó 3 gramos de muestra sobre la capsula, distribuyéndola de manera uniforme para asegurar un secado homogéneo. Se cerro la tapa y se configuro el equipo en secado automático, configurando la temperatura a 180°C. Durante el secado, la balanza mostro en tiempo real la perdida de humedad de la muestra. Al final del análisis la balanza arrojó el porcentaje de humedad presente en la muestra (Pesantes & Pincay, 2021)

4.6.3. °Brix (Solidos solubles totales)

Se homogenizaron 10 g de muestra previamente molida con 90 ml de agua destilada, con una proporción de 1:10. Se homogeneizó la mezcla para conseguir una distribución de los compuestos solubles, y posteriormente se filtró con papel filtro para la separación de residuos sólidos. Se utilizó el líquido filtrado para llevar a cabo la medición de °Brix, empleando un refractómetro digital que fue calibrado con anterioridad con agua destilada a una temperatura ambiente. Luego, se aplicó una pequeña gota del filtrado a través de la perspectiva del equipo y se registró el valor que se muestra en la pantalla, que corresponde al contenido de solubles sólidos de la muestra

4.6.4. Análisis de color (L, a, b*)

Los valores de color basado en las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) utilizando un colorímetro Konica Minolta Meter CR-400, con una lámpara (D 65). Los valores de color determinados incluyeron (Almoumen et al., 2025):

- L^* : Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
- a^* : Variación del verde (-) al rojo (+)
- b^* : Variación del azul (-) al amarillo (+)

Las mediciones se realizaron en tres puntos distintos de cada muestra, con tres repeticiones

por punto. El equipo se calibro con una placa blanca estándar y se utilizó iluminación tipo D65. Este análisis permitió identificar cambios de color relacionados con el procesamiento y almacenamiento.

El cambio de color total (ΔE), croma o saturación (C^*) y el tono o ángulo de tono (h^*) se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

4.7. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con ANOVA de un solo factor para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables medidas. Se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 3: Descripción del diseño experimental

No.	Concentración de harina de arroz	Concentración de harina de <i>Piper auritum</i>	No. de corrida experimental
1	A	A	C1
2	A	X	C2
3	A	Y	C3
4	A	Z	C4

En este estudio, las variables experimentales se distribuyeron de la siguiente manera: el primer factor corresponde a la concentración de harina de arroz que se estableció un nivel: A: 200gr. El segundo factor, relacionado a la concentración de la harina de *Piper auritum* se definieron tres niveles en base a la cantidad de harina de arroz: A: 0% (control), X: 1% (1.5gr), Y: 3% (4.5gr), Z: 5% (7.5gr)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Parámetros fisicoquímicos del pan de arroz con incorporación de harina de *Piper auritum*

Tabla 4 Efecto de las distintas concentraciones de *Piper auritum* en las propiedades fisicoquímicas del pan de arroz

Tratamiento	pH	Brix	%Humedad
Control	10.26 ± 0.03 ^a	1.5 ± 0 ^b	21.42 ± 0.45 ^b
1	10.13 ± 0.03 ^b	2 ± 0 ^a	31.10 ± 1.78 ^a
3	10.32 ± 0.04 ^a	2 ± 0 ^a	29.66 ± 1.37 ^a
5	10.01 ± 0.01 ^b	2 ± 0 ^a	30.48 ± 0.60 ^a

Los tratamientos 1, 3 y 5 representan los porcentajes de sustitución parcial de harina de arroz por harina de *Piper auritum*. Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey (p>0.05)

El valor de pH mostró ligeras variaciones entre tratamientos (Tabla 4). Los panes con 1% y 5% presentaron una ligera disminución en comparación con el control, posiblemente debido a la presencia de compuestos fenólicos y ácidos naturales en las hojas de *Piper auritum* o a la actividad fermentativa durante el proceso de panificación. El tratamiento al 3% mantuvo un pH similar al control, lo cual sugiere que el nivel intermedio de sustitución no altera la acidez del producto. En cuanto a los °Brix, todos los tratamientos registraron un aumento, indicando una mayor concentración de sólidos solubles, incremento que puede ser vinculada a la adición de azúcar e hidrocoloides. Finalmente, el %humedad incremento notablemente en los tratamientos 1%, 3% y 5%, superando significativamente al control, lo que indica una mejora en la capacidad de retención de agua, atributo clave para prolongar la vida útil y mejorar la textura de los productos de panificación libres de gluten

