

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ELABORACIÓN DE PAN A BASE DE HARINA DE ARROZ Y
ALMIDÓN DE MAÍZ**

TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN BROMATOLOGIA

JHENNY PATRICIA JANCKO COLQUE

SUCRE - BOLIVIA

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diploma en Bromatología de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Jhenny Patricia Jancko Colque

Sucre, agosto de 2024

DEDICATORIA

A Dios que ilumino mi camino, me lleno de paciencia, fortaleza moral y espiritual para seguir adelante. A mis padres, que nos brindaron su apoyo incondicional en todo el proceso de nuestra formación académica. A mis padres Paulino Jancko Torres y Primitiva Colque Mamani que son una fuente de inspiración, motivación para mi vida, por ser uno de mis pilares fundamentales y enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; a mis hermanos por estar siempre a mi lado y animarme a continuar.

También quiero dedicar este logro a mis docentes y asesores, quienes con su conocimiento y orientación me guiaron en este camino, aportando valiosos consejos que fueron determinantes para alcanzar mis objetivos. Su dedicación y entrega a la enseñanza han sido una inspiración y mucha importancia para mí.

Finalmente, dedico esta investigación a todos aquellos que me acompañaron en este proceso académico, amigos y compañeros, quienes con su compañía y apoyo me impulsaron a seguir adelante, compartiendo no solo experiencias, sino también momentos de aprendizaje y crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores formándome como profesional íntegro y capaz. A mis tutores por sus consejos y orientaciones que han sido de suma importancia para la realización de nuestro de dicho documento.

A mis amigos y amigas por estar siempre a mi lado apoyándome moralmente para cumplir con mis objetivos. A mis docentes por sus enseñanzas y conocimientos que me inculcaron en toda mi etapa de preparación en la universidad. Y a las personas que me apoyaron incondicionalmente en todo momento.

RESUMEN

Este trabajo se enfoca en la elaboración de pan a base de harina de arroz y almidón de maíz, abordando tres objetivos principales: analizar las propiedades funcionales de la harina de arroz, caracterizar los ingredientes y técnicas del proceso, y evaluar sensorialmente el producto final.

La harina de arroz al no contener gluten, requiere el uso de estabilizantes como la goma xantana para mejorar la cohesión y estructura del pan. Durante la elaboración el amasado se realizó con batidora, lo que permitió integrar de manera uniforme los ingredientes y el horneado se llevó a cabo en horno a gas, controlando la temperatura para lograr una cocción uniforme. La goma xantana fue crucial para proporcionar elasticidad a la masa, imitando las propiedades del gluten y mejorando la textura final del pan.

Se evaluaron diversas formulaciones variando las proporciones de harina de arroz, almidón de maíz y goma xantana. Las pruebas sensoriales revelaron que la combinación adecuada de estos ingredientes afectó significativamente la textura, esponjosidad y **sabor** del pan. Las formulaciones con mayor cantidad de goma xantana resultaron en panes con mejor estructura y mayor aceptación por parte de los catadores.

Finalmente, se recomienda complementar el análisis sensorial con estudios fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar la calidad y seguridad del producto final, además de optimizar las proporciones de los ingredientes para mejorar las propiedades del pan. Este estudio demuestra que el pan de arroz es una alternativa viable con posibilidades de mejorar mediante ajustes en la formulación y técnicas de procesamiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos	3
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4	METODOLOGÍA.....	5
1.4.1	Tipo de investigación	5
1.4.2	Método	5
1.4.2.1	<i>Método experimental</i>	5
1.4.3	Materias primas e insumos	5
1.4.3.1	<i>Materia prima</i>	5
1.4.3.2	<i>Insumos</i>	5
1.4.4	Materiales de proceso y equipos.....	6
1.4.4.1	<i>Materiales</i>	6
1.4.4.2	<i>Equipos</i>	6
1.4.5	Población y Muestra.....	7
1.4.5.1	<i>Población</i>	7
1.4.5.2	<i>Tamaño de la Muestra</i>	7
1.4.6	Criterios de inclusión y exclusión.....	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.1.1	Pan blanco	8
2.1.2	Tipos de pan	8
2.1.2.1	<i>Tipos de pan según el cereal de base</i>	8
2.1.1	Materia Prima.....	10

