

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
PESQUERA Y DE ALIMENTOS



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“LA HARINA DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y EL
COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS EN EL PAN LIBRE DE GLUTEN
ELABORADO”

AUTOR: José Ramón Cáceres Paredes

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de marzo de 2023 al 28 de febrero de
2024)

(Resolución de aprobación N° 162-2023-R)

Callao, 2024

DEDICATORIA:

A mi familia, especialmente a mi esposa e hijos por su permanente apoyo y comprensión al reducir el tiempo que debía de brindarles a ellos y direccionarlo para el desarrollo del presente estudio y a las actividades académicas relacionadas con esta investigación. A ellos MI ETERNA GRATITUD.



AGRADECIMIENTO

A Dios, de manera principal, por bendecir y guiar mis pasos en cada una de las actividades académicas, administrativas y laborales desarrolladas en la Universidad Nacional del Callao y por impermeabilizarme con su energía protectora de toda la energía negativa que nos rodea actualmente.

Al Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) del Vicerrectorado de Investigación, de la Universidad Nacional del Callao, por el invaluable apoyo brindado para el desarrollo del presente estudio habiendo permitido utilizar sus instalaciones y equipos del taller de panificación para desarrollar todas las pruebas experimentales necesarias para la presente investigación.

Al Sr. Aldo Paz Velarde, técnico en panificación del IIEA por su permanente apoyo logístico y operacional durante el desarrollo de las diferentes pruebas experimentales desarrolladas en el presente estudio.



DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Descripción de la realidad problemática	8
1.2 Formulación del problema	10
1.3 Objetivos	10
1.4 Limitantes de la investigación.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Antecedentes.....	12
2.2 Marco.....	15
2.2.1 Teórico.....	16
2.2.2 Conceptual.....	17
2.3 Definición de términos básicos.....	20
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	23
3.1 Hipótesis.....	23
3.2 Definición conceptual de variables.....	23
3.3 Operacionalización de variables.....	24
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	24
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	24
4.2 Método de investigación.....	25
4.3 Población y muestra.....	27
4.4 Lugar del estudio y período desarrollado.....	28
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información... ..	28
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	29



CAPÍTULO V: RESULTADOS	30
5.1 Resultados descriptivos	30
5.2 Resultados inferenciales	41
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ..	47
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	48
6.3 Responsabilidad ética.....	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	61
Matriz de consistencia.....	61

TABLAS DE CONTENIDO

Relación de tablas:	Pág.
Tabla 1 : Operacionalización de variables	24
Tabla 2 : Diseño de la investigación	25
Tabla 3 : Porcentaje de agua absorbida por masa de harina de arroz y maicena	30
Tabla 4 : Porcentaje promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y maicena	31
Tabla 5 : Porcentaje de agua absorbida por masa de harina de arroz y fécula de yuca	32
Tabla 6 : Porcentaje promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y fécula de yuca	33
Tabla 7 : Volumen específico del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde con harina de trigo	34
Tabla 8 : Actividad de agua del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde con harina de trigo	35
Tabla 9 : Humedad del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde con harina de trigo	36
Tabla 10 : Proteína del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde con harina de trigo	37
Tabla 11 : Análisis químico proximal del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde.	37
Tabla 12 : Formulación base de pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca.	38
Tabla 13 : Pruebas experimentales de pan de harina de arroz con maicena	39
Tabla 14 : Pruebas experimentales de pan de harina de arroz con fécula de yuca.	39



Relación de figuras:	Pág.
Figura 1 : Relación entre el porcentaje promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y maicena	31
Figura 2 : Relación entre el porcentaje promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y fécula de yuca.	33
Figura 3 : Diseño de pruebas experimentales	40

Relación de anexos	Pág.
Anexo A : Matriz de consistencia	61
Anexo B : Masa panadera de harina de arroz y maicena en molde	62
Anexo C : Masa panadera de harina de arroz y fécula de yuca en molde	62
Anexo D : Masa panadera de harina de arroz y maicena en cámara de fermentación	62
Anexo E : Masa panadera de harina de arroz y fécula de yuca en cámara de fermentación	62
Anexo F : Masa panadera de harina de arroz y maicena post fermentación	62
Anexo G : Masa panadera de harina de arroz y fécula de yuca post fermentación	62
Anexo H : Panes de harina de arroz con maicena post horneado	63
Anexo I : Panes de harina de arroz con fécula de yuca post horneado	63
Anexo J : Panes de harina de arroz con maicena	63
Anexo K : Panes de harina de arroz con fécula de yuca	63
Anexo L : Corte transversal de panes de harina de arroz con maicena	63
Anexo M : Corte transversal de panes de harina de arroz con fécula de Yuca	64
Anexo N : Volumen específico y valor t_0 del pan de harina de arroz con maicena	64



Anexo Ñ : Volumen específico y valor t_0 del pan de harina de arroz con fécula de yuca	64
Anexo O : Actividad de agua y valor t_0 del pan de harina de arroz con maicena	64
Anexo P : Actividad de agua y valor t_0 del pan de harina de arroz con fécula de yuca	65
Anexo Q : Humedad y valor t_0 del pan de harina de arroz con maicena	65
Anexo R : Humedad y valor t_0 del pan de harina de arroz con fécula de yuca	65
Anexo S : Contenido de proteína y valor t_0 del pan de harina de arroz con maicena	65
Anexo T : Contenido de proteína y valor t_0 del pan de harina de arroz con fécula de yuca.	65
Anexo U : Informe de Ensayo N° 1-00871/24. Análisis químico pan de arroz con maicena (PHAM)	66
Anexo V : Informe de Ensayo N° 1-00870/24. Análisis químico pan de arroz con fécula de yuca (PHAFY)	67

RESUMEN

Se evaluó el volumen específico (V_e), humedad (H), contenido proteico (CP) y actividad de agua (A_w) del pan libre de gluten elaborado con 60% harina de arroz, 40% de maicena (PHAM) 40% de fécula de yuca (PHAFY) y Psyllium. El V_e , para el PHAM y PHAFY fue de 1,8809 y 1,8890; la H fue de 43,72% y 45,25%; el CP fue de 4,69% y 4,56%; y la A_w fue de 0,9672 y 0,9755, respectivamente. El contenido de gluten de los panes PHAM y PHAFY fue de < 4 mg/Kg y 20 mg/kg.

Palabras clave: pan libre de gluten, harina de arroz, maicena, fécula de yuca, Psyllium, volumen específico, humedad, actividad de agua, contenido proteico.

ABSTRACT

The specific volume (V_e), humidity (H), protein content (CP) and water activity (A_w) of gluten-free bread made with 60% rice flour, 40% cornstarch (PHAM) and 40% cassava starch (PHAFY) and Psyllium, were evaluated. The V_e , for PHAM and PHAFY was 1.8809 and 1.8890; H was 43.72% and 45.25%; CP was 4.69% and 4.56%; and the A_w was 0.9672 and 0.9755, respectively. The gluten content of the PHAM y PHAFY breads was < 4 mg/Kg and 20 mg/kg.

Keywords: gluten-free bread, rice flour, cornstarch, cassava starch, Psyllium, specific volume, humidity, water activity, protein content.



INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los productos alimenticios más antiguos utilizados por el hombre y es considerado como el alimento básico tradicional en la canasta familiar del poblador peruano; sin embargo, la harina de trigo -que se utiliza como materia prima- y los insumos empleados en su elaboración, lo constituyen solo en un producto que proporciona una importante fuente de carbohidratos y como complemento de otros alimentos, en el desayuno y en las comidas.

El pan es uno de los alimentos de mayor consumo en nuestro país y forma parte de la dieta tradicional o cultura gastronómica en Europa, Medio Oriente, India, América y Oceanía (Buendía Medina, 2016); sin embargo, es necesario realizar estudios de sustitución total de la harina de trigo por otras harinas y evaluar si existen diferencias en la presentación de dichos productos en comparación con el elaborado con harina de trigo tradicional.

El pan es un alimento básico y uno de los alimentos más consumidos por la humanidad. La existencia de variedades de pan radica en la propiedad única de la harina de trigo para formar gluten que en presencia de agua forma una masa gomosa de excelentes propiedades reológicas (Cavain, 2002).

Los productos horneados a base de harina de trigo son uno de los productos alimenticios más consumidos en todo el mundo, ocupando dentro de este grupo un lugar predominante, el pan (Sánchez, Osella, & Torres, 2008).

Sin embargo, existe un determinado sector de la población que presenta problemas de intolerancia a las prolaminas presentes en el gluten del trigo, avena, cebada y centeno (TACC) (Sánchez H.D., 2002).

Actualmente, el único tratamiento terapéutico posible -para dicha población- es la eliminación del gluten de la dieta (Cappa C. Barbosa-Cánovas G. Lucisan M. & Mariotti, 2016). El porcentaje de alimentos y bebidas sin gluten en el mercado se está incrementado, entre los años del 2013 a 2015 pasó del 7,9% al 11,8% y se prevé que Europa sea el mercado alimentario con mayor proyección de crecimiento (Bustamante M. Fernández-Gil M. Churruca I. Miranda J. Lasa A. Navarro V. & Simón, 2017).



Es importante indicar que el 65% de los consumidores compran alimentos libres de alergénicos porque los consideran más saludables, el 27% los utilizan para perder peso, el 11% por cuestiones relacionadas con el estado de salud (inflamación y depresión) y el 20% por otras razones (Witczak M. Ziobro R. Juszczyk L. y Korus, 2016).

Por lo indicado, en el presente estudio se evaluó el comportamiento de algunas características fisicoquímicas del pan elaborado con harina de arroz en comparación con el pan tradicional elaborado con harina de trigo

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el entorno sudamericano, los países que más consumen pan son Argentina, Uruguay y Chile. El mercado peruano se viene incrementando de manera continua año a año; pero, tiene como uno de sus principales problemas su dependencia -del mercado internacional- en harina de trigo que es su principal ingrediente; sin embargo, la población peruana -especialmente la rural o provinciana- consumen panes regionales tradicionales elaboradas con otros ingredientes diferentes a la harina de trigo, pero su producción y comercialización -por diversos motivos- solo tienen alcance local y no nacional. Uno de los problemas que tiene el pan blanco tradicional -elaborado con harina de trigo refinada- es la deficiencia en sales minerales y en vitaminas, especialmente de vitaminas del complejo B, las cuales se pierden durante la eliminación de la cáscara del grano de trigo; esta deficiencia contribuye a la aparición de diversas enfermedades; así se estima que el 25 % de la población adulta de los Estados Unidos padece de deficiencia de vitamina B₁₂ (Mercola.com, 2015).

La industria de la panificación -en el Perú- presenta una tendencia de crecimiento positivo; así lo menciona el Instituto de Estudios Socioeconómicos quién indica que el consumo anual per cápita de pan en el Perú es de 35 Kg que es considerado bajo en comparación con otros países de la región como Chile que es de 85 Kg, Argentina 65 Kg y Uruguay 62 Kg; pero, el Perú ha mostrado un crecimiento en los últimos años (IEES, 2018).



La prevalencia ponderada de la enfermedad celiaca (EC) en el Perú es de 1,2% de su población, estimándose que el número de personas que viven con dicha enfermedad es similar al promedio mundial (Baldera K. Chaupis-Meza D. Cárcamo C. Holmes K. & García, 2020), la cual no está siendo atendida.

La eliminación del trigo y con ello el gluten en la elaboración de productos de panificación afecta significativamente en su estructura, volumen y textura, Lo indicado ocasiona serias dificultades en el diseño de las formulaciones para elaborar productos libres de gluten, pues el producto final presenta atributos físico-organolépticos diferentes a los productos elaborados con trigo. Así mismo, los niveles de aceptación por parte del consumidor podrían verse afectados.

El procedimiento más común para mejorar la calidad de los productos de panificación sin gluten es modificar las propiedades del almidón y su estructura molecular ya que es el principal ingrediente de las materias sin gluten y con ello influir directamente en los procesos de gelatinización y retrogradación (Padalino L. Conte A. y Del Nobile, 2016), o utilizar otras harinas que no tengan gluten.

En el Perú, existe una Asociación de celíacos que promueve la producción y comercialización de alimentos libres de gluten, pues tienen dificultades para encontrar proveedores de esa variedad de alimentos. En el mercado nacional se ofertan -de manera restringida- productos como galletas, queques y algunos postres elaborados con fécula de maíz y arroz con aditivos que coadyuvan a mejorar algunas de sus características organolépticas; sin embargo, sus costos no están al alcance de la población de clase media baja.

Por lo indicado, nuestra industria panadera debe de desarrollar productos para cubrir la demanda de dicha población, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos nutricionales y contribuir a los nuevos estilos de vida saludable. Actualmente la totalidad de los productos de panificación, pastelería y pastas que se elaboran en el Perú tienen como materia prima a la harina de trigo; sin embargo, no se está atendiendo a la población antes indicada, denominada: población celiaca.



La problemática indicada, con la posibilidad de utilizar como materia prima: la harina de arroz y evaluar solo algunas características físicas y químicas del pan motivó la realización del presente estudio que se resume -parcialmente- en la formulación del siguiente problema.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general:

¿Cuál es el comportamiento de las características fisicoquímicas volumen específico, humedad y contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*)?

A partir del problema general indicado, se desagregaron los siguientes problemas específicos

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el comportamiento del volumen específico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*)?
- b) ¿Cuál es el comportamiento de la humedad en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*)?
- c) ¿Cuál es el comportamiento del contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*)?

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de las características fisicoquímicas: volumen específico, humedad y contenido proteico, del pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*).

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar el comportamiento del volumen específico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*).



- b) Evaluar el comportamiento de la humedad en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*).
- c) Evaluar el comportamiento del contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*).

1.4 Limitantes de la investigación

El desarrollo del presente estudio pretende formar parte de los trabajos que se realizan en países como Estados Unidos, España y Argentina, para atender a la población intolerante al gluten. En el Perú recién se están dando pasos importantes en desarrollar productos de panificación para dicha población.

Debido a la no disponibilidad de los equipos e instrumentos necesarios para el desarrollo de las diferentes evaluaciones, el estudio sólo se limitó a evaluar el volumen específico, la humedad, el contenido proteico y como complemento a la actividad de agua del pan libre de gluten elaborado con sustitución total de la harina de trigo por harina de arroz.