La incorporación de ingredientes o harinas no convencionales en panes de arroz sin gluten ha sido ampliamente estudiada para mejorar sus propiedades fisicoquímicas. (Torres-Pérez et al., 2024) demostraron que la adición de psyllium e hidrocoloides incrementa significativamente la retención de humedad y mejora la estructura de la miga, (Ligia et al., 2025) lo que explica el mayor porcentaje de humedad observado en los tratamientos experimentales complementan estos hallazgos al señalar que la harina de garbanzo modifica el pH y la actividad de agua, afectando directamente las características reológicas de la masa. Finalmente, (Keramari et al., 2024) destacaron que la fermentación con masa madre reduce progresivamente el pH mediante la producción de ácidos orgánicos, mejorando la conservación y textura del producto final, lo que podría justificar las variaciones de pH entre los tratamientos analizados.

5.2. Propiedades de color del pan.

5.2.1. Color de la corteza

En la Figura 3 se presentan las comparaciones de valores medios de las variaciones de color (L, a, b, C, h y ΔE) de la corteza del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*, los parámetros de L*, a* y b* no tuvieron diferencia significativa, pero se logra observar una disminución del parámetro a* indicando una tendencia a los tonos verdosos que son característicos de la planta. Los valores de L* se mantuvieron estables, mientras que el aumento de ΔE deja en evidencia los cambios de color con respecto al pan de control. En otros estudios como el de (Hernandez-Aguilar et al., 2022) evidencia que al añadir harinas de distintos maíces y distintas concentraciones de curcumina afectan los parámetros de color. De igual manera (Allouch Tounsi et al., 2025) que las diferencias significativas tienen un impacto directo en el color de la superficie del producto y que es un parámetro importante en la aceptabilidad inicial por parte del consumidor.