2.1.1.1	<i>Harina de arroz</i>	10
2.1.1.2	<i>Almidón de maíz</i>	12
2.1.1.3	<i>Sal</i>	13
2.1.1.4	<i>Levadura</i>	14
2.1.1.5	<i>Aceite</i>	15
2.1.1.6	<i>Huevo</i>	16
2.1.1.7	<i>Agua</i>	17
2.1.1.8	<i>Celiaquía</i>	17
2.2	MARCO CONTEXTUAL	18
2.2.1	Características y tendencias de la producción de arroz	19
2.2.2	Harina de arroz y almidón de maíz en la panificación sin gluten	19
2.2.3	Impacto en la aceptación del consumidor	20
CAPÍTULO III		
DESARROLLO		
3.1	DEFINICIÓN DEL PRODUCTO ESPECÍFICO	21
3.2	CARACTERIZACIÓN ESPECÍFICA DE LAS MATERIAS PRIMAS	21
3.2.1	Harina de arroz	21
3.2.2	Almidón de maíz	22
3.2.3	Goma Xantana	22
3.3	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO ESPECÍFICO	22
3.4	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO	24
3.4.1	Descripción del proceso por etapas	25
3.5	CONTROL DE CALIDAD	26
3.5.1	Materias primas	26
3.5.2	Productos en proceso	27
3.5.3	Producto final	29
3.6	PRUEBAS EXPERIMENTALES	31
3.6.1	Tablas, Figuras	33
3.6.2	Cálculos	37
3.7	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN	40

3.7.1 Análisis sensorial.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Información nutricional de diferentes tipos de pan	9
Tabla 2: Información nutricional de la harina de arroz	11
Tabla 3: Información nutricional del almidón de maíz	13
Tabla 4: Información nutricional del huevo de gallina	16
Tabla 5: Ingredientes para la elaboración de pan de arroz	32
Tabla 6: Ingredientes para la prueba 1 de la elaboración de Pan de Arroz	33
Tabla 7: Ingredientes para la prueba 2 de la elaboración de Pan de Arroz	34
Tabla 8: Ingredientes para la prueba 3 de la elaboración de Pan de Arroz	35
Tabla 9: Puntuación tabulada del análisis sensorial del 1 al 7	36
Tabla 10: Balance de materia de las tres pruebas	37
Tabla 11: Resultados de las tres pruebas	40
Tabla 12: Resultado general del balance de la materia	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Harina de arroz	10
Figura 2: Almidón de Maíz	12
Figura 3: Sal yodada.....	14
Figura 4: Levadura	15
Figura 5: Aceite Vegetal	15
Diagrama 1: Preparación de Pan con harina de arroz y almidón de maíz	24
Grafica 1: Análisis sensorial del color	42
Grafica 2: Análisis sensorial del olor	43
Grafica 3: Análisis sensorial del sabor.....	44
Grafica 4: Análisis sensorial del textura	45
Grafica 5: Análisis sensorial del apariencia	46
Grafica 6: Análisis sensorial del dureza.....	47
Grafica 7: Análisis sensorial del adhesividad	48

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La elaboración de productos sin gluten ha sido un área de investigación creciente debido al aumento en la prevalencia de la enfermedad celíaca y la sensibilidad al gluten no celíaca. La enfermedad celíaca es una patología autoinmune que afecta a aproximadamente el 1% de la población mundial y requiere una dieta estricta sin gluten para evitar complicaciones de salud. (Celiaquía, 2022)