Por lo indicado, el trabajo consideró las siguientes limitantes:

- a) **Teórica-tecnológica**, pues la investigación solo comprendió el diseño y elaboración de un pan libre de gluten con sustitución total de la harina de trigo por harina de arroz y se evaluó cómo se comporta el volumen específico, la humedad, el contenido proteico y complementariamente la actividad de agua del pan, en comparación con las indicadas propiedades del pan de molde tradicional elaborado con harina de trigo.
- b) **Temporal**, el estudio se realizó en un periodo total de un año, de los cuales se emplearon seis meses para las pruebas experimentales.
- c) **Espacial**, las pruebas experimentales en su totalidad se desarrollaron en el taller de panificación del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) de la Universidad Nacional del Callao.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En Argentina, se evaluó el comportamiento tecnológico de siete genotipos de arroz, con el objetivo de incorporar la variedad de arroz que presentaba mayor contenido de almidón waxy (almidón modificado con mayor porcentaje de amilopectina) y de esta forma mejorar los atributos sensoriales de un pan sin gluten (Torres R. Gonzales R. Sánchez H. Osella C. y de la Torre, 1999).

Se ha reportado la incorporación de granos andinos como la quinua, kiwicha y cañihua en la elaboración de productos para pacientes con dietas sin gluten, concluyendo que son alimentos que representan una alternativa segura a los granos que contienen gluten y que además tienen un elevado valor nutricional, siendo una buena fuente de proteínas de alto valor biológico además de ser ricos en minerales (Martínez, 2015). Se investigó la utilización de trigo sarraceno o alforfón -pseudocereal perteneciente a la familia botánica de las poligonáceas- en mezcla con la harina de amaranto y de quinua, como posible ingrediente y sustituyente de las harinas con gluten, el resultado obtenido fue un producto de alto valor nutricional (Alvarez-Jubete L. Auty M. Arendt E. & Gallagher, 2009).

Se ha logrado enriquecer la formulación de un pan a base de harina de arroz y almidón, con fibra dietética, mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (Sabanis D. Lebesi D. & Tzia, 2009). Se estudió el agregado de proteínas de diferente fuente a las formulaciones de panes para celíacos, con el objetivo de elevar el contenido nutricional y la adición de aditivos como hidrocoloides para mimetizar la función tecnológica del gluten y obtener productos de panadería, obteniéndose una masa con excelentes características reológicas (Mezaize S. Chevallier S. Le-Bail A. & de Lamballerie, 2009). Se evaluó la elaboración de un pan sin gluten a base de fécula de yuca y harina de maíz, confirmándose la necesidad de incorporar insumos como grasas, huevos y leche; pues contribuyeron en aumentar su valor nutricional y en otorgarle mejores condiciones de textura: firmeza y elasticidad (Milde L. Valle C. Rybak A. Oliveira C. & González, 2009).



Se enriqueció panes sin gluten con fibra de maíz, avena, trigo y cebada, con granulometría $<32\mu\text{m}$ y con porcentajes del 3, 6 y 9%, comprobándose que los panes con mayor volumen, miga más suave, corteza más crujiente y color oscuro más atractivo fueron los enriquecidos con fibra de maíz y de avena. El pan con mejor puntuación por un panel de catadores fueron los enriquecidos con 3% de fibra de maíz (Sabanis D. Lebesi D. & Tzia, 2009).

Los panes con harina de arroz, enriquecidos con el 10% de salvado de arroz (fibra) tuvieron un mayor volumen específico, miga más suave, un perfil de porosidad más homogéneo, color de corteza, más tostado y mayor vida útil (Phimolsiripol Y. Mukprasirt A. & Schoenlechner, 2012).

El tratamiento del almidón de maíz y la harina de arroz a una presión de 600 Mpa por 5 min a 40 °C, para ralentizar la cinética de los panes sin gluten, con las que elaboraron pan con cuatro formulaciones diferentes, permitió reducir la tasa de envejecimiento de la miga de pan durante tres días de almacenamiento, en condiciones controladas (Cappa C. Barbosa-Cánovas G. Lucisan M. & Mariotti, 2016)

Las principales materias primas utilizadas en las formulaciones de pan sin gluten son los almidones de arroz, maíz, papa, sorgo y las harinas de arroz, maíz, sorgo, mijo, trigo sarraceno, teff, amaranto, quinua, soja, tapioca, garbanzo, lino, castaña, algarroba y bellota (Patil S.P. & Arya, 2017) (Witczak M. Ziobro R. Juszczyk L. & Korus, 2016). En la elaboración de pan libre de gluten, el almidón es el componente principal; según el estudio de Rotsch en 1954 demostró que los panes podrían prepararse a partir de almidón y sustancias formadoras de gel (Rodríguez Sarabel, 2019). La harina de arroz por sus propiedades hipoalergénicas, sabor suave, color blanco, bajo contenido de proteínas y sodio, presencia de carbohidratos de fácil digestión, lo constituyen como una de las materias primas más apropiadas para la elaboración de panes libre de gluten (Rosell C.M. Barro F. Sousa C. & Mena, 2014). El agregado de monoglicéridos a los productos panificados a base de fécula de mandioca no modifica de manera apreciable las características físicas: volumen específico, porcentaje de pérdida de peso y propiedades texturales (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza), por lo que no se justifica su utilización (Milde L. Gonzalez K. Valle Urbina C. & Rybak, 2009).



La elaboración de panes libres de gluten presenta algunos problemas estructurales debido a la débil capacidad para formar la red de proteína-almidón y a la incapacidad de retener las burbujas de los gases producto de la fermentación. Para suplir dichos inconvenientes se utilizó el almidón de arroz, como potencial ingrediente de productos horneados sin gluten y la adición de aditivos o ingredientes como los hidrocoloides y estabilizadores (Rodríguez Sarabel, 2019). Actualmente existe una tendencia positiva para utilizar harinas modificadas con tecnologías de altas presiones y tratamientos hidrotérmicos, con la finalidad de mejorar las características reológicas de la masa elaborada con harina sin gluten. Los tratamientos de alta presión hidrostática actúan en el agua, proteínas y almidón; modificando las propiedades funcionales de sus proteínas e inactivando las enzimas que son las responsables de la disminución de la vida útil del pan libre de gluten (Cappa C. Barbosa-Cánovas G. Lucisan M. & Mariotti, 2016). Los panes libres de gluten necesitan utilizar -para su elaboración- sustancias poliméricas que mimeticen las características visco elásticas del gluten (Houben A. Höchstötter A. & Becker, 2012). Como compuestos poliméricos se pueden utilizar ingredientes como el almidón de yuca, almidón de maíz (maicena) y goma xantán, que actúan como agentes estructurantes y enlazadores de agua. Estudios realizados, reportan la utilización de los indicados almidones (Tejero, 2013) (Vargas P. & Hernández, 2012).

2.1.2. Nacionales:

En el Perú, el pan es un alimento básico en la dieta tradicional y es uno de los productos más apreciados en la canasta familiar por su variedad y sabor; así como, por su valioso aporte nutricional en carbohidratos, vitaminas B₁, B₂, B₉, fibra, hierro, zinc, magnesio y potasio (Parada A. & Araya, 2010). Se elaboró pan libre de gluten con harinas de quinua y maíz, fécula de mandioca y goma xantán, clara de huevo y lecitina. El pan presentó un score químico teórico perfecto, buena esponjosidad y características fisicoquímicas de humedad de 25.41% y pH de 6.18) (Urbina J. Alarcón R. Guevara V. & Mera, 2014).



La vida útil del pan libre de gluten a base quinua, en función al valor referencial de 1000 ufc/g, para el pan envasado en bolsas de polipropileno (PP) fue de 3,27 días y para el pan en bolsas de polietileno (PE) fue de 4,13 días (Toro Rodriguez G., 2014). La harina de yuca se puede emplear para reemplazar la harina de arroz, maíz y trigo, en formulaciones de mezclas, pastas y pan como aglutinador y extensor de dulces, papillas para bebés, sopas deshidratadas y condimentos porque su sabor es imperceptible (Unchupaico Zamalloa, 2018). Se elaboró un pan libre de gluten con porcentajes del 60%, 20% y 20% de harina de arroz, maíz y garbanzo, respectivamente, que tuvieron una mejor aceptabilidad (Bazán Arribasplata, 2019) Se elaboró un pan de molde libre de gluten con 70% de harina de arroz y 30% de harina de papa con el 2% de goma xantán y goma de tara en proporción de (2:1), con los mejores resultados de volumen y un 80,0% de aceptación por consumidores intolerantes al gluten (Vera Rodriguez, 2017).

Se elaboró un pan libre de gluten con 33,04% de harina de quinua, 20% de almidón de papa y 46,96% de agua, aplicando el método de diseño de mezclas, obteniéndose un volumen específico de 1,9 cm³/gr, estructura alveolar de 34,54 alvéolos/mm² y 8,7% de proteínas (Pacheco Alfaro, 2016). Los granos andinos son una gran opción para elaborar panes sin gluten, además son una gran tendencia actual en las dietas humanas por no contener gluten y por su excelente valor nutricional. La enzima transglutaminasa fue utilizada en la industria de la panificación sin gluten para mejorar la calidad del pan en la estructura de la miga, firmeza y elasticidad, permitiendo mejorar también sus propiedades sensoriales (Enriquez Mamani, 2020).

2.2 Marco

2.2.1 Teórico

La masa de panificación se define como una mezcla de harina y agua, obtenida por acción mecánica. En los productos de panadería, el amasado y el horneado son los pasos más importantes que influyen en la calidad del producto final. Siendo el pan el producto que resulta de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, agua, con o sin adición de sal y fermentada por microorganismos propios de la fermentación panaria.



Existen diversas estrategias a utilizar para minimizar los efectos negativos -de no utilizar gluten- o para mejorar la calidad de los productos sin gluten, uno de ellos es modificar las propiedades del almidón y su estructura molecular, pues este componente influye directamente en los procesos de gelatinización y retrogradación, en los productos sin gluten (Padalino L. Conte A. y Del Nobile, 2016). Hidrocoloides como la goma de garrofin, la goma guar, la goma xantana y el agar se han utilizado como sustitutos del gluten en el desarrollo de panes de harina de arroz dirigidos a la población celíaca o con intolerancia al gluten (Lazaridou A. Duta D. Papageorgiou M. Belc N & Biliaderis, 2007). El volumen específico en panes libre de gluten aumentó en presencia de hidrocoloides excepto en el caso de la goma Xantana. Sin embargo (Gambus H. Sikora M. & Ziobro, 2007), obtuvo mayor volumen en el pan libre de gluten en presencia de goma Xantana. Los alimentos libres de gluten son productos alimenticios para personas con intolerancia al gluten, constituidos por uno o más ingredientes que no contengan un nivel de gluten superior a los 100 mg/kg tal como se venden al consumidor final. Los productos que tengan contenido muy reducido de gluten, se consideran como “alimentos exentos de gluten”, si el contenido de gluten no sobrepasa los 20 mg/kg (CE. N°41/2009, 2009). Los cereales libres de gluten disponibles para la elaboración de panes sin gluten son: el arroz, maíz, trigo sarraceno, tef, kamut® y se ha observado un notable incremento del uso de harina de arroz por sus características organolépticas y su hipoalergenicidad (Rosell C.M. & Gómez, 2006). La Unión Europea, en el 2012, aceptó como normativa lo establecido en el CODEX STAN 118/1979, indicando que “los productos aceptados como libres de gluten puedan contener uno o más ingredientes, que sustituyan los cereales prohibidos, pero con un nivel de gluten que no supere 20 ppm”. Cada uno de los países europeos adaptó dicha normativa a su propia realidad (Pellicer K. Huber B. Benítez F. Bignon G. Barbero R. Salu L. & Copes, 2014). Los hidrocoloides son aditivos esenciales en la producción de panes libres de gluten, pues mimetizan -en cierta medida- la funcionalidad del gluten, proporcionando viscosidad o propiedades viscoelásticas a la masa panadera. En la industria panadera, los hidrocoloides contribuyen a: mejorar la textura del alimento, incrementa su capacidad de retención de agua, retrasan su envejecimiento e incrementan la calidad de los productos durante su almacenamiento (Rosell C. y Gómez P., 2011).



El Psyllium es considerado una fibra dietética natural compuesta de fibra soluble e insoluble. Tiene como beneficios, entre otros, la prevención frente al síndrome de intestino irritable, cáncer de colon o colitis ulcerosa. Por su efecto contra el estreñimiento, su consumo es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) (Belorio M. & Gómez, 2020). El uso de masa madre en el proceso tradicional para la producción de pan, utilizando la fermentación biológica de la masa, ha mantenido su importancia, ya que mejora la calidad del pan mediante la inhibición de microorganismos que ocasionan deterioro, aumenta el volumen del pan, retrasa el estancamiento, mejora el sabor del pan y mejora la calidad nutricional basada en un índice glucémico reducido (Kaditzky & Vogel, 2008) (Thiele, S., & Gänzle, 2004)

2.2.2 Conceptual

El pan es uno de los productos alimenticios más antiguos utilizados por el hombre y es considerado como uno de los alimentos básicos de la canasta familiar del poblador peruano; sin embargo, se le puede considerar como un complemento alimentario.

A pesar de las propiedades nutricionales del pan y debido a su contenido de gluten que proviene de la harina de trigo -principal materia prima utilizada en su fabricación- el pan es uno de los productos prohibitivos para ser consumidos por las personas que sufren de la enfermedad celíaca (EC).

La enfermedad celíaca se caracteriza por la insuficiencia que presenta el intestino delgado del ser humano para asimilar el gluten (Urbina J. Alarcón R. Guevara V. & Mera, 2014),

El Psyllium tiene efectos prebióticos, pues es un polisacárido bioactivo compuesto de una cadena ramificada de arabinoxilano: Polímero rico en arabinosa (23%), Xilosa (75%) y trazas de glucosa, manosa y galactosa. Además de tener propiedades nutricionales y metabólicas. Posee múltiples características funcionales tecnológicas: Capacidad de absorber gran cantidad de agua, retenerla y formar una masa viscosa y pegajosa y debido a su gran poder gelificante, mejora las propiedades físicas de las masas sin gluten (Belorio M. & Gómez, 2020).



El Codex Alimentarius, regula estos límites a nivel internacional, estableciendo la cantidad de gluten límite que puede contener un alimento para ser considerado como alimento libre de gluten. Así, lo define como aquel que, además, de no tener ningún rastro de trigo, cebada, centeno y avena en su composición, cumpla con el requisito de que la cantidad máxima de gluten admisible que el alimento debe contener es menos de 20 ppm (Codex Alimentarius, 2008). En los pacientes celíacos, el gluten de la dieta produce una respuesta inflamatoria de la mucosa, que lleva a la mal absorción de nutrientes como el hierro, ácido fólico, calcio y vitaminas solubles en lípidos por causa de la atrofia en la mucosa intestinal (Merlos D. & Palacios, 2013). El único tratamiento para la enfermedad celiaca es evitar la ingesta de gluten durante toda la vida (Husby S. Koletzko S. & Korponay-Szabo, 2012).