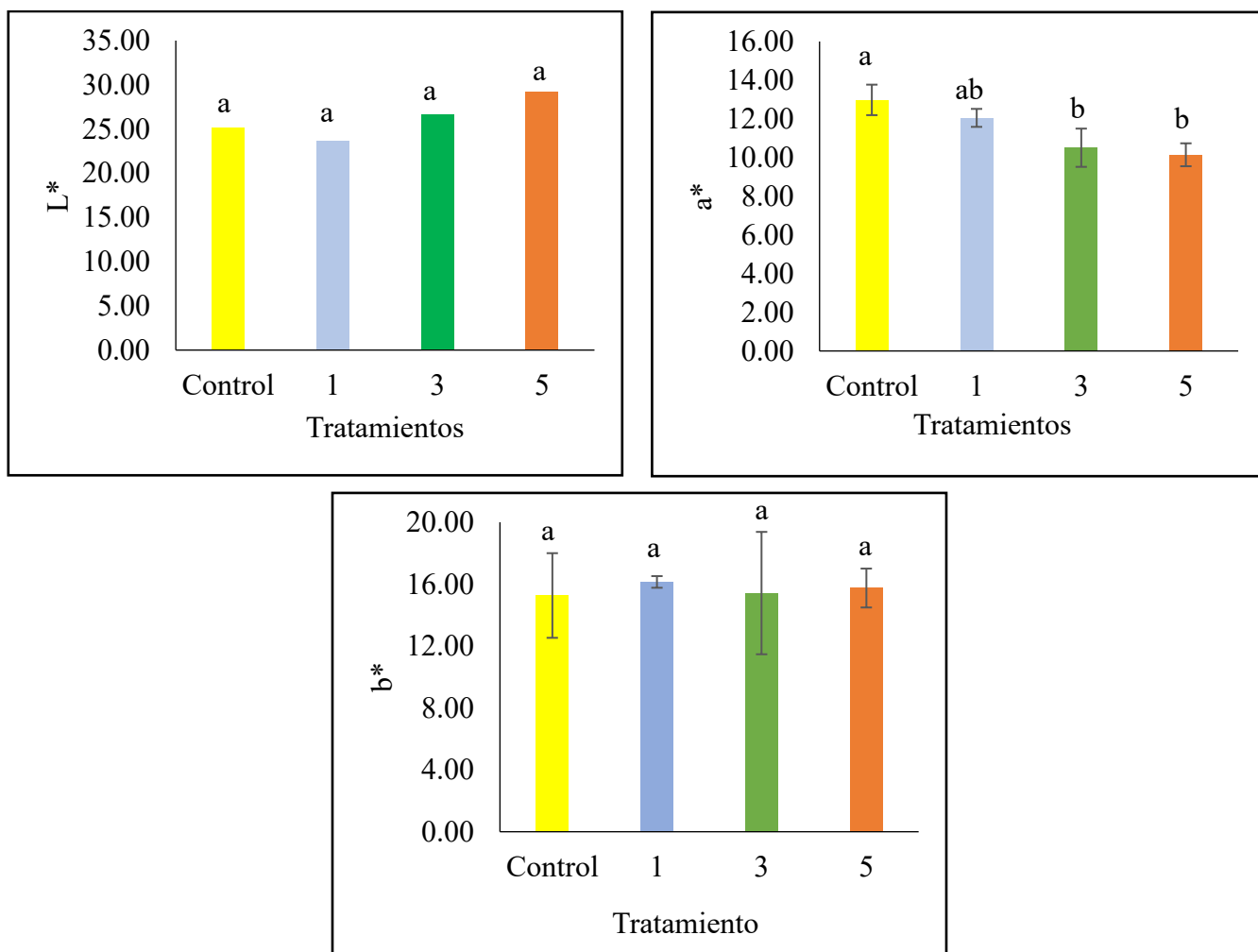


Figura 3i: Comparación de valores medios de las variaciones de color (L, a y b) de la corteza del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*

Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$)

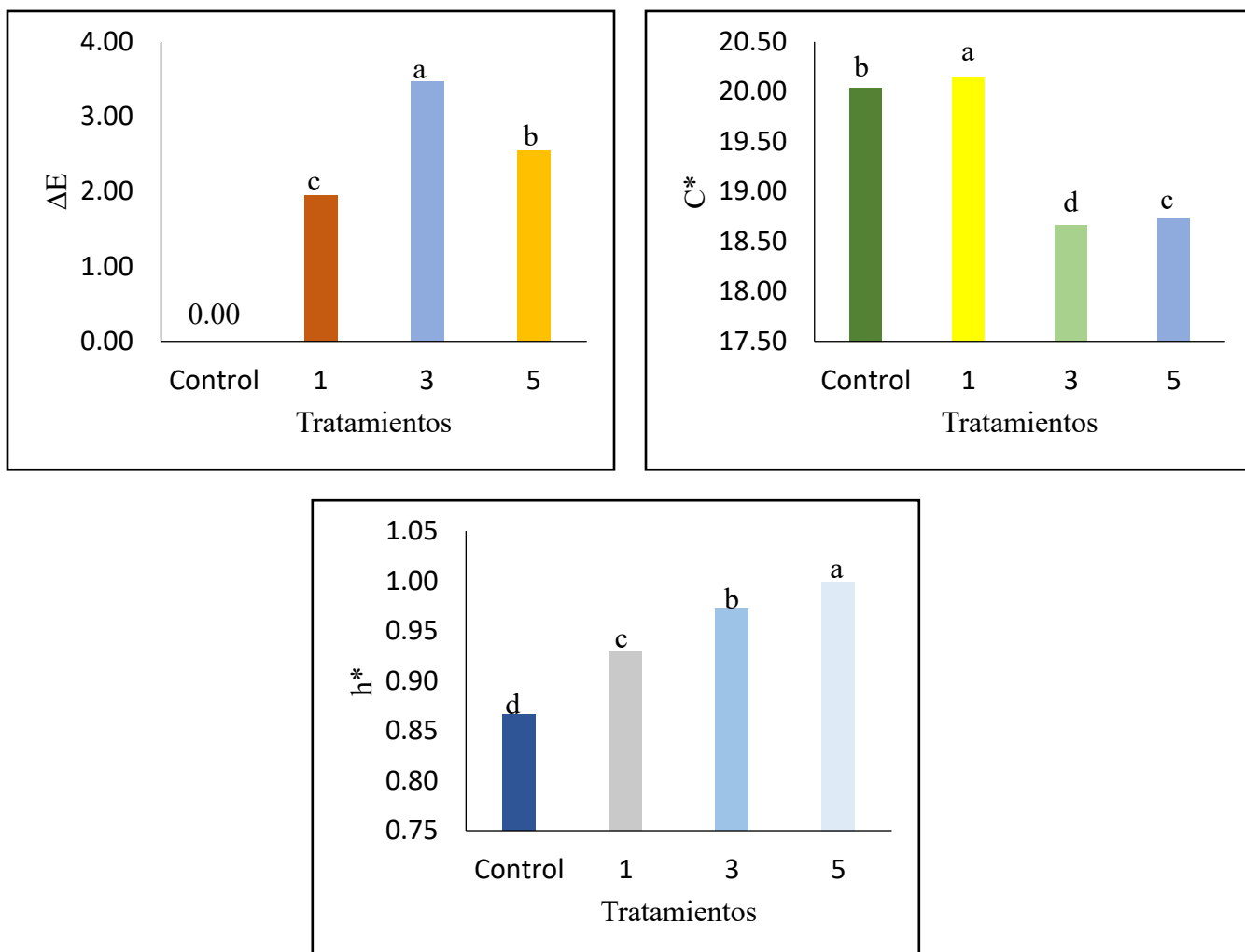


Figura 3ii Comparación de valores medios de las variaciones de color (ΔE , C^* , h^*) de la corteza del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*