En el ámbito de la panificación sin gluten, la harina de arroz se ha destacado como un ingrediente principal debido a su disponibilidad y propiedades funcionales. La harina de arroz es conocida por su baja alergenicidad y buen perfil nutricional, lo que la hace adecuada para la elaboración de productos para personas con restricciones dietéticas. (Gallardo , 2019)

El desarrollo de panes sin gluten también puede tener un impacto positivo en la industria alimentaria. La creciente demanda de productos sin gluten de alta calidad crea un mercado atractivo para nuevas formulaciones que puedan satisfacer las necesidades y preferencias de los consumidores. Además, este enfoque promueve la innovación y diversificación en la industria de la panificación, abriendo oportunidades para que los panaderos artesanales y la industria alimentaria amplíen su oferta de productos sin gluten. (Fernández & García, 2020)

El pan sin gluten posee bajo índice glucémico, por lo cual, cantidades adecuadas de proteína y niveles tolerados de fibra dietética, vitaminas, magnesio, oligoelementos y antioxidantes (Álvarez et al., 2010). Asimismo, Jnawali et al. (2016) indicaron que un producto sin gluten no sólo debe ser libre de gluten, sino que debe ser comparable con los productos que contienen gluten en el perfil nutricional. Según el Schober (2009), los productos libres de gluten que reemplacen a los alimentos básicos importantes (por ejemplo, harina, pan, pasta), deben aportar aproximadamente la misma cantidad de vitaminas y minerales que el alimento original que reemplazan.

El gluten ha logrado ser reemplazado por diferentes tipos de aditivos, siendo los siguientes los más comunes (Gambús et al., 2007): Hidrocoloides o gomas; son polisacáridos (naturales o

artificiales) que permiten mejorar la retención de líquidos en el batido, tanto en el proceso de horneado como en el de almacenamiento, los más usados son; Goma Garrofín, Goma Guar, Goma Espina Corona, Agar, Psyllium y Carboximetilcelulosa (Molina-Rosell, 2013). También se emplean otros hidrocoloides como goma xantana; por lo general el batido con esta goma no presenta una buena expansión, en comparación con los demás hidrocoloides. Sin embargo, Gambús et al. (2007) lograron que este sustituto produzca una mayor expansión al combinarlo con goma guar y pectina. (Alberco Laymito C. , 2023)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Elaborar pan de harina de arroz y almidón de maíz

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades funcionales de la harina de arroz en la elaboración de panes
- Caracterizar las materias primas e insumos
- Realizar pruebas experimentales para determinar las cantidades de los ingredientes
- Evaluación sensorial del producto final

1.3 JUSTIFICACIÓN

La harina de arroz se presenta como una alternativa prometedora en la elaboración de panes sin gluten debido a su perfil nutricional y propiedades funcionales, como su capacidad para formar masas adecuadas para la panificación.

Sin embargo, la ausencia de gluten, que proporciona elasticidad y estructura a la masa, plantea desafíos significativos que requieren la optimización de formulaciones y procesos de elaboración para obtener productos aceptables. (Rodríguez & Rubio, 2021)

El análisis sensorial es fundamental para evaluar la calidad de los alimentos, ya que proporciona información directa sobre las percepciones y preferencias de los consumidores.

Evaluar sensorialmente panes sin gluten elaborados con harina de arroz permite identificar áreas de mejora y desarrollar productos que no solo sean seguros para los celíacos, sino también atractivos para el mercado general. (López & Jiménez, 2020)

Además, la investigación en la elaboración de pan sin gluten a base de harina de arroz puede contribuir al avance del conocimiento en el campo de la bromatología y la tecnología de alimentos. Esto puede tener un impacto positivo en la industria alimentaria al proporcionar alternativas viables y saludables para una población en crecimiento que requiere dietas especiales.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Tipo de investigación

La metodología es experimental, ya que implica la manipulación de variables para ver los efectos sobre el desarrollo y la calidad sensorial del pan sin gluten. Este enfoque permite un control preciso de las condiciones experimentales y la recopilación de datos tanto cuantitativos como cualitativos.