Lo indicado, es uno de los factores motivadores para que se realicen investigaciones a nivel mundial con el objetivo de diseñar formulaciones para elaborar panes libres de gluten, que incluye el agregado de aditivos alimentarios que proporcionen -a la mezcla panadera- las propiedades físicas que ésta pierde por la no inclusión de la harina de trigo y le restituya, parcialmente, algunas de las características organolépticas que le otorguen la aceptabilidad por parte del público consumidor. Una “dieta sin gluten” no significa, necesariamente, que los alimentos no puedan contener gluten, sino que esta cantidad tiene que estar por debajo de un determinado punto de corte. La Unión Europea, en el 2012, aceptó como normativa lo establecido en el CODEX STAN 118/1979, indicando que “los productos aceptados como libres de gluten puedan contener uno o más ingredientes, que sustituyan los cereales prohibidos, pero con un nivel de gluten que no supere 20 ppm en los alimentos”. Cada uno de los países europeos adaptó dicha normativa a su propia realidad (Pellicer K. Huber B. Benítez F. Bignon G. Barbero R. Salu L. & Copes, 2014).

El Ministerio de Salud mediante nota informativa N° 099-2013-DGE-DIS/MINSA indicó que “Estudios epidemiológicos realizados en Argentina y Brasil muestran una prevalencia de enfermedad celiaca de 0,25 a 0,50% a diferencia de Norteamérica y Europa (especialmente los países nórdicos) que la reportan encima de 1%. Si bien es cierto que en nuestro país no tenemos estudios epidemiológicos al respecto no hay razones para pensar que la prevalencia de esta enfermedad sea mayor que en Argentina y Brasil” (MINSA, 2013).



Sin embargo, estudios de prevalencia de la enfermedad celiaca realizado en el 2020 en la Universidad Cayetano Heredia, indican una estimación del 1,2% de la población peruana que viven con dicha enfermedad (Baldera K. Chaupis-Meza D. Cárcamo C. Holmes K. & García, 2020).

El Código Alimentario Argentino (CAA) en el artículo 1383 establece el término "libres de gluten" para aquellos productos que estén elaborados exclusivamente con materias primas -que de origen- no contengan las prolaminas del trigo, cebada, centeno y avena, con un límite no mayor a 10 ppm (mg/kg); Asimismo se establece que estos productos deben ser etiquetados con la denominación "libre de gluten" junto con la leyenda "Sin TACC" (Comisión de las Comunidades Europeas, 2009). Una disminución en la consistencia mejora el desarrollo de la masa, debido a una menor resistencia a la expansión durante la fermentación (Renzetti S. & Arendt, 2009).

Mayores consistencias conllevan a panes con mayor volumen, ya que un aumento en la viscosidad de la masa o batido aumenta la capacidad de retención del CO₂ formado durante la fermentación (Marco C. & Rossel, 2008).

Los hidrocoloides son aditivos muy empleados -en la industria panadera- para controlar las propiedades mecánicas de las masas -con o sin gluten-, además de ser utilizados para mejorar la textura del pan, disminuir la velocidad de endurecimiento de la miga, aumentar la retención de agua y mantener la calidad general del producto durante más tiempo (Rojas J.A. Rosell C.M. & Benedito, 1999). Una dieta saludable debe asegurar que las proteínas aporten al menos el 15% de energía, menos del 35% de grasa y más del 50% de hidratos de carbono. El pan y las legumbres constituyen la base de la dieta mediterránea y forman parte fundamental de las distintas guías alimentarias, ocupando la base de la pirámide de la alimentación (Collar, 2011).

la ingesta regular de pan y de cereales integrales que pueden contribuir a reducir los factores de riesgo relacionados con enfermedades crónicas no transmisibles, como: diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular, ciertas neoplasias y patologías gastrointestinales. El riesgo de enfermedad cardiovascular desciende hasta un 20-30% (Gil A. Ortega R.M. & Maldonado, 2011).



2.3 Definición de términos básicos

- a) **Pan:** Es el producto resultante de la cocción de la pasta obtenida mediante el amasado de una mezcla de harina de trigo, agua potable, sal, masa madre, levadura biológica y mejorante. Se incluye los panes especiales que incluyen otros ingredientes como grasas, azúcar, productos lácteos etc. (ABC de la panadería, 2000).

El pan es un alimento perecedero obtenido mediante la cocción de una masa (harina de trigo, agua, sal y levadura), debidamente fermentado por *Saccharomyces cerevisiae* (INACAL, 2016).

- b) **Panes sin gluten:** Productos que están constituidos por uno o más ingredientes procedentes de cereales que contienen gluten pero que han sido procesados de forma especial para eliminarlo y que no sobrepasan los 20 ppm (mg/kg) (Akoben A. & Thomas, 2008).

El Código Alimentario Europeo, emplea dos denominaciones, la primera es “exento de gluten” para aquellos alimentos con un contenido de gluten inferior a 20 ppm (mg/kg) y la segunda denominación, como alimento “con contenido muy reducido de gluten” para aquellos productos sustitutos, como panes o harinas con almidón de trigo, que contengan entre 20 y 100 ppm (mg/kg) de gluten (FDA, 2013.).

- c) **La masa de panificación:** Es la mezcla de diferentes ingredientes para conseguir, por medio del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación. La esponja o “poolish” es el sistema universalmente empleado en la elaboración del pan francés y en el pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30-40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina se use (Mesas J.M. & Alegre, 2002).

La masa de un pan debe contener como insumos básicos la harina, agua, sal y levadura; sin embargo, se puede hacer uso de insumos secundarios como azúcar, grasas, huevos, leche en polvo, harinas sucedáneas, malta y algunos aditivos como emulsionantes, acondicionadores de masa, antifúngicos (Hui Y. Corke H. De Leyn I. Cross N. & Nip, 2006) .



- d) **Volumen específico del pan (VE):** Es una de las características importantes en los productos de panadería, ya que nos indica cualitativa y cuantitativamente el efecto de las materias primas e insumos utilizados en una determinada formulación. Para calcular el volumen específico de los productos horneados, se divide el volumen del pan sobre el peso de este (Cereals & Grains Association, 2000).
- e) **Volumen del pan:** El volumen (ml) del pan fue establecido por desplazamiento de semillas con algunas modificaciones. Se determina la masa del pan, en gramos, y el volumen (ml) del pan sumergido en un lecho de semillas contenido en un recipiente. El volumen del pan (VP) en ml se calculó mediante la ecuación (1) (Sánchez H. D. Gonzáles R.J. Osella C.A. Torres R.L. & de la Torre, 2008).

$$VP = \frac{m (g)}{Da \left(\frac{g}{ml}\right)} \quad (1)$$

- f) **Alimentos libres de gluten:** Son productos alimenticios para personas con intolerancia al gluten, constituidos por uno o más ingredientes procedentes del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas que, han sido tratados de forma especial para eliminar el gluten, no contengan un nivel de gluten superior a los 100 ppm (mg/kg) en los alimentos tal como se venden al consumidor final. Los productos que tengan “contenido muy reducido de gluten”, se consideran como “alimentos exentos de gluten” si este contenido no sobrepasa los 20 ppm (mg/kg) en total, medido en los alimentos tal como se venden al consumidor final (CE. N°41/2009, 2009).
- g) **Cereales y granos libres de gluten:** Los cereales libres de gluten disponibles para la elaboración de panes sin gluten son: el arroz, maíz, trigo sarraceno, tef, kamut®. Se ha observado un notable incremento del uso de harina de arroz en la formulación de productos libres de gluten por sus características organolépticas y su hipoalergenicidad (Rosell C.M. & Gómez, 2006),

- h) **Hidrocoloides:** Son aditivos esenciales en la elaboración de panes libres de gluten, pues mimetizan -en cierta medida- la funcionalidad del gluten, proporcionando viscosidad o propiedades viscoelásticas a la masa panadera. En la industria de la panificación, los hidrocoloides contribuyen a mejorar:
- a. La textura del alimento,
 - b. Su capacidad de retener agua,
 - c. El retraso de su envejecimiento y
 - d. El incremento de la calidad de los productos durante su almacenamiento (Rosell C. y Gómez P., 2011).
- i) **Psyllium:** Es una fibra dietética que se puede usar como espesante, auxiliar de suspensión, estabilizador, agente aglutinante, emulsionante, aditivo en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Akbar et al., 2012, citado por (Vijay Kumar T. & Manju Kumari, 2014).
- j) **La Composición química:** Es la determinación cualitativa y cuantitativa de los diferentes componentes químicos presentes en un alimento, mediante métodos y procedimientos químicos con la finalidad de conocer su calidad y detectar fraudes o adulteraciones (López Pérez, 2012).
- k) **Humedad:** El contenido de humedad -también conocido como contenido de agua- es una medida de la cantidad total de agua contenida en un alimento, normalmente expresada como un porcentaje del peso total (Badui Dergal, 2006.).
- l) **Actividad de agua (Aw):** Es la relación que existe entre la presión parcial de vapor de agua en el alimento y la presión de vapor de saturación del agua pura a la misma temperatura, tal como se muestra en (2) (Belitz H.D. & Grosch, 1997)

$$A_w = P/P_o$$

(2)

P: Presión parcial del vapor de agua del alimento

Po: Presión parcial del vapor de agua pura



CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*) presenta un volumen específico menor que el del pan de molde elaborado con harina de trigo; y una humedad y contenido proteico mayor o igual que el del pan de molde elaborado con harina de trigo.

3.1.2 Hipótesis específicas

H₁: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*) presenta un volumen específico menor que el del pan de molde elaborado con harina de trigo.

H₂: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*) presenta una humedad mayor o igual que la humedad del pan de molde elaborado con harina de trigo.

H₃: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (*Oryza sativa*) presenta un contenido proteico mayor o igual que el contenido proteico del pan de molde elaborado con harina de trigo.

3.2 Definición conceptual de variables

Variables independientes :

- Formulación del pan libre de gluten

Variables dependientes:

- El volumen específico (Ve)
- La humedad del pan (H)
- El contenido proteico.

Formulación del pan libre de gluten:

Porcentaje de harina de arroz utilizado en elaboración de pan libre de gluten.

El Volumen específico del pan (Ve):

El número de ml que ocupa el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz, en relación con su peso (un gramo).



La humedad del pan (H):

Cantidad de agua en gramos de agua, en el pan, por cada 100 gramos de pan.

Contenido proteico del pan libre de gluten:

- Contenido de Nx6,25 en gramos por 100 gramos de pan.

3.3 Operacionalización de variables

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependientes.

3.3.1 Definición operacional de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

INDICADOR	DIMENSIÓN	ÍNDICE	TÉCNICA ESTADÍSTICA	MÉTODO	TÉCNICA
Variable Independiente: *Formulación del pan libre de gluten	Cuantitativa	Porcentaje de harina de arroz	Paramétrica	Comparación de promedios	Test de hipótesis
Variables Dependientes: *Volumen específico	Cuantitativo	cm ³ /g	Análisis de varianza	Volumen-masa de Streer	Modelo matemático
* Humedad	Cuantitativo	g H ₂ O/100 g	Análisis de varianza	Químico proximal	NTP 206.011(2018)
* Contenido proteico	Cuantitativo	(Nx6,25) g/100g)	Análisis de varianza	Químico proximal	AOAC 984.13(2023)

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

El presente estudio de acuerdo con lo indicado por Campbell y Stanley (1966) (Campbell D.T. & Stanley, 1995) fue una investigación aplicada, experimental y cuantitativa.

- Aplicada, porque su propósito es resolver un problema de naturaleza práctica y los resultados del estudio se pueden aplicar en otros estudios.
- Cuantitativa, porque el problema fue cuantificado, y



- Experimental, porque se manipuló la variable factor causa: Porcentaje de harina de arroz e ingredientes; y se evaluó su efecto sobre las variables respuesta: Volumen específico, humedad y contenido proteico del pan.

El diseño de la investigación de presenta en la tabla 2.

Tabla 2


Diseño de la investigación

Experimento	Matriz de Experimentación		Plan de Experimentación	
			Porcentaje de harina de arroz (%)	Porcentaje de maicena o fécula de yuca (%)
	X ₁	X ₂		
1	a	b	20	80
2	c	d	40	60
3	e	e	50	50
4	d	c	60	40

4.2 Método de investigación

En el presente estudio se utilizó el método cuantitativo utilizando una data numérica de las observaciones realizadas; el trabajo se desarrolló un procedimiento empírico experimental utilizando diferentes porcentajes de harina de arroz con la finalidad de verificar o no las hipótesis de estudio, evaluando el comportamiento de la masa panadera elaborada y si ello afecta al volumen específico, humedad y contenido proteico del pan y en el contenido de gluten.

La evaluación de las variables respuesta se realizó:

- Para el volumen específico (Ve) del pan en (ml/g), se obtuvo mediante el cálculo del modelo matemático: Volumen-Masa de Streer, 1981. 
- Para la composición química del pan elaborado de harina de arroz con maicena y de harina de arroz con fécula de yuca, los valores químicos proximales se obtuvieron de los análisis realizados por el laboratorio Certificaciones del Perú S.A. (CERPER) y en el laboratorio del IIEA de la UNAC.

Los métodos aplicados para cada uno de los indicadores de la composición química del pan fueron:



- a. Humedad : NTP206.011, 2018
- b. Proteínas : AOAC 984.13, Chapter 4, 22nd. Ed. 2023.
Protein crude in Animal Feed and Pet Food.
Copper Catalyst Kjeldahl Method.
- c. Grasas : AOAC 935.39(D), Chapter 32nd Ed. 2023.
Baked Products. Fat.
- d. Cenizas : AOAC 935.39(B), Chapter 32, 22nd Ed. 2023.
Baked Products, Ash.
- e. Acidez : NTP 206.008 (Revisado del 2021). 1976,
PRODUCTOS DE PANADERIA
- f. Gluten : Kit comercial de ELISA para la determinación
de gluten (gliadina) en alimentos.
- g. Actividad de Agua : Lectura directa en equipo AQUA LAB.

Para el desarrollo de las pruebas experimentales se siguió el siguiente procedimiento:

1. Obtención de la harina de arroz, maicena, fécula de yuca, Psyllium y los otros ingredientes.
2. Los ingredientes fueron pesados por separado, cada batería de muestras, tanto los ingredientes secos conformada por harinas, sal, azúcar, levadura, hidrocoloides etc., y los ingredientes húmedos: leche, huevos, aceite y agua.
3. Mezclado de las bases secas, y posteriormente se adicionaron la leche, huevos y aceite. El agua se adicionó al final y de manera lenta, pues paralelamente se realizó la evaluación del comportamiento de la masa en la máquina amasadora sobadora.