Los tratamientos 1, 3 y 5 representan los porcentajes de sustitución parcial de harina de arroz por harina de *Piper auritum*. Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$)

5.2.2. Color del centro (miga)

En la Figura 4 se presentan las comparaciones de valores medios de las variaciones de color (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* y ΔE) del centro del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*, los parámetros de L^* , a^* y b^* no tuvieron diferencia significativa, pero se logra observar una disminución del parámetro a^* indicando una tendencia a los tonos verdosos que son característicos de la planta. Los valores de L^* se mantuvieron estables, mientras que el aumento de ΔE deja en evidencia los cambios de color con respecto al pan de control. En

otros estudios como el de (Hernandez-Aguilar et al., 2022) evidencia que al añadir harinas de distintos maíces y distintas concentraciones de curcumina afectan los parámetros de color. Así mismo (Allouch Tounsi et al., 2025) y (Pecyna et al., 2025) evidencian que el factor que se ve más afectado es L^* ya que este indica la luminosidad del producto y este se ve relacionado directamente con el croma o saturación de color. Cabe recalcar que el color del producto final es un parámetro importante para la evaluación de su calidad y la aceptación por parte de los consumidores. La diferencia en los parámetros de color de los distintos panes puede atribuirse a la incorporación de la harina de *Piper auritum* en diversas concentraciones,