1.4.2 Método

1.4.2.1 Método experimental

La investigación se lleva a cabo mayormente bajo el método experimental que abre oportunidades para manipulación de las condiciones de elaboración del pan y observar los resultados. Por lo tanto se realizan experimentos controlados en las que las proporciones de harina de arroz, almidón de maíz y goma xantana son variadas para determinar su efecto sobre el sabor y la textura del pan. Por ejemplo, se puede alterar la cantidad de almidón de maíz para ver cómo afecta el volumen y la textura del pan.

1.4.3 Materias primas e insumos

1.4.3.1 Materia prima

- Harina de arroz
- Almidón de maíz

1.4.3.2 Insumos

- Goma Xantana
- Huevo
- Azúcar blanca
- Sal yodada
- Aceite vegetal

- Levadura seca
- Agua hervida fría

1.4.4 Materiales de proceso y equipos

1.4.4.1 Materiales

- Moldes de pan
- Recipiente de vidrio y aluminio
- Tamizador
- Jarra medidora
- Espátula de goma

1.4.4.2 Equipos

- Balanza de precisión
- Batidora
- Horno a gas

En cualquier investigación experimental los materiales y equipos son básicos ya que forman los elementos indispensables en la implementación efectiva de procedimientos. La selección de los ingredientes juega un papel destacado en la textura y sabor del pan sin gluten. El pan sin gluten tiene su base en harina de arroz debido a su contenido en almidón que contribuye a la estructura del pan. El almidón de maíz se utiliza para mejorar la textura y volumen del pan, mientras que la goma xantana actúa como un agente espesante que reemplaza la función del gluten, proporcionando elasticidad y cohesión a la masa. Además, hay otros ingredientes como sal, azúcar, levadura seca, aceite vegetal. Los equipos utilizados, tales como: moldes de pan, horno eléctrico, balanza de precisión, utensilios de cocina y rejilla para enfriar. Estos mismos materiales han sido seleccionados en estudios previos que han demostrado su eficacia en la producción de productos horneados sin gluten. (Nunes, Moore, Ryan, & Arendt, 2020)

1.4.5 Población y Muestra

1.4.5.1 Población

La población objetivo de esta investigación incluye consumidores potenciales de pan sin gluten, particularmente aquellos con enfermedad celíaca, sensibilidad al gluten o que eligen una dieta sin gluten por razones de salud o preferencias personales. Esta población es diversa y puede incluir personas de diferentes edades, géneros y antecedentes culturales.

1.4.5.2 Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra estará compuesto por 10 a 15 catadores de la población general para el análisis sensorial. Este número es adecuado para proporcionar una evaluación sólida del producto, asegurando que los datos sensoriales sean representativos.

1.4.6 Criterios de inclusión y exclusión

- **Edad:** Personas mayores de 18 años.
- **Disponibilidad:** Individuos disponibles para participar en las sesiones de evaluación sensorial.
- **Salud:** Personas sin alergias o intolerancias a los ingredientes utilizados en el pan sin de arroz.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Pan blanco

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*. (Mesas & Alegre, 2002)

Valoración nutricional

Es rico en hidratos de carbono complejos (almidón), de bajo contenido graso (1 g por 100 g) y aporta proteínas procedentes del grano de trigo, vitaminas y minerales. En el trigo, la proteína más representativa es el gluten, que confiere a la harina la característica de poder ser panificable. Es fuente de minerales como el selenio y el zinc. La riqueza en estas sustancias nutritivas depende del grado de extracción de la harina y de si se ha enriquecido la masa de pan durante el proceso de elaboración en dichas sustancias. (FEM Fundación Española de la Nutrición)

2.1.2 Tipos de pan

Debido a la presencia de este alimento en todas las sociedades, existe una infinidad de tipos de pan, tanto a nivel nacional como internacional, cuyas diferencias en muchos casos son sólo de forma o de la región en que se fabrique.