Para cada muestra, se pesó una determinada cantidad de agua la cual se fue adicionando a la masa y se evaluó si ésta tenía las características físicas de adhesividad. Se evaluó el peso final de agua y por diferencia se obtuvo la cantidad de agua agregada y utilizada para cada formulación.

4. Posteriormente, se realizó el proceso de colocación de la masa en moldes, tal como se observa en los anexos B y C, donde la masa reposa antes de ser sometido a fermentado y posterior horneado.



5. En los anexos D y E, se observa el proceso de fermentado de la masa panaria en el interior del fermentador; y en los anexos F y G se visualiza las masas post fermentación, en espera de ingreso a horneado, y finalmente en los anexos H e I se presentan a los panes después del tratamiento térmico en el horno, observándose la coloración final del producto.

4.3 Población y muestra

La población de estudio lo constituyo los cuatro porcentajes de harina de arroz con la maicena (fécula de maíz). Cada prueba fue de 1,5 kg. para cada una de las tres repeticiones, haciendo un total de 4,5 Kg por cada tratamiento y como son 4 tratamientos, se obtuvo un total general de 18 Kg. de masa que equivalen a 72 unidades de pan de 0,250 kg cada uno. La misma población se utilizó para los panes de harina de arroz y fécula de yuca.

Determinación de la muestra

El tamaño de la muestra (n), para una población finita se obtuvo con la siguiente relación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- n : Número de unidades de cada muestra
- N : Tamaño de población finita
- Z_{α}^2 : Nivel de confianza (1.96^2)
- p : Probabilidad que ocurra el evento
- q : Probabilidad que no ocurra el evento ($1-p$)
- e : Error de estimación máximo aceptado (3%)

La muestra para evaluar fue de 17 panes por tratamiento; considerando que el número de panes elaborados en cada una de las muestras fue relativamente pequeño, se consideró como el número de muestras evaluadas a la totalidad de los panes elaborados para cada una de las pruebas realizadas.



4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

Las pruebas experimentales, se desarrollaron en el taller de panificación del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA) de la Universidad Nacional del Callao.

El periodo de desarrollo de las pruebas fue entre los meses de junio a noviembre de 2023.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Las muestras de pan obtenidas de harina de arroz y maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, fueron evaluadas cualitativa y cuantitativamente, en función a las condiciones y equipamiento existente en el IIEA.

A cada una de las muestras se le evaluó el comportamiento de la masa durante el proceso de amasado en la máquina amasadora, el proceso de colocación de la masa en los moldes, y su comportamiento durante el la fermentación y finalmente durante el tratamiento térmico en el horno rotatorio. Como producto final, se evaluó el volumen específico, la humedad y actividad de agua. La composición química se realizó, a las muestras finales de pan enviadas a laboratorio de Certificaciones del Perú S.A. (CERPER), cuyos informes de ensayo se presentan en los anexos U y V.

a. Materiales:

- Bowls para pesado de materiales secos,
- Bowls de pesado de materiales líquidos
- Moldes de pan
- Bandejas de horneado de aluminio
- Harina de arroz, marca: “Costeño”
- Fécula de maíz (maicena), marca: “DURYEA”
- Fécula de yuca, sin gluten, marca: “UNIVERSAL”
- Azúcar blanca marca “COSTEÑO”
- Levadura seca instantánea: “Saf-Instant”, marca LESAFFRE”
- Polvo de hornear, marca: “FLEISCHMANN”



- Sal
- Agua
- Aceite vegetal,
- Leche descremada “GLORIA”
- Huevos enteros
- Psyllium huesk, marca “INCA COMEX”
- Bolsas plásticas.

b. Equipos

- Horno rotatorio, marca NOVA, MAX 50
- Mezcladora amasadora marca NOVA de 15 litros, con paleta tipo espiral
- Cámara de fermentación NOVA
- Termómetro digital infrarrojo “Benetech” GM 550.
- Balanza digital de piso, marca “SARTORIOUS”
- Equipo para Actividad de Agua. NOVASINA, LABSwift-aw.
- Balanza de humedad: AND, modelo MX-50, 0,01%
- Balanza digital de laboratorio: ACZET, CY 3102, (0,01g).

4.6 Análisis y procesamiento de datos

El análisis estadístico que se utilizó fue el análisis inferencial de promedios de distribuciones normales con desviación desconocida de cuatro tratamientos con las repeticiones de acuerdo con lo establecido por Douglas C. Montgomery, aplicando la prueba de “*t*” de Student con un nivel de significancia del 5% (Montgomery Douglas, 2004) donde se establece, como pruebas de hipótesis y estadísticos de evaluación, lo que se indica:

$$\begin{array}{l}
 H_0: X_1 = X_2 \\
 H_0: X_1 \neq X_2 ; \text{ es decir,} \\
 \left[\begin{array}{l}
 X_1 < X_2 \\
 \circ \\
 X_1 > X_2
 \end{array} \right.
 \end{array}$$



Con estadísticos:

$$S_p^2 = (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2$$

$$S_p = \sqrt{S_p^2}$$

y

$$t_0 = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 / S_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$$

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 De los porcentajes de agua que absorbió masa con harina de arroz y maicena.

En la tabla 3, se muestran los porcentajes de agua -que absorbió la masa panadera elaborada con harina de arroz y fécula de maíz (maicena), en tres repeticiones por tratamiento, con su correspondiente promedio y desviación

Tabla 3

Porcentaje de agua absorbida por masa de harina de arroz y maicena.

	Porcentaje de harina de arroz (%)	Porcentaje de agua absorbida (%)	Promedio (\bar{X})	Desviación (S)
REPETICIONES	20	53,2	52,5	0,889
		51,5		
		52,8		
	40	52,6	52,5	0,656
		51,8		
		53,1		
	50	67,8	67,5	0,700
		68,0		
		66,7		
	60	79,5	79,00	0,458
		78,6		
		78,9		



En la tabla 4, se muestran los porcentajes promedio de agua que absorbió la masa panadera de harina de arroz y maicena para cada tratamiento indicado en tabla 3.

Tabla 4

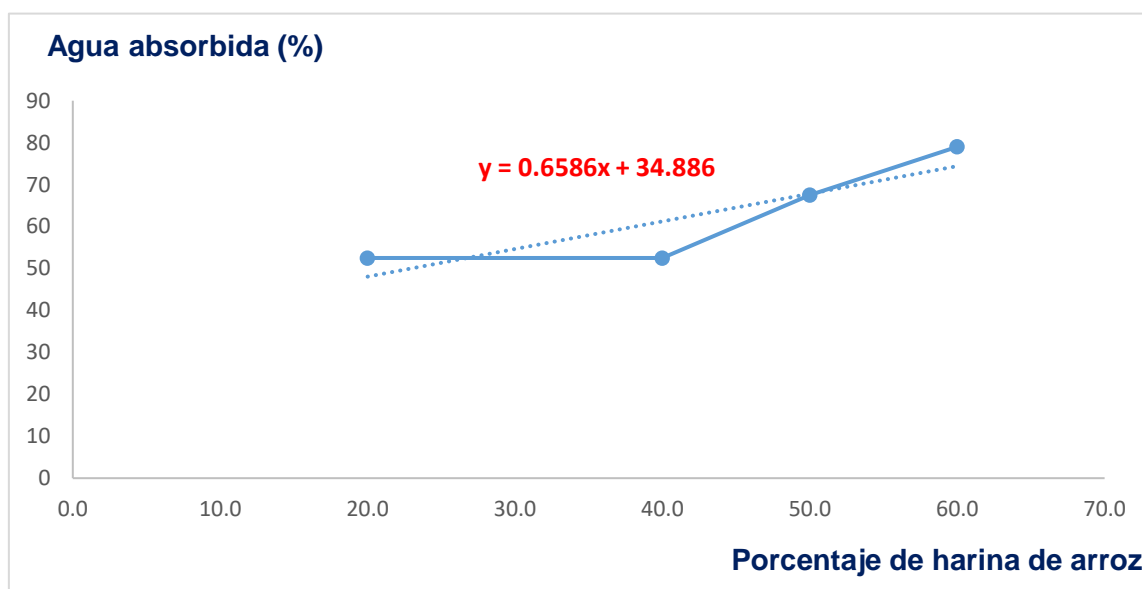
Porcentajes promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y maicena.

Harina arroz (%) con maicena	Agua absorbida (%)
20	52,5
40	52,5
50	67,5
60	79,0

En la figura 1 se representa la relación existente entre el porcentaje promedio de agua absorbida por la masa de harina de arroz y maicena, cuyos valores se indican en la tabla 4.

Figura 1.

Relación entre el porcentaje promedio de agua absorbida por la masa de harina de arroz y maicena.



5.1.2 De los porcentajes de agua que absorbió la masa con harina de arroz y fécula de yuca.

En la tabla 5, se muestran los porcentajes de agua que absorbió la masa panadera elaborada con harina de arroz y fécula de yuca, con una proporción inversa de ellas hasta completar el 100% de harina total en la formulación, en tres repeticiones para cada tratamiento, con su correspondiente promedio y desviación, observándose que hay un ligero incremento en la cantidad de agua adicionada a medida que la cantidad de harina de arroz aumenta y disminuye la cantidad de fécula de yuca.

Tabla 5

Porcentajes de agua absorbida por masa de harina de arroz y fécula de yuca

	Porcentaje de harina de arroz (%)	Porcentaje de agua absorbida (%)	Promedio (\bar{X})	Desviación (S)
REPETICIONES	20	54,6	54,3	0,360
		54,4		
		53,9		
	40	57,8	57,5	0,245
		57,5		
		57,2		
	50	58,1	57,5	0,660
		56,8		
		57,6		
	60	67,2	67,0	0,245
		67,0		
		66,8		

En la tabla 6, se muestran los porcentajes promedio de agua que absorbió la masa panadera elaborada con harina de arroz y fécula de yuca



Tabla 6

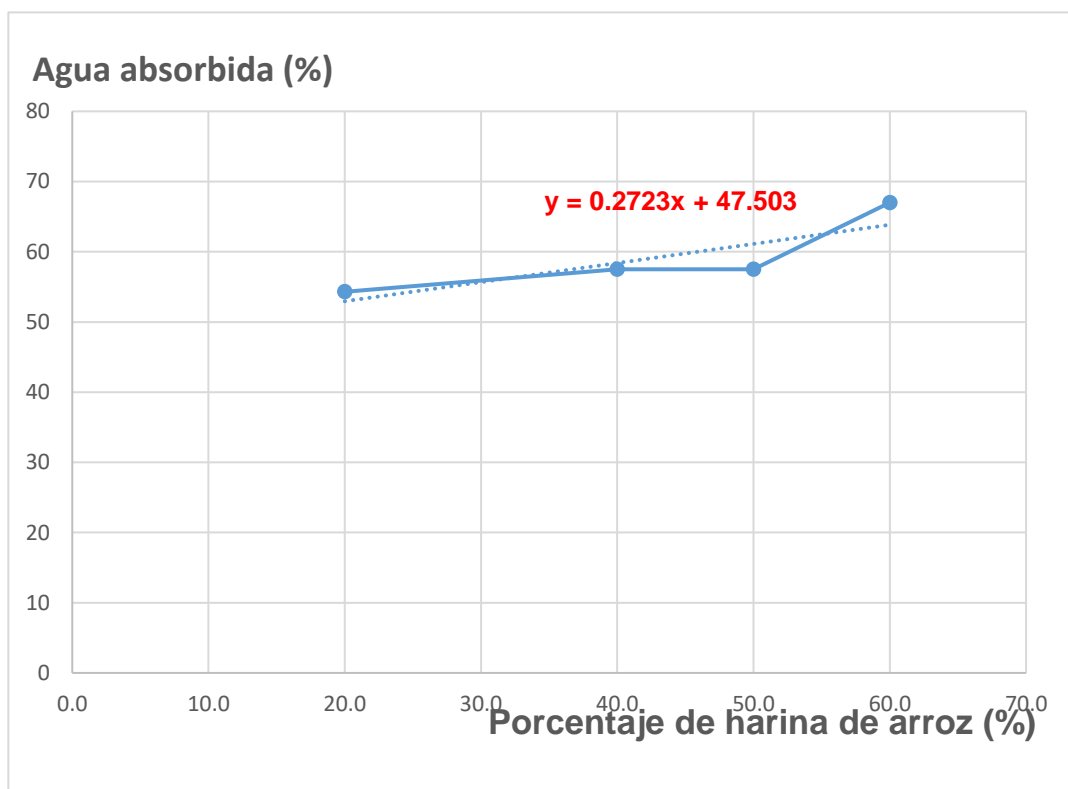
Porcentajes promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y fécula de yuca

Harina arroz (%) con fécula de yuca	Agua absorbida (%)
20	54,3
40	57,5
50	57,5
60	67,0

En la figura 2 se representa la relación existente entre el porcentaje promedio de agua absorbida por masa de harina de arroz y de fécula de yuca cuyos valores se indican en la tabla 6.

Figura 2.

Relación entre el porcentaje promedio de agua absorbida por la masa de harina de arroz y fécula de yuca.



glin

5.1.3 Del volumen específico del pan de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, y del pan de molde elaborado con harina de trigo

En la tabla 7 se presentan los valores del volumen, peso y volumen específico del pan elaborado con harina de arroz y maicena, y con fécula de yuca.

Tabla 7.

Volumen específico (Ve) del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde

Producto	muestra	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Volumen específico (Ve) (cm ³ /g)	Promedio Ve (cm ³ /g)
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de maíz (40%)	m ₁	487,494	259,65	1,8775	1,8802
	m ₂	488,525	264,10	1,8498	
	m ₃	488,732	264,15	1,8502	
	m ₄	485,325	255,20	1,9017	
	m ₅	485,878	256,35	1,8954	
	m ₆	486,015	254,90	1,9067	
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%)	m ₁	492,325	258,60	1,9038	1,8890
	m ₂	494,123	263,45	1,8756	
	m ₃	493,725	263,62	1,8729	
	m ₄	491,425	260,15	1,8890	
	m ₅	491,120	259,60	1,8918	
	m ₆	490,955	258,25	1,9011	
Pan de molde (harina de trigo)	m ₁	106,870	25,95	4,1183	4,1071
	m ₂	105,200	25,20	4,1746	
	m ₃	107,350	26,40	4,0663	
	m ₄	105,200	25,35	4,1499	
	m ₅	106,900	26,30	4,0646	
	m ₆	106,800	26,25	4,0686	

El volumen de las unidades de pan se obtuvo por el método de “Desplazamiento de semillas” de la American Association of Cereal Chemistry (AACC. Método 10.05-01) (AACC, 1998), y para calcular el volumen específico se utilizó el modelo matemático volumen-masa de Streer.