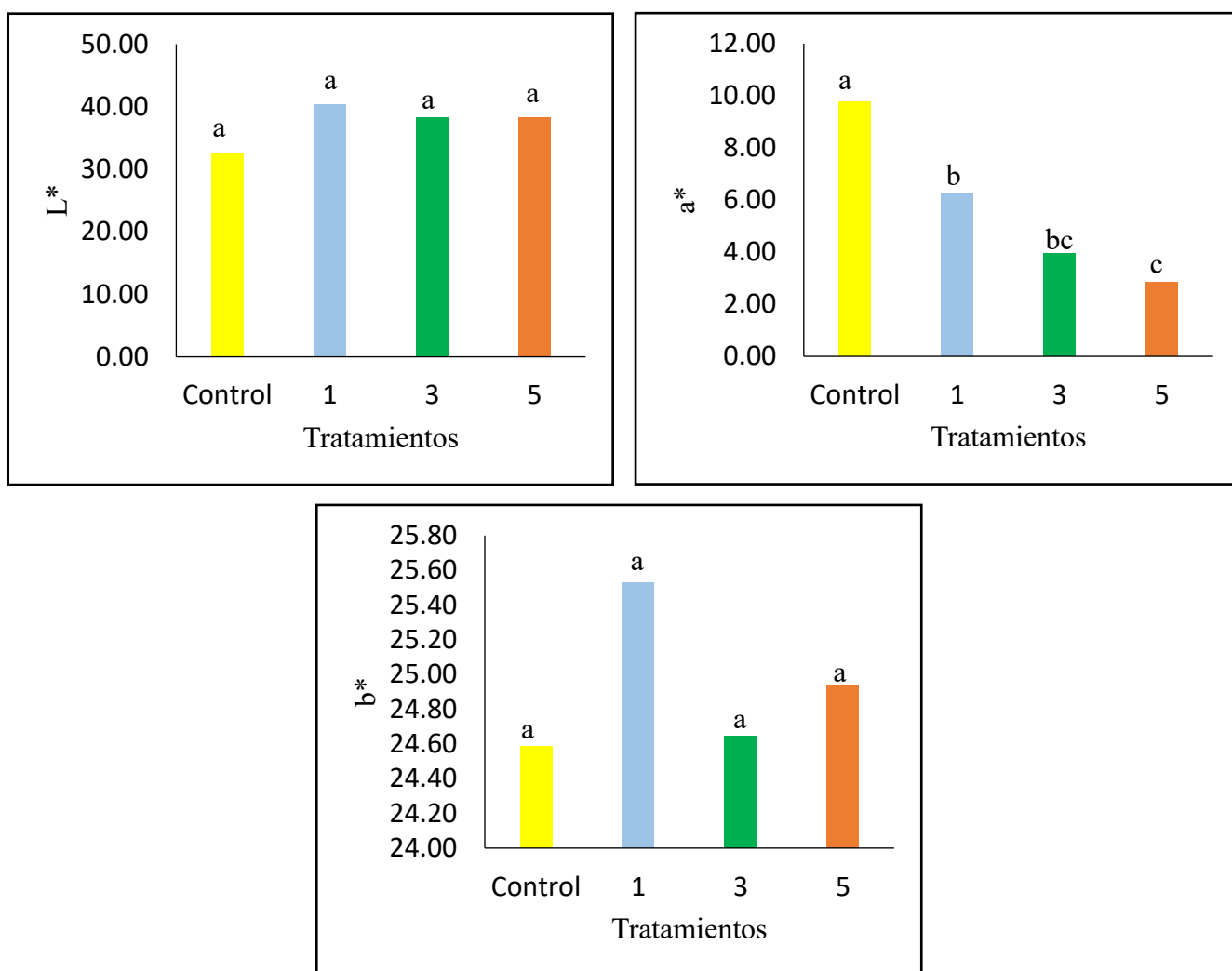


Figura 4i: Comparación de valores medios de las variaciones de color (L , a y b) del centro del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*

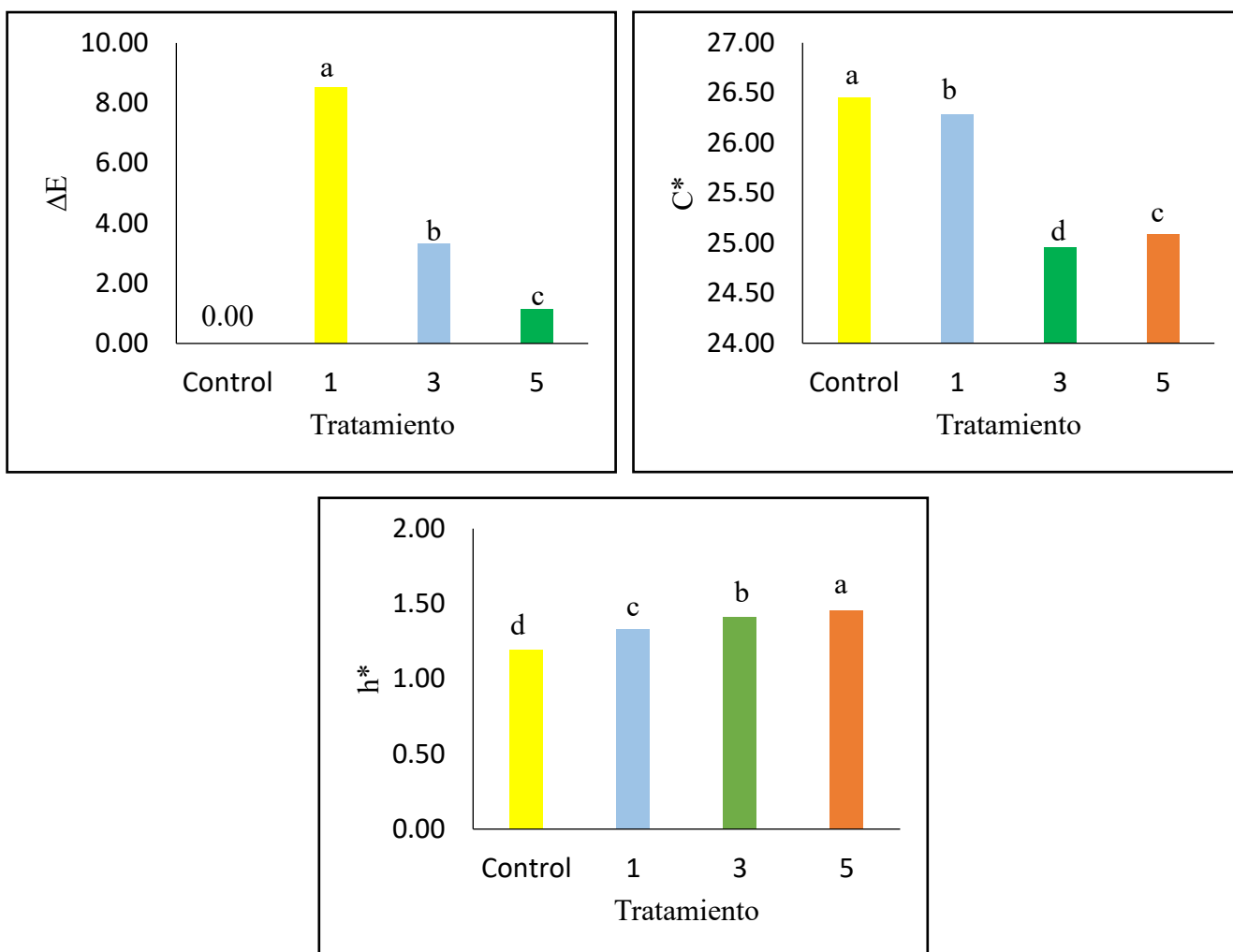


Figura 4ii: Comparación de valores medios de las variaciones de color (ΔE , C^* , h^*) del centro del pan con las distintas concentraciones de *Piper auritum*

Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$)



Figura 5: Harina vegetal de *Piper auritum*



Figura 7: Color de la corteza de los panes enriquecidos con *Piper auritum*



Figura 6: Color del centro (miga) de los panes enriquecidos con *Piper auritum*

5.3. Contenido de Minerales

Tabla 5 Comparación del contenido de minerales del pan de arroz con las distintas concentraciones de *Piper auritum*

Tratamiento	K	Mn	Zn	Fe	Ca	Mg	P
Control	728 ^c	9.980 ^a	26.29 ^a	37.83 ^a	451 ^a	200.40 ^b	712.2 ^c
1%	732.75 ^c	8.43 ^a	21.24 ^a	34.02 ^a	368 ^a	194.40 ^b	642 ^c
3%	1090 ^b	8.63 ^a	25.68 ^a	41.48 ^a	1077 ^a	385.60 ^b	883.50 ^b
5%	1626.5 ^a	10.87 ^a	26.06 ^a	54.24 ^a	352 ^a	838 ^a	1809 ^a

Los tratamientos 1%, 3% y 5% representan los porcentajes de sustitución parcial de harina de arroz por harina de *Piper auritum*. Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$)

En la Tabla 5 Comparación del contenido de minerales del pan de arroz con las distintas concentraciones de *Piper auritum* la incorporación de la harina de *Piper auritum* en las concentraciones del 3% y 5% incremento significativamente el contenido de minerales en el pan de arroz en comparación con el control y el tratamiento de 1%. Se destacan los aumentos en potasio (K), que paso de 729mg por kg en el control a 1626.5mg por kg con el 5% de la harina, en magnesio (Mg) el contenido en comparación al control se notó un aumento de cuatro veces pasando de 200.40mg por kg a 838mg por kg, y en fosforo (P) se logró apreciar el mismo el mismo incremento a medida que la concentración de harina aumentaba. También se observaron incrementos progresivos en hierro (Fe). De igual forma en los minerales zinc

(Zn), calcio (Ca), y manganeso (Mn) se apreciaron cambios menores en comparación a los demás minerales.

En general, el calcio, el magnesio y el hierro son escasos en la dieta sin gluten. Estudios han destacado la importancia de la ingesta de calcio y su contribución al metabolismo óseo en personas con enfermedad celíaca. En los últimos años, ha aumentado la incidencia de enfermedades no transmisibles, como la osteoporosis y la anemia, causadas por una ingesta mineral baja y desordenada. Por esta razón, la fortificación de algunos productos alimenticios con minerales constituye un enfoque nutricional importante (Allouch Tounsi et al., 2025).

Debido a esto estudios previos han demostrado que la adición de ingredientes no convencionales mejora el valor nutricional de los productos panificables libres de gluten mediante el aporte de minerales esenciales, (Allouch Tounsi et al., 2025)(Allouch Tounsi et al., 2025) observaron que la incorporación de harina de legumbres en pan sin gluten aumenta significativamente el contenido de hierro, calcio, zinc y potasio en comparación con las harinas provenientes de los cereales. Por otra parte (Peñalver & Nieto, 2024)(Peñalver & Nieto, 2024) destacaron que la incorporación de microalgas (Spirulina) en pan de arroz incremento el contenido de hierro y calcio contribuyendo a mejorar la biodisponibilidad de minerales en dietas restrictivas.

VI. CONCLUSIONES

La incorporación de harina de *Piper auritum* modificó significativamente las propiedades del pan, reduciendo el pH, aumentando los grados Brix y elevando notablemente el porcentaje de humedad. Además, se registraron cambios visualmente perceptibles en el color, tanto en la corteza como en la miga, lo que confirma su impacto en las características físicas del producto.

El enriquecimiento mineral dependió directamente de la concentración utilizada. Mientras que el 1% mostró una disminución en varios minerales, el 3% marcó una transición con aumentos significativos, y el 5% demostró ser la concentración óptima, maximizando el contenido de potasio, fósforo, magnesio y hierro.