2.1.2.1 Tipos de pan según el cereal de base

- **Pan de trigo:** el más común en nuestras latitudes debido a la abundancia de la materia prima, de textura tierna y sabrosa.
- **Pan de cebada:** más insípido y de textura compacta.
- **Pan de avena:** textura suave y cierto dulzor.
- **Pan de centeno:** más nutritivo por su contenido en proteínas, textura densa pero suave, sabor intenso.
- **Pan de maíz:** sabor dulzón, textura algo más dura y color amarillento. Buena opción para celíacos porque la harina de maíz no tiene gluten.

- **Pan de soja:** especialmente nutritivo por la presencia de grasas insaturadas, más proteínas y también más micronutrientes. También es apto para celíacos.
- **Pan de arroz:** miga blanca y densa, también apto para celíacos.
- **Pan multicereal:** elaborado con tres o más harinas diferentes de las que al menos dos tienen que proceder de cereales. (Gil, 2020)

Información nutricional

Aunque haya diferencias en la proporción de macronutrientes y micronutrientes, los panes de consumo habitual suelen presentar similitudes en cuanto al contenido energético. En la siguiente tabla tienes la información nutricional (por cada 100gr) de algunos de esos panes:

Tabla 1: Información nutricional de diferentes tipos de pan

PAN	VALOR ENERGÉTICO (kcal)	HIDRATOS DE CARBONO (g)	PROTEÍNAS (g)	GRASAS (g)	FIBRA (g)	SODIO (mg)
Pan blanco	244	51,5	9	1,6	3,5	520
Pan de avena	255	48,5	8,4	4,4	4	23,4
Pan de cebada	185	39,9	6,4	1,1	-	1,5
Pan de maíz	299	48,1	7,2	10	2,4	778
Pan de molde	255	53,25	5,52	3,74	4,52	194,2
Pan de molde integral	228	44	9	3	6	570
Pan de viena	257	51,9	8,8	3	3	609
Pan integral de trigo	240	48,9	8,54	2,5	8,5	700

Fuente: <https://palomagil.com/que-es-el-pan-propiedades/>

2.1.1 Materia Prima

2.1.1.1 Harina de arroz

La harina de arroz es comúnmente utilizada para la elaboración de productos libres de gluten por sus características como; pequeñas cantidades en prolaminas, sabor suave, aspecto incoloro, propiedades hipoalergénicas, bajo contenido de sodio y digestibilidad del almidón elevada), no obstante, las proteínas del arroz no son capaces de formar una red que pueda retener los gases generados durante la fermentación y el horneado (Gujral & Rosell, 2004). Por eso a los productos libres de gluten se les agrega hidrocoloides con el fin de que estos imiten las propiedades del gluten. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Figura 1: Harina de arroz



Fuente: <https://www.pequerecetas.com/receta/harina-de-arroz>

Según Belén (2012), se obtiene de la molienda de arroz carece de gluten, se utiliza principalmente para la elaboración de pastas, panes etc. Para hacer la harina, se quita la cascarilla y se obtiene así el arroz crudo, que se muele para obtener arroz en polvo o harina de arroz

(Alvarado, 2010). Torres et al. (2015) señalaron que para obtener harina a partir de los granos de arroz, incluye las operaciones de descascarillado, la eliminación del salvado y la separación de los granos partidos o dañados de los granos enteros. Pedrero & Pangborn (2017) consideraron que es fundamental conocer la forma de obtención de la harina ya que influye en las características del pan, por lo que se obtiene una caída del volumen específico del pan a medida que disminuye el tamaño de partículas, éste hecho podría estar relacionado con la mayor absorción de agua que se requiere para mantener constante la consistencia del batido; por lo tanto, habría una mayor resistencia para que la pieza aumente su volumen durante la fermentación y la cocción. Es más conveniente el uso de harinas de arroz gruesa para proporcionar mayor volumen a los panes y menor dureza, ya que de esta manera los batidos durante la fermentación tienen más disponibilidad para retener los gases generados. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Tabla 2: Información nutricional de la harina de arroz