Los valores de masa se obtuvieron con la balanza Aczet, modelo CY 3102, en el laboratorio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA) de la Universidad Nacional del Callao.



5.1.4 De la Actividad de agua del pan harina de arroz con maicena (fécula de maíz), y con fécula de yuca, y del pan de molde elaborado con harina de trigo

La actividad de agua (A_w) del pan, representa la cantidad de agua disponible en el pan que puede ser utilizada para incrementar su humedad, acelerar los procesos de deterioro físico, químico o microbiológico.

En la tabla 8 se presentan los valores de actividad de agua (A_w) de los panes elaborados de harina con maicena (fécula de maíz), fécula de yuca y la actividad de agua del pan de molde que se comercializa en el mercado local, elaborado con harina de trigo.

Los valores de actividad de agua (A_w) indicados, se obtuvieron con el equipo NOVASINA modelo LABSwift-aw, en el laboratorio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao; y se complementó con la evaluación realizada en el laboratorio de la empresa Certificaciones del Perú S.A. (CERPER S.A.).

Tabla 8

Actividad de Agua de pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde.

Producto	muestra	Actividad de agua (A_w)	Actividad de agua promedio
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de maíz (40%)	m ₁	0,968	0,9693
	m ₂	0,973	
	m ₃	0,975	
	m ₄	0,973	
	m ₅	0,966	
	m ₆	0,961	
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%)	m ₁	0,973	0,9755
	m ₂	0,975	
	m ₃	0,968	
	m ₄	0,978	
	m ₅	0,981	
	m ₆	0,978	
Pan de molde (harina de trigo)	m ₁	0,845	0,8673
	m ₂	0,857	
	m ₃	0,879	
	m ₄	0,911	
	m ₅	0,855	
	m ₆	0,857	

5.1.5 De la humedad del pan de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, y del pan de molde elaborado con harina de trigo

La humedad de un alimento tiene una relación con su actividad de agua, y representa el agua total que existe en el producto. En la tabla 9 se presentan los valores de humedad de los panes elaborados de harina de arroz con fécula de maíz y con fécula de yuca; así como, la del pan de molde elaborada con harina de trigo que se comercializa localmente.

El porcentaje de humedad de los panes motivo del presente estudio se obtuvieron con la balanza de humedad marca AND modelo MX - 50, del laboratorio de análisis químico del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao y de dos muestras analizadas por el laboratorio Certificaciones del Perú S.A. (CERPER S.A.).

Tabla 9

Humedad del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y la del pan de molde.

Producto	muestra	Humedad (%)	Humedad promedio (%)
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de maíz (40%)	m ₁	42,25	43,72
	m ₂	45,15	
	m ₃	43,75	
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%)	m ₁	44,75	45,25
	m ₂	45,15	
	m ₃	45,85	
Pan de molde (harina de trigo)	m ₁	22,85	23,03
	m ₂	23,45	
	m ₃	22,80	

5.1.6 Del análisis químico del pan de harina de arroz con maicena (fécula de maíz), fécula de yuca, y del pan de molde elaborado con harina de trigo

En la tabla 10 se presentan los valores de proteína obtenida de los panes de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca; así como la del pan de molde que se comercializa localmente.

Tabla 10

Proteína del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y la del pan de molde.

Producto	muestra	Proteína (g/100g)	Proteína promedio (g/100g)
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de maíz (40%)	m ₁	4,22	4,69
	m ₂	4,35	
	m ₃	5,50	
Pan con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%)	m ₁	4,27	4,56
	m ₂	4,15	
	m ₃	5,25	
Pan de molde (harina de trigo)	m ₁	6,60	6,60
	m ₂	6,65	
	m ₃	6,55	

En la tabla 11 se muestra el análisis químico proximal del pan elaborado de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca; así como, la del pan de molde elaborado con harina de trigo que se comercializa localmente. La composición del pan de molde se obtuvo de las tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes García M. Gómez-Sánchez Prieto I. y Espinoza Barrientos, 2017).

Tabla 11

Análisis químico proximal del pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca; y del pan de molde.

ENSAYO	PHAM	PHAFY	Pan de Molde (*)
Proteína (N x 6.25)	4.22	4,27	6,80
Grasa (g de grasa por hidrólisis/100 g)	6,02	6,23	2,5
Humedad (g/100 g)	41,38	40,23	20,8
Ceniza (g/100 g)	1,72	1,72	0,7
Acidez titulable (g. ácido sulfúrico/100 g)	0.02	0,02	(***)
Gluten (mg/Kg)	< 4	20	(***)
Actividad de agua	0,960	0,970	0,8673(**)

PHAM: Pan harina de arroz con maicena.

PHAFY: Pan harina de arroz con fécula de yuca.

(*) Tablas peruanas de composición de alimentos. MINSA (2017)

(**) Laboratorio IIEA de la UNAC.

(***): No determinado



5.1.7 De las formulaciones desarrolladas en la elaboración de los panes de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca.

En la tabla 12 se presenta la formulación base -desarrollada en pruebas preliminares- que se utilizó en la elaboración del pan libre de gluten de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca.

Tabla 12

Formulación base de pan libre de gluten elaborado de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Maizena/fécula de yuca	50,00
Harina de arroz	50,00
Levadura	2,00
Polvo de hornear	3,00
Sal	1,00
Azúcar	10,00
Psyllium	3,00
Aceite	10,00
Leche	10,00
Huevos	30,00
Agua	Variable

Nota: Porcentajes en base al total de harina

En la tabla 13, se presentan las pruebas experimentales desarrolladas con harina de arroz en proporciones del 20, 40, 50 y 60 % y su complemento para el 100% con maicena; y en la tabla 14 se presentan las pruebas experimentales desarrolladas con fécula de yuca.

En las formulaciones solo se modificaron los porcentajes de las harinas de arroz, maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca, que representaron el 100% de la harina total. Los otros ingredientes se mantuvieron constantes, con excepción del contenido de agua que fue variable. Los panes obtenidos se presentan en los anexos J y K; y en anexos L y M, se observa un corte transversal del pan de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, respectivamente.

Tabla 13

Pruebas experimentales de pan libre de gluten elaborado con harina de arroz y maicena (fécula de maíz)

Componente	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Harina arroz	20,0	80,0	40,0	160,0	50,0	200,0	60,0	240,0
Maicena	80,0	320,0	60,0	240,0	50,0	200,0	40,0	160,0
Total, Harina	100,0	400,0	100,0	400,0	100,0	400,0	100,0	400,0
Levadura	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0
Polvo de hornear	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0
Sal	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0
azúcar	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Psyllium	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0
Aceite	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Huevos	30,0	120,0	30,0	120,0	30,0	120,0	30,0	120,0
Leche	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Agua	52,5	210,0	52,5	210,0	67,5	270,0	79,0	316,0

Tabla 14

Pruebas experimentales de pan libre de gluten elaborado con harina de arroz y fécula de yuca

Componente	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Harina arroz	20,0	80,0	40,0	160,0	50,0	200,0	60,0	240,0
Fécula de yuca	80,0	320,0	60,0	240,0	50,0	200,0	40,0	160,0
Total, Harina	100,0	400,0	100,0	400,0	100,0	400,0	100,0	400,0
Levadura	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0
Polvo de hornear	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0
Sal	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0
azúcar	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Psyllium	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0	3,0	12,0
Aceite	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Huevos	30,0	120,0	30,0	120,0	30,0	120,0	30,0	120,0
Leche	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0	10,0	40,0
Agua	54,3	217,2	57,5	230,0	57,5	230,0	67,0	268,0



5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 De los volúmenes específicos del pan con harina de arroz y el pan de molde elaborado con harina de trigo.

Se evaluó el volumen específico de las muestras pues la sola evaluación volumétrica del pan no constituye una variable respuesta apropiada debido a que ella depende del contenido de agua que retiene la masa y sus ingredientes que influyen en el peso del pan.

En la tabla 7 se observa que el volumen específico (V_e) del pan de molde -elaborado con harina de trigo- es en promedio $4,1071 \text{ cm}^3/\text{g}$ en comparación con el del pan de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, cuyos valores son de 1.8802 y $1.8890 \text{ cm}^3/\text{g}$, respectivamente.

Es decir, los panes con harina de arroz, con maicena y con fécula de yuca resultaron ser más densos o pesados que el pan de molde.

5.2.2 De la Actividad de agua del pan con harina de arroz y el pan de molde elaborado con harina de trigo

La tabla 8 muestra los valores de actividad de agua (A_w) de las muestras de pan elaborado con harina de arroz y maicena y con fécula de yuca. Ambos tienen mayor disponibilidad de agua que el pan de molde; por ende, a mayor A_w , mayor cantidad de agua disponible y mayor peso del pan. Lo indicado influye con el tiempo de vida de anaquel, verificándose que desde su producción hasta el momento en que se visualizó la aparición de primeras colonias de hongos fue de 4 días.

5.2.3 De la Humedad del pan con harina de arroz y el pan de molde elaborado con harina de trigo

La humedad de los panes de harina de arroz con maicena (fécula de maíz) y con fécula de yuca, cuyos valores se muestran en la tabla 9 fue de $43,72\%$ y 45.25% , respectivamente, en comparación con la humedad de $23,03\%$ del pan de molde; es decir, la humedad del PHAM y PHAFY fue $52,68\%$ y $52,92\%$ mayor que el pan de molde. Lo indicado, pudo haber sido por la mayor capacidad de absorción de agua de las masas panaderas elaboradas con harina de arroz.



5.2.4 De las Características fisicoquímicas del pan con harina de arroz y el pan de molde elaborado con harina de trigo.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados por el laboratorio de Certificaciones del Perú S.A. (CERPER S.A.), que se presentan en los anexos U y V de las muestras de pan de harina de arroz y maicena y harina de arroz con fécula de yuca -codificados como PHAM y PHAFY-, respectivamente, indican que:

- a. El contenido porcentual de proteína del PHAM y PHAFY fue de 4,22 y 4,27 g/100, en comparación con el 6,80% del pan de molde, observándose una disminución del 62,06% y 62,79%, respectivamente; es decir, el contenido proteico del pan de arroz con maicena y con fécula de yuca es menor que el contenido de proteína del pan de molde reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017 (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017).
- b. El contenido de grasa del PHAM y PHAFY fue de 6,02 y 6,23 g/100g; es decir 2,408 y 2,492 veces mayor que el contenido graso del pan de molde reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017 (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017). Los valores indicados se pueden observar en la tabla 11 y anexos U y V.
- c. La acidez titulable de los panes elaborados de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca fue de 0,02 g de ácido sulfúrico/100g, no se pudo comparar con la del pan de molde, pues no fue determinado o se reportó en tablas dicho valor.
- d. El contenido de gluten de las muestras de pan elaborado con harina de arroz y maicena fue <4 mg/Kg y para el pan de harina de arroz con fécula de yuca fue de 20 mg/Kg; lo cual cumple con las exigencias establecidas por el Codex Alimentarius y por las exigencias de la Unión Europea en el 2012, que acepta lo normado por el CODEX STAN 118/1979 de un máximo de 20 ppm.



- e. El contenido de ceniza de pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca fue de 1,72 g/100 g, que representa 2,457 veces mayor que el pan de molde reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017 (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017).

5.2.5 De las formulaciones desarrolladas en la elaboración de los panes con harina de arroz

La masa de pan libre de gluten elaborado con harina de arroz con maicena y con fécula de yuca, presentó una masa más elástica, suelta y pegajosa que la masa tradicional con harina de trigo. se puede trabajar en máquina amasadora, pero no es posible realizar la operación de boleado en mesa para darle la forma definida de presentación final del producto; por ello, se acondicionó en moldes rectangulares para la fermentación y tratamiento térmico de horneado.

- a. La formulación base del pan -indicada en la tabla 12- se obtuvo después de varias pruebas preliminares y con la finalidad de obtener una “masa base” de pan libre de gluten utilizando harina de arroz y observar el comportamiento de la masa panadera utilizando Psyllium como agente que proporcione la viscosidad y elasticidad que coadyuve a la masa panadera a mejorar su capacidad de retención de los gases de fermentación, mejorar el volumen y esponjosidad del pan, que cumple el gluten.
- b. Con la “masa base” definida, se desarrollaron diversas pruebas y finalmente se decidió por las formulaciones se indican en las tablas 13 y 14.
- c. El pan libre de gluten obtenido presenta una coloración similar al pan de molde tradicional, con una buena corteza y esponja de la masa, la cual se observa en los anexos J, K, L, y M.
- d. En las pruebas indicadas en las tablas 12 y 13, no se observó diferencias significativas entre las muestras de pan obtenidas, pero como el objetivo es utilizar la mayor cantidad posible de harina de arroz, se seleccionó a la formulación 4, utilizando 60% de harina de arroz y



40% de féculas de maíz (maicena) y de yuca. Los resultados del pan elaborado se pueden observar en los anexos J, K, L y M, en cuyas rebanadas de pan se observa un buen desarrollo de la esponja y en el tamaño de los alveolos.