El tratamiento al 5% de *Piper auritum* se establece como el más efectivo, logrando los niveles más altos de minerales esenciales como fósforo (1809 mg), potasio (1626.5 mg) y magnesio (838 mg). Esto posiciona a esta harina como un ingrediente con alto potencial para el enriquecimiento natural de productos panarios sin gluten, mejorando su valor nutricional.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar experimentos en otras matrices alimentarias para estudiar su comportamiento como ingrediente funcional y estudiar su capacidad antioxidante

Realizar estudios toxicológicos y microbiológicos a la harina o extracto de *Piper auritum* para poder usarlo como ingrediente funcional y habilitar la aplicación de pruebas sensoriales para conocer su posible aceptación.

Realizar nuevas investigaciones sobre el uso del extracto y harina de *Piper auritum* como un agente antimicrobiano aplicable como recubrimiento en frutas o verduras o en productos para alargar su vida útil.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Allouch Tounsi, W., Sfayhi Terras, D., Haj Yahia, N., Zarroug, Y., Doggui, L., Bouhadida, M., Ouji, A., Kamessi, K., Kharrat, M., & Debbabi, H. (2025). Sustainable Local Gluten-free Flours: Nutritional, Physical, and Functional Characterization. *Journal of Food and Nutrition Research*, 13(3), 114–126. <https://doi.org/10.12691/jfnr-13-3-1>
- Bin Rahman, A. N. M. R., & Zhang, J. (2023). Trends in rice research: 2030 and beyond. In *Food and Energy Security* (Vol. 12, Issue 2). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fes3.390>
- Conde-Hernández, L. A., Espinosa-Victoria, J. R., & Guerrero-Beltrán, J. (2017). Supercritical extraction of essential oils of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*. *Journal of Supercritical Fluids*, 127, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.03.026>
- Delarca Ruiz, F., Aleman, R. S., Kazemzadeh Pournaki, S., Sarmiento Madrid, M., Muela, A., Mendoza, Y., Marcia Fuentes, J., Prinyawiwatkul, W., & King, J. M. (2023). Development of Gluten-Free Bread Using Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour in Combination with High-Protein Brown Rice Flour and High-Protein White Rice Flour. *Foods*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/foods12112132>
- Estrada-Reyes, R., Dorantes-Barrón, A. M., Arrieta-Báez, D., Gómez-Patiño, M. B., Bernal-Trujillo, A., Castro-García, M., Carro-Juárez, M., & Martínez-Mota, L. (2019). *Piper auritum* Kunth (Piperaceae) improves the sexual performance of sluggish male rats through enhancing ejaculation. *Journal of Ethnopharmacology*, 231, 453–463. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.10.030>
- Hernandez-Aguilar, C., Valderrama-Bravo, M. del C., Dominguez-Pacheco, A., Romero-Galindo, R., Igno-Rosario, O., Contreras-Gallegos, E., Tsonchev, R. I., & Cruz-Orea, A. (2022). Caracterización colorimétrica, textura y calidad sanitaria de panes adicionados con maíces criollos y *Curcuma longa*. *Superficies y Vacío*, 35. https://doi.org/10.47566/2022_syv35_1-220407
- Keramari, S., Nouska, C., Hatzikamari, M., Biliaderis, C. G., & Lazaridou, A. (2024). Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour. *Foods*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/foods13142300>
- Ligia, V. A., Noriaki, A. O. K. I., Daisuke, N. E. I., & Tetsuya, A. R. A. K. I. (2025). Improvement of Rice Bread by the Addition of Chickpea Aquafaba. *Journal of Cereal Science*, 104183. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2025.104183>
- Mgbeahuruike, E. E., Yrjönen, T., Vuorela, H., & Holm, Y. (2017). Bioactive compounds from medicinal plants: Focus on *Piper* species. In *South African Journal of Botany* (Vol. 112, pp. 54–69). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.05.007>