Componentes	Cantidad (%)
Valor energético (Kcal)	366,0
Proteína	9,64
Cenizas	0,23
Lípidos	0,49
Fibra cruda	2,4
Humedad	8,16
Carbohidratos	78,74

Fuente: Miranda Villa (2018)

2.1.1.2 Almidón de maíz

Es un ingrediente básico en la elaboración de panes y postres para personas celíacas o con sensibilidad al gluten no celíaca. Puede utilizarse sola o (de manera más común) mezclada con harina de arroz o fécula de patata, tanto para recetas saladas como dulces. El almidón de maíz absorbe hasta un 45% de agua, en función de 8 su propio peso, por lo cual se considera que posee un comportamiento de relleno inerte en el interior del batido. Cuando se reducen los niveles de agua, se retrasa la gelatinización del almidón; sin embargo, si los niveles de agua son abundantes, el proceso se llevará a cabo rápidamente, pero puede afectar la gelificación y la retrogradación del almidón después del enfriamiento.

Figura 2: Almidón de Maíz



Fuente: <https://www.ingredienteslatam.com/2024/01/16/almidon>

Durante la operación de cocción del pan, los gránulos de almidón pasan por un proceso de gelatinizado, en otras palabras, éstos gránulos se van hinchando y solubilizando parcialmente, sin embargo, suelen mantener su identidad granular. El almidón actúa como la matriz de los

productos de panificación libres de gluten, reteniendo el dióxido de carbono para permitir la expansión de las células del aire, evitando la coalescencia durante el crecimiento y estabilizando la estructura final después del enfriamiento. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Tabla 3: Información nutricional del almidón de maíz

Componentes	Cantidad (%)
Humedad	9,9
Proteína cruda	1,10
Grasa cruda	0,35
Fibra cruda	0,62
Cenizas	0,06
Carbohidratos	98,73
Amilopectina	71,7
Amilosa	28,3

Fuente: Miranda Villa (2018)

2.1.1.3 Sal

Da sabor al pan e interviene también en el color y permite que se compacte más el batido. La sal incrementa la fuerza de las masas, este incremento se debe a interacciones con las proteínas que forman la red de gluten, y hacen la masa algo más tenaz y menos pegajosa, este efecto también puede incrementar el tiempo de amasado necesario, pero no suele notarse mucho; es un potenciador de sabor, este es el efecto más importante y difícil de imitar, no solo aporta sabor salado, sino que predispone nuestras papilas gustativas para que estén atentas y sientan el resto de los sabores con más intensidad. El agregado de sal a los batidos se encuentra entre valores de 1 - 2,2 % sobre el peso total de la harina. Además, Hegarty (2014) indicó que la sal restringe

la actividad de las bacterias productoras de ácidos y controla la acción de la levadura regulando el consumo de azúcares y dando una mejor corteza. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Figura 3: Sal yodada



Fuente: <https://www.fidalga.com/products/sal-yodada-de-1000-gr>

2.1.1.4 Levadura

Son los agentes fermentadores que contribuyen al aumento del volumen de la masa, debido a la formación de gas. La levadura convierte a la harina cruda en un producto ligero que al hornearse se hace digerible y da el agradable sabor característico del pan. Para que actúe necesita del agua, también necesita azúcar y nitrógeno que se encuentra en la harina, de la misma forma las sales minerales que se encuentran en la harina y el agua. Vera (2010) señaló que una cantidad que no es suficiente de levadura producirá un pan de molde con muchos agujeros y de bajo volumen, en cambio, el exceso de levadura provoca un hinchamiento exagerado del batido, generando una miga frágil, descolorida y desagradable sabor a levadura. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Figura 4: Levadura