5.2.6 De la evaluación de las hipótesis del estudio

a. Del volumen específico del pan elaborado de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca, y el pan de molde elaborado con harina de trigo se obtuvieron los siguientes resultados:

i. Entre el volumen específico del pan de molde elaborado con harina de trigo (\bar{X}_{t100}) y el pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de maicena (\bar{X}_{A60M40}):

$$H_0: X_{t100} \leq X_{A60M40}$$

$$H_a: X_{t100} > X_{A60M40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,038 y el valor $t_0 = 100.611$ con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, el volumen específico del pan de molde, elaborado íntegramente con harina de trigo ($t_{100\%}$) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de maicena (A_{60M40}), tal como observa en anexo N.

ii. Entre el volumen específico del pan de molde elaborado con harina de trigo, (\bar{X}_{t100}) y el pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca, ($\bar{X}_{A60FY40}$):

$$H_0: X_{t100} \leq X_{A60FY40}$$

$$H_a: X_{t100} > X_{A60FY40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,035 y el valor $t_0 = 109,176$ con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, el volumen específico del pan de molde, elaborado íntegramente con harina de trigo (t_{100}) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca (A_{60FY40}), lo cual se observa en anexo Ñ.



b. De la actividad de agua del pan molde elaborado con masa panadera tradicional de harina de trigo y la actividad de agua del pan elaborado con harina de arroz y fécula de maíz (maicena) y fécula de yuca, los siguientes resultados:

i. Entre la actividad de agua (A_w) del pan de molde elaborado con masa panadera con harina de trigo (\bar{X}_{t100}), y la actividad del agua (A_w) del pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de maicena (\bar{X}_{A60M40}):

$$H_0: X_{t100} > X_{A60FM0}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60M40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,009 y el valor $t_{0=}$ -27,972 con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, la actividad de agua del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40 % de maicena(A_{60M40}), que se observa en anexo O.

ii. Entre la actividad de agua (A_w) del pan de molde elaborado con harina de trigo (\bar{X}_{t100}), y la actividad de agua (A_w) del pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca ($\bar{X}_{A60FY40}$):

$$H_0: X_{t100} > X_{A60FY40}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60FY40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,008 y el valor $t_{0=}$ -29,947 con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, la actividad de agua del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca (A_{60FY40}), lo cual se observa en anexo P.

c. De la humedad del pan de molde elaborado en base a masa panadera tradicional con trigo y la humedad del pan elaborado con harina de arroz y fécula de maíz (maicena) y fécula de yuca se obtuvieron los siguientes resultados:

i. Entre la humedad del pan de molde elaborado con harina de trigo (\bar{X}_{t100}) y la humedad del pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de maicena, (\bar{X}_{A60M40}):



$$H_0: X_{t100} > X_{A60M40}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60M40}$$

Se obtuvo la desviación de 1,0569 y el valor $t_0 = -23,967$ con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, la humedad del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es menor que la humedad del pan elaborado con el 60% harina de arroz y 40% de maicena (A_{60M40}), tal como se observa en el anexo Q.

- ii. Entre la humedad del pan de molde elaborado con masa panadera con harina de trigo (\bar{X}_{t100}), y la humedad del pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca, ($X_{A60FY40}$):

$$H_0: X_{t100} > X_{A60FY40}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60FY40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,4475 y el valor $t_0 = -60,743$ con el nivel de significancia de 0,05 se aceptó la H_a ; es decir, la humedad del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es menor que la humedad del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca (A_{60FY40}), tal como se visualiza en el anexo R.

- d. De contenido de proteínas del pan de molde elaborado con harina de trigo y el contenido de proteínas del pan elaborado con harina de arroz y maicena (fécula de maíz) y fécula de yuca se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. Entre el contenido de proteínas del pan de molde elaborado con harina de trigo (\bar{X}_{t100}) y el contenido de proteínas del pan elaborado con 60% de harina de arroz y 40% de maicena (\bar{X}_{Q60M40}):

$$H_0: X_{t100} > X_{A60M40}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60M40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,4994 y el valor $t_0 = 4,684$ con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la H_0 ; es decir, el contenido de proteínas del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es mayor que el contenido de proteínas del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de maicena (A_{60M40}), ver anexo S.



- ii. Entre el contenido de proteínas del pan de molde elaborado con harina de trigo (\bar{X}_{t100}) y el contenido de proteínas del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y 40% de fécula de yuca, ($\bar{X}_{A60FY40}$):


$$H_0: X_{t100} > X_{A60FY40}$$

$$H_a: X_{t100} \leq X_{A60FY40}$$

Se obtuvo la desviación de 0,4282 y el valor $t_0 = 5,845$ con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la H_0 ; es decir, el contenido de proteínas del pan de molde elaborado con harina de trigo (t_{100}) es mayor que el contenido de proteínas del pan elaborado con el 60% de harina de arroz y el 40% de fécula de yuca (A_{60FY40}), ver anexo T.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados


- a. Sobre la primera hipótesis específica, respecto a volumen específico:
- El volumen específico (V_e) del pan elaborado con harina de arroz, con maicena, es menor o igual que el pan de molde elaborado con harina de trigo.
Se aceptó la hipótesis; es decir, el V_e del PHAM es menor que el V_e del pan de molde de harina de trigo, tal como se observa en el valor de $t_0 = 100,611$, del anexo N.
 - El Volumen específico del pan elaborado con harina de arroz con fécula de yuca, es menor o igual que el pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis; es decir el V_e del PHAFY es menor que el V_e del pan de molde, tal como se observa en el $t_0 = 109,176$ del anexo Ñ.
- b. Sobre la segunda hipótesis específica, respecto a la humedad:
- La humedad del pan elaborado con harina de arroz con maicena, es mayor o igual que el pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis; es decir, el PHAM tiene mayor humedad que el pan de molde, tal como se observa en el $t_0 = -23,967$, del anexo O.
 - La humedad del pan elaborado con harina de arroz con fécula de yuca, es mayor o igual que la humedad el pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis; es decir el PHAFY tiene mayor humedad que el pan de molde, tal como se visualiza en el valor de $t_0 = -60,743$, del anexo P. 

- c. Sobre la tercera hipótesis específica, respecto a la proteína:
 - i. El contenido proteico (CP) del pan elaborado con harina de arroz con maicena, es mayor o igual que el CP del pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis alterna; por ende, el CP del PHAM es menor que el Cp del pan de molde, lo cual se visualiza con los valores de $t_o = 4,684$ del anexo S.
 - ii. El contenido proteico del pan elaborado con harina de arroz con fécula de yuca, es mayor o igual que el CP del pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis alterna; por ende, el CP del PHAFY es menor que el CP del pan de molde lo cual se visualiza con los valores de $t_o = 5,845$ del anexo T.
- d. A las hipótesis planteadas, se complemento con la evaluación de la actividad de agua de los panes elaborados, obteniendose el siguiente resultado:
 - i. La actividad de agua (A_w) del pan elaborado con harina de arroz con maicena, es mayor o igual que la A_w del pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis; por ende, la A_w del PHAM es mayor que la A_w del pan de molde. Lo indicado, se visualiza con los valores de $t_o = -27,972$ que se indica en la tabla del anexo O.
 - ii. La actividad de agua (A_w) del pan elaborado con harina de arroz con fécula de yuca, es mayor o igual que la A_w del pan de molde elaborado con harina de trigo. Se aceptó la hipótesis; por ende, la A_w del PHAFY es mayor que la A_w del pan de molde. Lo indicado se puede visualizar con los valores de $t_o = -29,947$ que se indica en la tabla del anexo P.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

- a. El volumen específico del pan de harina de arroz es menor que el pan de molde elaborado con harina de trigo. Lo indicado es concordante los estudios de (Phimolsiripol Y. Mukprasirt A. & Schoenlechner, 2012).



- b. El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz, maicena y fécula de yuca, presentaron buenas características físicas en el volumen, color, tamaño de alveolo; lo cual concuerda con las indicado por (Rosell C.M. Barro F. Sousa C. & Mena, 2014), quiénes indicaron que la harina de arroz es una de las materias primas más apropiadas para la elaboración de pan libre de gluten; sin embargo, es necesario complementar la capacidad de retener los gases de la fermentación, y con ello mejorar el volumen y esponjosidad del pan, adicionándole aditivos o ingredientes como los hidrocoloides y estabilizadores, tal como lo ha reportado (Rodríguez Sarabel, 2019) y por (Mezaize S. Chevallier S. Le-Bail A. & de Lamballerie, 2009) quién establecieron que la adición de hidrocoloides permite mimetizar la función tecnológica del gluten y obtener una masa panadera con excelentes características reológicas y a lo establecido por (Patil S.P. & Arya, 2017) y (Witczak M. Ziobro R. Juszcak L. & Korus, 2016) quienes indican que las principales materias primas utilizadas en las formulaciones de pan sin gluten son los almidones de arroz, maíz, papa, sorgo y las harinas de arroz, entre otras. A diferencia de nuestro estudio que, si utilizó la harina de arroz, pero no fécula de arroz; sino de maíz y de yuca.
- c. Concordante con lo que establecido por (Milde L. Valle C. Rybak A. Oliveira C. & González, 2009), quienes indicaron que, para la elaboración de un pan sin gluten a base de fécula de yuca y harina de maíz, es necesaria la incorporación de insumos como grasas, huevos y leche para incrementar su valor nutricional y otorgarle mejores condiciones de textura en firmeza y elasticidad. Sin embargo, el pan de arroz elaborado con maicena y fécula de yuca y con adición de leche, huevos y aceite, aparentemente no incremento su valor nutricional en proteínas; pero si mejoro en características organolépticas: sabor, color, y apariencia general.
- d. El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz, fécula de maíz y de yuca obtuvo resultados concordantes con lo reportado por (Houben A. Höchstötter A. & Becker, 2012) quienes recomiendan utilizar 

sustancias poliméricas: almidón de yuca, almidón de maíz (maicena) y goma Xantán para mimetizar las características visco elásticas del gluten o como agentes estructurales y enlazadores de agua. Estudios realizados por (Tejero, 2013) y (Vargas P. & Hernández, 2012) reportaron la utilización de los indicados almidones, lo cual es concordante con nuestro estudio, con la diferencia que no utilizamos goma Xantán, sino Psyllium.

- e. En el presente estudio se sustituyó la totalidad de la harina de trigo por harina de arroz, complementada con maicena y con fécula de yuca, porcentaje que es superior a la sustitución por harina de maíz y quinua reportado por (Pino Gutierrez, 2011) y por (Reynoso Z. y Lastarria, 1994).
- f. (Vera Rodriguez, 2017), reportó la elaboración de un pan de molde libre de gluten con 70% de harina de arroz y 30% de harina de papa con el 2% de goma xantán y goma de tara en proporción de (2:1), con buenos resultados en su volumen y una aceptabilidad del 80% de consumidores intolerantes al gluten. En comparación con nuestro estudio, que evaluó el volumen específico; así mismo, no se utilizó goma Xantán ni de goma de tara, sino Psyllium; pues según lo reportado por (Belorio M. & Gómez, 2020) posee múltiples características funcionales tecnológicas: Capacidad de absorber agua, retenerla para formar una masa viscosa y pegajosa, y que debido a su gran poder gelificante, mejora las propiedades físicas de las masas sin gluten, lo indicado fue verificado en nuestro estudio; pero indicando como contraparte que la masa obtenida es más viscosa y no se puede trabajar en mesa para darle una forma determinada (boleado); sino que se debe de colocar en moldes.
- g. (Lazaridou A. Duta D. Papageorgiou M. Belc N & Biliaderis, 2007) reportaron que la goma de garrofin, goma guar, goma xantán y el agar fueron hidrocoloides utilizadas como sustitutos del gluten en el desarrollo de panes de harina de arroz libre de gluten, indicando que el volumen específico de los panes aumentó en presencia de dichos hidrocoloides con excepción de la goma Xantán.



A comparación de nuestro estudio que reportamos un menor volumen específico en el pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca, pero utilizando como hidrocoloide el Psyllium.

- h. De acuerdo a los análisis de contenido de gluten de nuestros panes elaborados con harina de arroz y maicena y fécula de yuca se obtuvo valores < 4 mg/Kg y 20 mg/Kg, respectivamente, lo cual cumple con lo que establece el Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 2008).
- i. Los batidos elaborados con hidrocoloides tuvieron mejor consistencia que los batidos sin ellos, y la utilización de la goma Xantán dio resultados más eficientes (Sciarini L.S & Pérez, 2013), en nuestro caso, utilizamos el hidrocoloide: Psyllium, con buenos resultados en la masa panadera; sin embargo, los valores de Volumen específico fue del 25% menor respecto al del pan de molde.
- j. La cualidad principal del pan a base de trigo es su alta capacidad de absorción de agua, proporcionándole -a la masa panadera- cohesividad, viscosidad, elasticidad y capacidad de retención de los gases de la fermentación; dando como resultado el volumen característico y una miga porosa del pan. Lo indicado es complicado de imitar cuando se elabora panes libres de gluten sustituyendo dicha función con la adición de hidrocoloides que actúan como ligantes de agua, mejoran las propiedades reológicas y retrasa la retrogradación del almidón, tal como lo reporta (Wieser H. Konitzer K & Koheler, 2012), lo cual concuerda con el Psyllium utilizado en el presente estudio; sin embargo, es necesario realizar mayores evaluaciones.
- k. (Alvarez-Jubete L. Auty M. Arendt E. & Gallagher, 2009) establecieron que el volumen del pan depende de factores como la viscosidad de la masa, relación amilosa/amilopectina, la presencia de componentes de superficie activa y/o la agregación de proteínas tras el calentamiento; lo indicado, concuerda con las pruebas realizadas en el presente estudio utilizando harina de arroz con maicena y fécula de yuca y como hidrocoloide al Psyllium; pero, se deben complementar con mayores estudios de evaluación, para lo cual es necesario tener los instrumentos necesarios.



- I. A diferencia del volumen específico de 1,9 cm³/g, del pan para celíacos que utilizó harina de quinua y reportó (Alvarez-Jubete L. Auty M. Arendt E. & Gallagher, 2009) y el 3.20 a 3.65 cm³/g reportado por (Zegarra Samamé, 2018) utilizando cañihua; nuestro estudio obtuvo un volumen específico de 1,8802 y 1,8890 cm³/g, para el pan de harina de arroz con maicena y con fécula de yuca, respectivamente.

6.3 Responsabilidad ética

El presente estudio se desarrolló en concordancia a la normatividad para el desarrollo de trabajos de investigación vigentes en la Universidad Nacional del Callao y respetando con lo que establece el código de ética del docente universitario de la UNAC y al código de Conducta Responsable del Investigador del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC). Así mismo, en función a los recursos tangibles e intangibles que se tuvo a disposición y que la Universidad Nacional del Callao, por intermedio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA), dispuso y me facilitó.

La información, los resultados y la data son reales y fueron obtenidos de las pruebas experimentales desarrollados en el taller de panificación del IIEA, con la infraestructura, equipos e instrumentos existentes. Indico; así mismo; que en el desarrollo de las pruebas experimentales no se utilizaron animales.

La población intolerante al consumo de alimentos libres de gluten en el Perú se está incrementado año tras año superando el 1,5% y es necesario e imprescindible que tengamos a disposición productos para dicha población, por ello es responsabilidad de las instituciones académicas la realización de estudios que permitan dar solución a este problema diseñando alimentos, como los productos de panificación, que se puedan elaborar a nivel artesanal, semi industrial o industrial y que estén al alcance de la población celíaca, en especial a la de estratos económicos y sociales bajo y medio.