- Milião, G. L., de Oliveira, A. P. H., Soares, L. de S., Arruda, T. R., Vieira, É. N. R., & Leite Junior, B. R. de C. (2022). Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. In *Future Foods* (Vol. 5). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100124>
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). *Tablas de composición de alimentos* (16th ed.). Piramide.
- Muñoz-Carrillo, L. S., Madrigal-Bujaidar, E., Hernández-Ojeda, S. L., Morales-González, J. A., Madrigal-Santillán, E. O., Álvarez-González, I., & Espinosa-Aguirre, J. J. (2025). Studies of *Piper auritum* Kuntz's Mutagenic and Antimutagenic Properties Using the Ames Test. *Metabolites*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/metabo15030164>
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 66, pp. 98–107). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
- Park, J., & Kim, H. S. (2023). Rice-Based Gluten-Free Foods and Technologies: A Review. In *Foods* (Vol. 12, Issue 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods12224110>
- Peñalver, R., & Nieto, G. (2024). Developing a functional gluten-free sourdough bread by incorporating quinoa, amaranth, rice and spirulina. *LWT*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116162>
- Pesantes Alex, & Pincay Nicole. (2021). *Desarrollo de una galleta con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum durum) por harina de raquis, cáscara de banana (Musa acuminata) y cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*.
- Rengifo-Rios, A. M., Muñoz-Gómez, L. M., Cabezas-Fajardo, F. A., & Guerrero-Vargas, J. A. (2019). Edematic and coagulant effects caused by the venom of *Bothrops rhombeatus* neutralized by the ethanolic extract of *Piper auritum*. *Journal of Ethnopharmacology*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112046>
- Salleh, W. M. N. H. W. (2021). A systematic review of botany, phytochemicals and pharmacological properties of “Hoja santa” (*Piper auritum* Kunth). In *Zeitschrift für Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* (Vol. 76, Issues 3–4, pp. 93–102). De Gruyter Open Ltd. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0116>
- Sarion, C., Codină, G. G., & Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084332>
- Sartori, V., Theodoro, H., Minello, L., Pansera, M., Basso, A., & Scur, L. (2020). *Plantas Alimentícias Não Convencionais*.
- Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. In *Foods* (Vol. 11, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Thomas, R. M., Falegan, C. R., Olojede, A. O., Oludipe, E. O., Awarun, O. D., & Daodu, G. O. (2023). Nutritional and sensory quality of Ofada rice sourdough bread made with selected lactic acid bacteria strains. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20828>
- Torres-Pérez, R., Martínez-García, E., Sigüero-Tudela, M. M., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., & Igual, M. (2024). Enhancing Gluten-Free Bread Production: Impact of Hydroxypropyl Methylcellulose, Psyllium Husk Fiber, and

- Xanthan Gum on Dough Characteristics and Bread Quality. *Foods*, 13(11).
<https://doi.org/10.3390/foods13111691>
- Trujillo-Santiago, E., Villalobos-Delgado, L. H., Guzmán-Pantoja, L. E., López, M. G., Zafra-Ciprián, D. I., Nevárez-Moorillón, G. V., & Santiago-Castro, J. T. (2021). The effects of Hierba Santa (*Piper auritum* Kunth) on the inhibition of lipid oxidation in beef burgers. *LWT*, 146.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111428>
- Utama-ang, N., Kuatrakul, I., Walter, P., Rattanapitigorn, P., & Kawee-ai, A. (2022). Effect of instant jasmine rice coating combining *Spirulina* with edible polymers on physicochemical properties, textural properties and sensory acceptance. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11759-8>
- Yu, T., Jing, S., Jiaxin, L., Aixia, W., Mengzi, N., Xue, G., Lili, W., Liya, L., Fengzhong, W., & Litao, T. (2024). Effects of Milling Methods on Rice Flour Properties and Rice Product Quality: A Review. In *Rice Science* (Vol. 31, Issue 1, pp. 33–46). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2023.11.002>
- Zarringhalami, S., Ganjloo, A., & Mokhtari Nasrabadi, Z. (2021). Optimization xanthan gum, Roselle seed and egg white powders levels based on textural and sensory properties of gluten-free rice bread. *Journal of Food Science and Technology*, 58(3), 1124–1131. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04626-9>
- Zhang, L., Zhao, G., Yao, Y., Zhu, W., Xu, S., & Li, H. (2023). Research on the aroma properties and microbial succession patterns in the processing of Chinese yellow sticky rice jiuqu steamed bread. *LWT*, 180.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114704>

ANEXOS

Anexo 1: Elaboración de la harina vegetal



Lavado y desinfección de las hojas



Escurreimiento del exceso de agua



Deshidratado



Tritura y Molienda



Obtención de Harina



Almacenamiento

Anexo 2: Elaboración de los panes enriquecidos



Mezclado y Amasado



Pesado y Moldeado



Fermentacion



Coccion



Enfriamiento

Anexo 3: Analisis Fisicoquimicos



Analisis de Color:



Centro del pan (miga)



Corteza del pan



%Humedad



Analisis de pH

Anexo 4: Analisis de Minerales



Obtencion de cenizas



Preparacion de muestras



Muestras listas para analizar



Analisis de Minerales