Fuente: <https://www.fleischmannbolivia.bo/Productos/Levadura.html>

2.1.1.5 Aceite

El aceite distribuye el batido uniformemente impidiendo la fuga de humedad del producto, asimismo, le da ternura en el pan horneado debido a que lubrica la estructura interior cuando es dispersado en películas y en glóbulos. Montilla (2015) añadió que retienen la humedad en el pan además que, durante el batido, capta el aire en diminutas burbujas en donde almacena el vapor durante el horneado, favoreciendo el volumen adecuado. (Alberco Laymito C. I., 2023)

Figura 5: Aceite Vegetal



Fuente: <https://bo.openfoodfacts.org/producto/7773103000002/fino>

2.1.1.6 Huevo

El huevo es un alimento con importante contenido de nutrientes para el organismo, particularmente proteínas, lípidos, minerales y vitaminas de alta calidad. Se destacan contenidos de proteína (11,0-13,8 %), lípidos (8,5-12,0 %) y agua (74,4-88,7 %). La proteína es de alto valor biológico, rica en aminoácidos esenciales, que promueven la síntesis y conservación de la masa muscular, relevante para atletas y adultos mayores; en estos últimos, contrarresta el proceso de sarcopenia, propio del envejecimiento. Las proteínas de la clara son principalmente, ovoalbúmina, ovotransferrina y ovomucoide; además, lisozima, avidina y ovomucina, siendo esta última, la responsable de la viscosidad de la clara. (RAMÍREZ CRESPO, CORTÉS RODRÍGUEZ, & MICANGUER CARLOSAMA, 2022)

Tabla 4: Información nutricional del huevo de gallina

Nutrientes	Huevo entero	Clara	Yema
Energía (calorías)	72,00	17,00	55,00
Proteína (g)	6,30	3,60	2,70
Carbohidratos (g)	0,36	0,24	0,21
Grasa total (g)	4,80	0,06	4,50
Colesterol (mg)	186,00	0,00	186,00
Colina (mg)	126,00	0,40	116,00
Riboflavina (mg)	0,20	0,15	0,09
Vitamina B12 (mg)	0,45	0,03	0,33
Ácido fólico (mg)	24,00	1,00	25,00
Fosforo (mg)	99,00	5,00	66,00
Hierro (mg)	0,88	0,03	0,46

Zinc (mg)	0,65	0,01	0,39
Calcio (mg)	28,00	2,00	22,00
Sodio (mg)	71,00	55,00	8,00

Fuente: CORTÉS, S. El huevo: Federación Nacional de Avicultores, 2015

2.1.1.7 Agua

Anton & Artfield (2008) mencionaron que el líquido que se usa para formar la masa, ayuda a la formación del gluten. Junto con la levadura y la harina provoca los procesos enzimáticos. Se ha considerado que la dureza (mg de CaCO₃ en un litro) y el pH del agua afectan la calidad de la levadura en la fabricación de productos horneados. Los minerales contenidos en agua con dureza media (100 - 200 mg/L) interactúan de manera óptima con el gluten.

Morales (1994) mencionó que el agua controla; la temperatura de la masa, la fermentación para disolver la levadura y que comience a actuar, las propiedades de plasticidad y extensibilidad de la masa debido al gas producido durante la fermentación, asimismo atributos como el sabor, la frescura y la presencia del agua favorece la porosidad y el agradable sabor del pan. Por ello, un batido con poca cantidad de agua generaría panes secos y quebradizos. (Alberco Laymito C. I., 2023)

2.1.1.8 Celiaquía

Según Anton & Artfield (2008), la enfermedad celíaca (EC) o celiacía, es una enteropatía que se caracteriza por la inflamación crónica del intestino delgado debido a una intolerancia a ciertas proteínas presentes en algunos cereales, principalmente a las prolaminas del trigo (gliadinas), centeno (secalinas), cebada (hordeínas), y especies híbridas como el triticale, y, en algunos casos, de la avena (aveninas). Zegarra (2018) lo definió como una enteropatía autoinmune producida por una intolerancia a ciertos péptidos de gluten de cereales como el trigo, centeno y avena, que desaparece al perder el contacto con el gluten.