CONCLUSIONES

El presente estudio de investigación, tomando como base los resultados que hemos obtenido a la fecha, tiene las siguientes conclusiones:

1. El volumen específico del pan elaborado con harina de arroz (60%) y maicena (40%) (PHAM) fue de 1,8802 cm³/g que representó ser el 54,22% menor que el volumen específico del pan de molde.
2. El volumen específico del pan elaborado con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%) (PHAFY) fue de 1,8890 cm³/g que representó ser el 45,01% menor que el volumen específico del pan de molde.
3. La humedad del pan elaborado con harina de arroz (60%) y maicena (40%) (PHAM) fue de 43,72% que representó ser el 47,35% mayor que la humedad del pan de molde.
4. La humedad del pan elaborado con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%) (PHAFY) fue de 45,25% que representó ser el 49,12% mayor que la humedad del pan de molde.
5. El contenido de proteína del pan elaborado con harina de arroz (60%) y maicena (40%) (PHAM) fue de 4,69 g/100g que representó ser el 28,94% menor que la proteína en el pan de molde.
6. El contenido de proteína del pan elaborado con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%) (PHAFY) fue de 4,56 g/100g que representó ser el 30,91% menor que la proteína en el pan de molde.

Considerando que el volumen específico, esta relacionado con la cantidad de agua que absorbe la masa panadera y con la actividad de agua del pan, se presentan como conclusiones complementarias:

- a) El porcentaje de agua que absorbe la masa panadera elaborada con harina de arroz y maicena (fécula de maíz) se incrementó en la medida que aumento la cantidad de harina de arroz. La correlación se observa en la figura 1, cuya ecuación es: $y = 0,6586x + 34,886$.
- b) El porcentaje de agua que absorbe la masa panadera elaborada con harina de arroz y fécula de yuca se incrementó en la medida que aumento la cantidad de harina de arroz. La correlación se observa en la figura 2, cuya ecuación: $y = 0,2723x + 47,503$.



- c) La actividad de agua (A_w) del pan elaborado con harina de arroz (60%) y maicena (40%) (PHAM) fue de 0,9693 que representó ser el 10,52% mayor que la actividad de agua del pan de molde.
- d) La actividad de agua (A_w) del pan elaborado con harina de arroz (60%) y fécula de yuca (40%) (PHAFY) fue de 0,9755 que representó ser el 11,09% mayor que la actividad de agua del pan de molde.

Finalmente, con respecto a las hipótesis de estudio, se concluye en lo siguiente:

1. El volumen específico (V_e) del pan de harina de arroz (60%) con maicena (40%) y con fécula de yuca (40%) fue menor que el V_e del pan de molde elaborado con harina de trigo, con $\alpha=005$.
2. La humedad del pan de harina de arroz (60%) con maicena (40%) y con fécula de yuca (40%) fue mayor que la humedad del pan de molde elaborado con harina de trigo, con $\alpha=005$.
3. El contenido proteico del pan de harina de arroz (60%), maicena (40%) y con fécula de yuca (40%), fue menor que la proteína del pan de molde elaborado con harina de trigo, con $\alpha= 0,05$.

RECOMENDACIONES

1. Es conveniente que el presente estudio, para la elaboración de panes libres de gluten utilizando harina de arroz, se complemente con estudios que:
 - a. Evalúe la elaboración del pan libre de gluten utilizando harina de arroz con la fécula de maíz (maicena) y fécula de arroz en diferentes proporciones, de manera individual o combinando los dos insumos.
 - b. Diseñe formulaciones y realice pruebas experimentales de comportamiento reológico de la masa, adicionando diferentes contenidos agua para observar su efecto en la textura, porosidad o tamaño de alveolos en la miga para incrementar el volumen específico del pan.
 - c. Utilice la fécula de yuca en diferentes proporciones para confirmar o no la cantidad de gluten que se observó en las muestras analizadas.
 - d. Evalúe el efecto comparativo de diferentes hidrocoloides en la formación de la masa elástica que retenga los gases de la fermentación y sostenga la miga durante el proceso de horneado.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (1998). *AACC METHOD (10-05.01): Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- ABC de la panadería. (10 de 01 de 2000). *pastelería.com/artículo/200001/1550-elabc-de-la-panaderia*.
- Akoban A. & Thomas, A. (2008). Systematic Review: Tolerable amount of gluten for people with coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 1044-1052.
- Alvarez-Jubete L. Auty M. Arendt E. & Gallagher, E. (2009). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and technology*, 230(3), 437-445. doi:<http://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Badui Dergel, S. (2006. 4ta. ed.). *Química de los Alimentos*. Mexico d.f.: Pearson Education.
- Baldera K. Chaupis-Meza D. Cárcamo C. Holmes K. & García, P. (2020). Seroprevalencia poblacional de la Enfermedad celiaca en zonas urbanas del Perú. *Perú Med Exp Salud Pública. Universidad Cayetano Heredia*, 63-66.
- Bazán Arribasplata, S. (2019). *Optimización del proceso de elaboración de pan celíaco utilizando harina de arroz, maíz y garbanzo*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Tesis titulación Profesional.
- Belitz H.D. & Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acirbia S.A.
- Belorio M. & Gómez, M. (2020). Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(2), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1822276>
- Buendía Medina, M. y. (2016). *Panadería y Pastelería Comercial*. Lima: Macro E.I.R.L.
- Bustamante M. Fernández-Gil M. Churruca I. Miranda J. Lasa A. Navarro V. & Simón, E. (2017). Evolution of gluten content in cereal-based gluten-free products: An overview from 1998 to 2016. *Nutrients*, 21.



- Campbell D.T. & Stanley, J. (1995). *Diseños Experimentales y Cuasi Experimentales en la Investigación Social*. Buenos Aires. Argentina: Amarrotu, editores. ISBN: 950-518-042-X.
- Cappa C. Barbosa-Cánovas G. Lucisan M. & Mariotti, M. (2016). Effect of high pressure processing on the baking aptitude of corn starch and rice flour. *LWT*, 20-27.
- Cavain, P. S. (2002). *Fabricación de pan*. Zaragoza, España: Acribia S.S.
- CE. N°41/2009, R. (21 de 01 de 2009). Reglamento de Comunidad Europea. . *Sobre composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten.*, págs. 00003-00005.
- Cereals & Grains Association, C. (05 de 01 de 2000). *AACC Approved Methods of Analysis. Method 10-05.01 Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement*.
Obtenido de <http://methods.aaccnet.org/summaries/10-05-01.aspx>.
- Codex Alimentarius, O. d. (2008). *CODEX STAN 118-1979*. Codex-FAO-OMS.
- Collar, C. (2011). *Cereales y legumbres. En Alonso E., Varela G., y Silvestre D. ¿Es posible la dieta mediterránea en el siglo XXI?* Madrid, España: Instituto Tomas Pascual Sanz. Universidad San Pablo.
- Comisión de las Comunidades Europeas,(20 de enero de 2009). *Composición y etiquetada de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea*.
Obtenido de <http://eurlex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0041>.
- Enriquez Mamani, L. (2020). Panes sin gluten: Una revisión. Juliaca, Perú: Universidad Peruana Unión, escuela Profesional de Industrias Aliemntarias.
- FDA. (13 de 08 de 2013.). *Rules and Regulation. [base de datos en internet] EEUU.: Federal Register*. Obtenido de <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-08-05/pdf/2013-18813.pdf> [fecha de acceso 14 de febrero de 2022].
- Gambus H. Sikora M. & Ziobro, R. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria. Universidad of Cracow.*, 6(3), 61-74.
- Gil A. Ortega R.M. & Maldonado, J. (2011). Wholegrain cereals and bread: a duet of the Mediterranean diet for the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutrition*, 2316-2322.

- Houben A. Höchstötter A. & Becker, T. (15 de 6 de 2012). *Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview*. (R. paper, Ed.) Recuperado el 20 de mayo de 2022, de European Food Research and Technology: 10.1007/s00217-012-1720-0
- Hui Y. Corke H. De Leyn I. Cross N. & Nip, W. (2006). *Bakery Products: Science and Technology*. Iowa, USA: Blackwell Publishing.
- Husby S. Koletzko S. & Korponay-Szabo, I. (2012). Guidelines for the diagnosis of coeliac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition.*, 136-160.
- IEES, I. d. (18 de julio de 2018). <http://www.sni.org.pe/julio-2018-reporte-sectorial-panaderia/>.
- INACAL. (2016). *NTP 106-004:2016. Panadería, passtería y galletería. Pan francés-requisitos*. Lima: Inacal.
- Kaditzky, S., & Vogel, R. (2008). Optimization of exopolysaccharide yields in sourdoughs fermented by lactobacilli. *European Food Research Technology*, 291-299.
- Lazaridou A. Duta D. Papageorgiou M. Belc N & Biliaderis, C. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*.(79), 1033-1047.
- López Pérez, V.M. (2012). *Composición Química de los alimentos*. México. Edit. Tercer Milenio S.C.
- Marco C. & Rosell, M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten free breads. *European Food Research and Technology.*, 227, 1205-1213.
- Marco C. & Rossel, M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten free breads. *European Food Research and Technology*, 1205-1213.
- Martínez, A. (2015). *Valoración de nuevos alimentos/cereales en los pacientes con dieta sin gluten*. Valladolid, España: Tesis de Grado. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.
- Mercola.com. (03 de 07 de 2015). *Tome control de su salud*. Obtenido de <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/como-el-pan-de-harina-blanca-refinada-afecta-su-salud.aspx>.
- Merlos D. & Palacios, L. (2013). *Estrategias de afloramientos que desarrollan los pacientes diagnosticados con enfermedad celíaca en el servicio de gastroenterología*. Córdova, Colombia: Universidad de Córdova.



- Mesas J.M. & Alegre, M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. (S. M. Alimentos, Ed.) *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313.
- Mezaize S. Chevallier S. Le-Bail A. & de Lamballerie, M. (2009). Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. *Journal Food Sci.*, 140-146.
- Milde L. Gonzalez K. Valle Urbina C. & Rybak, A. (2009). *Pan de fecula de mandioca con leche. Comportamiento físico al adicionar un emulsificante*. Argentina: Universidad de Misiones.
- Milde L. Valle C. Rybak A. Oliveira C. & González, K. (2009). Metodología de Superficie de Respuesta para optimizar panificación libre de gluten con grasa huevo y leche. *Ciencia y Tecnología*, 55-58.
- MINSA, M. (09 de abril de 2013). <http://alertanutricional.org/Celiaquia/CartaMinsaCeliacos001.pdf>. Obtenido de [fecha de acceso 10 de febrero 2022].
- Montgomery Douglas, C. (2004). *Control Estadístico de Calidad*. México: Limusa Wiley.
- Pacheco Alfaro, A. (2016). *Elaboracion de panes sin gluten utilizando harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) y almidón de papa (Solanum tuberosum)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria de La Molina. Tesis titulación profesional.
- Padalino L. Conte A. y Del Nobile, M. (2016). Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 87.
- Parada A. & Araya, M. (2010). El gluten: Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Revista Médica Chilena*, 1319-1325.
- Patil S.P. & Arya, S. (2017). Nutritional, functional, phytochemical and structural characterization of gluten-free flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1284-1294.
- Pellicer K. Huber B. Benítez F. Bignon G. Barbero R. Salu L. & Copes, J. (2014). *Actualización en la legislación de alimentos para celíacos*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Phimolsiripol Y. Mukprasirt A. & Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of ricebased gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 389-395.
- Pino Gutiérrez, J. (2011). Caracterización fisicoquímica de la harina de maiz criollo (*Zea mays amylacea*) y su aplicación en la elaboración de panes. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ing. Agro Industrial.




- Renzetti S. & Arendt, E. (2009). Efecto of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. *Journal of Cereal Science*, 22-28
- Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). *Tabla de Composición de Alimentos*. Lima-Perú: MINSA- Instituto Nacional de Salud.
- Reynoso Z. y Lastarria, H. y. (1994). *Panificación básica*. Lima.: UNALM.
- Rodriguez Sarabel, D. (2019). *Aplicaciones de harina tratadas por microondas en la elaboración de panes sin gluten*. Palencia. España.: Universidad Valladolid. Tesis de Master.
- Rojas J.A. Rosell C.M. & Benedito, d. B. (1999). Pasting properties of diferent wheat flour hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*, 27-33.
- Rosell C. y Gómez P., M. (2011). Hidrocoloides en panadería. *Re. Molinería y panadería*(1205-1206), 16-24.
- Rosell C.M. & Gómez, M. (2006). *Rice. In: Bakery products. Science and Technology* (1era. ed. ed.). (Y. Hui, Ed.) Iowa, USA.: Blackwell Publishing.
- Rosell C.M. Barro F. Sousa C. & Mena, M. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science.*, 59(3), 354-364.
- Sabanis D. Lebesi D. & Tzia, C. (2009). Efecto of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *Food Sci. Technology.*, 1380-1389.
- Sánchez H. D. Gonzáles R.J. Osella C.A. Torres R.L. & de la Torre, M. (2008). Elaboración de pan sin gluten con harinas extrudidas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 109-116.
- Sánchez H.D., O. C. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal Food Science*, 416-419.
- Sciarini L.S & Pérez, G. (Enero-Junio de 2013). Como elaborar panes libres de gluten:Un desafío tecnológico. *Nexo agropecuario*, 1(1), 18-20.
- Tejero, F. (2013).
<http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20produccion/pan%20sin%20gluten%20para%20celiacos.htm>. *Pan sin gluten para celíacos [sede web]*. (A. T. Panificación, Ed.) Madrid, España.
- Thiele, C., S., G., & Gänzle, M. (2004). Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *Journal Agriculture Food Chemical*, 307-314.

- Toro Rodriguez G., A. V. (2014). Determinación de vida útil en anaquel de pan libre de gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) envasado en polietileno y polipropileno. *Ciencia & Desarrollo. Tacna*, 68-71.
- Torres R. Gonzales R. Sánchez H. Osella C. y de la Torre, M. (1999). Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 162-165.
- Unchupaico Zamalloa, M. (2018). *Estudio comparativo entre la papa (Solanum tuberosum) y de la yuca (Manihot esculenta) como alternativas de sustitución de la harina de trigo en la elaboración de panes y pasteles*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Facultad de Agropecuaria y Nutrición. Escuela Profesional de Industria Alimentaria y Nutrición.
- Urbina J. Alarcón R. Guevara V. & Mera, L. (2014). *Elaboración de peti-panes para celíacos y caracterización fisicoquímica*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vargas P. & Hernández, D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: Propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista: Tecnología en marcha*, 37-45.
- Vera Rodriguez, D. (2017). *Elaboración de pan de molde sin gluten embolsado a base de harina de arroz (Oryza saliva) y harina de papa (Solanum tuberosum) y uso de hidrocoloides*. Callao, Lima, Perú: Universidad Nacional del Callao, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos.
- Vijay Kumar T. & Manju Kumari, T. (November de 2014). Recent trends in hidrogels based on psyllium polysaccharide: a review. (Elsevier, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 82(1), 1-15. doi:doi.org/10.1016/j.clepro.2014.06.066
- Witczak M. Ziobro R. Juszczak L. & Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems: A review. *Journal of Cereal Science.*, 67, 46-57.
- Zegarra Samamé, S. (2018). *Elaboración de un pan apto para celíacos a base de harina de Chenopodium pallidicaule Aelle (cañihua) y evaluación de su aceptabilidad sensorial*. Lima. Perú: Escuela de posgrado Universidad San Ignacio de Loyola. Doctorado en Nutrición.

ANEXOS

Anexo A.

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población
<p><u>Problema general:</u> ¿Cuál es el comportamiento de las características fisicoquímicas volumen específico, humedad y contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>)?</p> <p><u>Problemas específicos:</u> a) ¿Cuál es el comportamiento del volumen específico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>)? b) ¿Cuál es el comportamiento de la humedad en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>)? c) ¿Cuál es el comportamiento del contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>)?</p>	<p><u>Objetivo general:</u> Evaluar el comportamiento de las características fisicoquímicas: volumen específico, humedad y contenido proteico, del pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>).</p> <p><u>Objetivos específicos</u> a) Evaluar el comportamiento del volumen específico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>). b) Evaluar el comportamiento de la humedad en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>). c) Evaluar el comportamiento del contenido proteico en el pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>).</p>	<p><u>Hipótesis general:</u> El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>) presenta un volumen específico, humedad y contenido proteico igual o mayor que el pan elaborado con harina de trigo.</p> <p><u>Hipótesis específicas:</u> H1: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>) presenta un volumen específico igual o mayor al volumen específico que el pan elaborado con harina de trigo. H2: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>) presenta una humedad igual o mayor a la humedad del pan elaborado con harina de trigo. H3: El pan libre de gluten elaborado con harina de arroz (<i>Oryza sativa</i>) presenta un contenido proteico igual o mayor al contenido proteico del pan elaborado con harina de trigo.</p>	<p><u>Tipo:</u> La investigación fue aplicada, pues tuvo como propósito resolver un problema de naturaleza práctica aplicando sus resultados.</p> <p><u>Método:</u> Experimental.</p>	<p><u>Población:</u> La población de estudio lo constituyó cuatro y medio kilos (4,5 kg) para cada uno de cuatro tratamientos, haciendo un total de 18 kilos, que equivale a 72 unidades de pan de 0,250 kilos c/u.</p> <p><u>Muestra:</u> De cada repetición por tratamiento, se evaluaron 17 panes de 250 gramos cada uno.</p> 

Anexo B

Masa de pan de harina de arroz y maicena en molde



Anexo C

Masa de pan de harina de arroz y fécula de yuca en molde



Anexo D

Masa de pan de harina de arroz y maicena en cámara fermentación



Anexo E

Masa de pan de harina de arroz y fécula de yuca en cámara fermentación



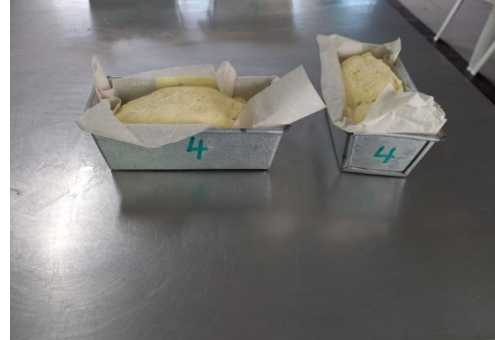
Anexo F

Masa de pan de harina de arroz y maicena post fermentación



Anexo G

Masa de pan de harina de arroz y fécula de yuca post fermentación



A small, handwritten signature or logo in purple ink, located in the bottom right corner of the page.

Anexo H.

Pan de harina de arroz y maicena post horneado



Anexo I

Pan de harina de arroz y fécula de yuca post horneada



Anexo J

Panes de harina de arroz y maicena



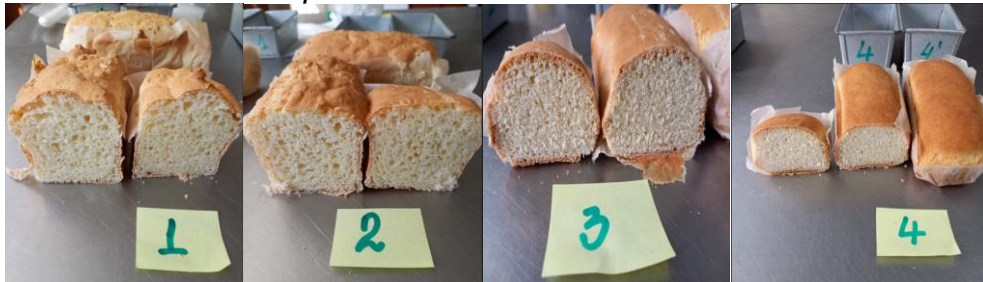
Anexo K

Panes de harina de arroz y fécula de yuca



Anexo L

Corte transversal de pan de arroz con maicena



Anexo M

Corte transversal de pan de arroz con fécula de yuca



Anexo N

Volumen específico (V_e) y valor t_0 de pan de harina arroz con maicena

Ve Pan de Molde	Ve Pan PHAM A6040M	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
4,1183	1,8775							
4,1746	1,8498							
4,0663	1,8502	4,1071	1,8802	0,048	0,025	0,0015	0,038	100,611
4,1499	1,9017							
4,0646	1,8954							
4,0686	1,9067							

Anexo Ñ

Volumen específico (V_e) y valor t_0 de pan de harina arroz con fécula de yuca

Ve Pan de Molde	Ve Pan PHAFY A60FY40	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
4,1183	1,9038							
4,1746	1,8756							
4,0663	1,8729	4,1071	1,8907	0,048	0,013	0,0012	0,035	109,176
4,1499	1,8990							
4,0646	1,8918							
4,0686	1,9011							

Anexo O

Actividad de agua (A_w) y valor t_0 de pan de harina arroz con maicena

Aw Pan de Molde	Aw Pan PHAM A6040M	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
0,845	0,968							
0,839	0,973							
0,835	0,975	0,8303	0,9693	0,011	0,005	0,0001	0,009	-27,972
0,818	0,973							
0,820	0,966							
0,825	0,961							

Anexo P

Actividad de agua (A_w) y valor t_0 de pan de harina arroz con fécula de yuca

Aw Pan de Molde	Aw Pan PHAFY A60FY40	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
0,845	0,973							
0,839	0,975							
0,835	0,968	0,8303	0,9755	0,011	0,005	0,0001	0,008	-29,947
0,818	0,978							
0,820	0,981							
0,825	0,978							

Anexo Q

Humedad y valor t_0 de pan de harina arroz con maicena

Humedad Pan de Molde	Humedad Pan PHAM A60M40	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
22,85	42,25							
23,45	45,15	23,03	43,72	0,3617	1,4503	1,1171	1,0569	-23,967
22,80	43,75							

Anexo R

Humedad y valor t_0 de pan de harina arroz con fécula de yuca

Humedad Pan de Molde	Humedad Pan PHAFY A60FY40	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
22,85	44,75							
23,45	45,15	23,03	45,23	0,3617	0,5193	0,2002	0,4475	-60,743
22,80	45,78							

Anexo S

Contenido de proteína y valor t_0 de pan de harina arroz con maicena

Proteína Pan de Molde	Proteína Pan PHAM A6040M	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
6,60	4,22							
6,65	4,35	6,60	4,69	0,0500	0,7045	0,2494	0,4994	4,684
6,55	5,50							

Anexo T

Contenido proteico y valor t_0 de pan de harina arroz con fécula de yuca

Proteína Pan de Molde	Proteína Pan PHAFY A60FY40	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_1	S_2	Sp^2	Sp	t_0
6,60	4,27							
6,65	4,15	6,60	4,56	0,0500	0,6034	0,1833	0,4282	5,845
6,55	5,25							

Anexo U

Informe de Ensayo N° 1-00871/24, de pan de harina de arroz con maicena (PHAM)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE - 003



INFORME DE ENSAYO N° 1-00871/24

Pág. 12

DATOS DEL CLIENTE =

Cliente : CÁCERES PAREDES JOSÉ RAMÓN
Domicilio legal : Jr. Marte #357 Urb. Las Brisas – Cercado de Lima – Lima – Lima

DATOS DE LA MUESTRA

Producto declarado = : PAN CON HARINA DE ARROZ Y MAICENA
Procedencia de la muestra : Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo : 1 muestra x 3 unidades x 740 g
Presentación y condición de recepción : En bolsa de plástico sellado y conservado a temperatura ambiente.
Identificación y descripción ** : PHAM
Fecha de recepción : 2024 - 01 - 04
Fecha de inicio del ensayo : 2024 - 01 - 05
Fecha de término del ensayo : 2024 - 01 - 11
Ensayo realizado en : Laboratorio Físico Químico Alimentos / Hidrobiología / Laboratorio Subcontratado
Identificado con : EXAI-00193-2024-001
Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Análisis Físico Químico Alimentos:

Ensayo	LCM	Unidad	Resultados
Acidez	0.01	g de ácido sulfúrico/100g	0.02
Cenizas	0.01	g/100g	1.72
Grasa	0.05	g de grasa por hidrólisis ácida/100g	0.02
Humedad	0.01	g/100 g	41.36
Proteína	0.27	g/100g	4.22

LCM: Límite de cuantificación del método

Análisis Hidrobiológico:

Ensayo	LCM	Unidad	Resultados
(*) Gluten	4	mg/kg	< 4

LCM: Límite de cuantificación del método

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA*

Análisis Subcontratado:

Ensayo	Resultados
(1) Actividad de Agua	0.96

(*) Ensayo subcontratado No Acreditado.

** Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 501, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

EL USO INCORRECTO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

INFORME DE ENSAYO N° 1-00871/24

Pág. 22


MÉTODOS

Acidez: NTP 206.008 (Revisado el 2021). 1976. PRODUCTOS DE PANADERÍA. Determinación del porcentaje de acidez titulable
(T) Actividad de Agua: Lectura Directa en equipo para medir Aw, AQUA LAB.
Cenizas: AOAC 935.39 (D), Chapter 32, 20th Ed. 2023. Baked Products. Ash.
(T) Gluten: kit comercial de ELISA para la determinación de Gluten (gladina) en alimentos.
Grasa: AOAC 935.39 (D), Chapter 32, 22nd Ed. 2023. Baked Products. Fat.
Humedad: NTP 206.011. 2018. BOCOCCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad
Proteína: AOAC 964.13, Chapter 4, 22nd Ed. 2023. Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Copper Catalyst Kjeldahl Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 16 de enero de 2024
AA


EVELYN RAMÍREZ
CERTIFICACION DEL PERU S.A.
INEL. SÍGMA PLUS/DA
C. 20. 00002
INFORMACIONES DEL AREA DE EMISION DE INFORMES

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*



Anexo V

Informe de Ensayo N° 1-00870/24, de pan de harina de arroz con fécula de yuca (PHAFY)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE - 003



INFORME DE ENSAYO N° 1-00870/24

Pág. 1/2

DATOS DEL CLIENTE ->	
Cliente	: CÁCERES PAREDES JOSÉ RAMÓN
Domicilio legal	: Jr. Marte #257 Urb. Las Brisas – Cercado de Lima – Lima – Lima
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado ->	: PAN DE HARINA DE ARROZ Y FÉCULA DE YUCA
Procedencia de la muestra	: Proporcionada por el solicitante y/o cliente
Cantidad de muestra para el ensayo	: 1 muestra x 3 unidades x 740 g
Presentación y condición de recepción	: En bolsa de plástico sellado y conservado a temperatura ambiente.
Identificación y descripción ->	: PHAFY
Fecha de recepción	: 2024 - 01 - 04
Fecha de inicio del ensayo	: 2024 - 01 - 06
Fecha de término del ensayo	: 2024 - 01 - 11
Ensayo realizado en	: Laboratorio Físico Químico Alimentos / Hidrobiología / Laboratorio Subcontratado
Identificado con	: EXAI-00193-2024-001
Validez del documento	: Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Análisis Físico Químico Alimentos:

Ensayo	LCM	Unidad	Resultados
Acidez	0.01	g de ácido sulfúrico/100g	0.02
Centza	0.01	g/100g	1.72
Grasa	0.05	g de grasa por hidrólisis ácida/100g	4.23
Humedad	0.01	g/100 g	40.23
Proteína	0.07	g/100g	4.27

LCM: Límite de cuantificación del método

Análisis Hidrobiológico:

Ensayo	LCM	Unidad	Resultados
(*) Gluten	4	mg/kg	20

LCM: Límite de cuantificación del método

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA*

Análisis Subcontratado:

Ensayo	Resultados
(1) Actividad de Agua	0.97

(1) Ensayo subcontratado No Acreditado.

* Datos proporcionados por el solicitante y/o cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante y/o cliente pueda afectar la validez de los resultados.

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

* EL USO INCORRECTO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

INFORME DE ENSAYO N° 1-00870/24

Pág. 2/2

MÉTODOS

Acidez: NTP 206.008 (Revisado el 2021). 1976. PRODUCTOS DE PANADERÍA. Determinación del porcentaje de acidez titulable
(T) Actividad de Agua: Lectura Directa en equipo para medir Aw. AQUE LA&B.
Centza: AOAC 935.39 (B), Chapter 30, 22nd Ed. 2023. Baked Products. Ash.
(*) Gluten: Kit comercial de ELISA para la determinación de Gluten (gliadina) en alimentos.
Grasa: AOAC 935.39 (D), Chapter 30, 22nd Ed. 2023. Baked Products. Fat.
Humedad: NTP 206.011. 2018. BOCADITOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad
Proteína: AOAC 984.13, Chapter 4, 22nd Ed. 2023. Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Copper Catalyst Kjeldahl Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 16 de enero de 2024
AA

CERPER S.A.
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
RUC 20101001001
CALLE TIENTE RODRIGUEZ N° 1415
MIRAFLORES - AREQUIPA
T. (054) 2655372
COORDINADORA DEL AREA DE EMISION DE INFORMES

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

"Este documento sin firma digital carece de validez"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 2655372

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com



EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO sancionado conforme a LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO



.....
Prof. José Ramón Cáceres Paredes
Docente Responsable