Según Miñarro et al. (2016), la intolerancia al gluten (proteína) es un trastorno donde la ingestión de esta proteína, produce una inflamación del intestino delgado, provocando mala absorción de nutrientes de interés (hierro, ácido fólico, calcio, vitaminas solubles). Tapia & Morón (2014) mencionaron que es el resultado de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales). Jnawali et al. (2016) añadieron que la inflamación permanente de la mucosa intestinal conlleva al aplanamiento de las vellosidades, que deriva en la mala absorción de nutrientes. (Alberco Laymito C. I., 2023)

2.2 MARCO CONTEXTUAL

El pan de arroz, es un horneado "típico" del Oriente Boliviano, compuesto por yuca precocida y molida, harina de arroz, queso, manteca o mantequilla, leche y sal. El proceso tradicional de elaboración de pan de arroz consiste en el pelado, cocción y molienda de yuca proceso que resulta bastante moroso y dificultoso cuando es realizado de manera tradicional. La yuca cocida y molida en forma de puré (que representa el 70% en peso de la mezcla final del pan de arroz) es mezclada con harina de arroz queso manteca y leche hasta obtener una mezcla homogénea y luego la mezcla semisólida es servida en porciones y llevada al horno para su cocción y obtención de pan de arroz. (Marancenbaum & Chávez, 2015)

El consumo de harina de arroz, es más frecuente en la región tropical y amazónica de Bolivia, los Municipios de San Buenaventura y Rurrenabaque donde las familias utilizan este producto en diferentes recetas de panificación, repostería y bebidas no alcohólicas (chichas). Razón por el cual se ha planteado viabilizar un plan de negocio y crear una empresa denominado RICE "J&C" S.R.L. quien elaborará y comercializará harina de arroz, y tendrá como mercado objetivo a todas las personas que se encuentran en los Municipio de San Buenaventura y Rurrenabaque. (Jou Muevo & Guarachi Palomeque , 2020)

El desarrollo de productos sin gluten como el pan surge como una necesidad imperante debido al creciente número de personas diagnosticadas con enfermedad celíaca, sensibilidad al gluten no celíaca y otras condiciones relacionadas. En este contexto, la investigación y desarrollo de alternativas al pan tradicional han sido fundamentales para ofrecer productos que no solo sean

seguros para el consumo, sino que también tengan características organolépticas similares a las del pan convencional. (Macdalyna & Mamat , 2023)

2.2.1 Características y tendencias de la producción de arroz

La producción de arroz se caracteriza por su distribución geográfica a nivel nacional; el arroz se produce en las zonas bajas del país, se lo cultiva en siete departamentos de Bolivia. Los cultivos involucran en su producción a más de 115 mil familias de agricultores (más de 45 mil productores en el arroz), las que desarrollan diversos sistemas de trabajo determinados por el piso ecológico, el acceso a tecnología, y la lógica y sistemas “propios” de producción agrícola, entre otros factores.

En el arroz hay una contracción en el crecimiento del 8%, debido a las pérdidas de rendimiento y reducción de la superficie cultivada. El año más crítico es el 2013, en el que la producción no supera las 360 mil toneladas. Otro dato interesante es que la producción de arroz, pese a la inestabilidad climática de esta última década, duplica a la producción de trigo a pesar de que la cantidad de tierra ocupada por ambos cultivos es similar. Esta situación se debe, principalmente, a que los rendimientos de trigo no llegan a las dos toneladas por hectárea, en cambio, los del arroz superan este valor. (Baudoin Farah, Albarracín, Ruesgas, & Bishelly, 2014)

2.2.2 Harina de arroz y almidón de maíz en la panificación sin gluten

La harina de arroz y el almidón de maíz se han posicionado como ingredientes clave en la elaboración de productos panificables sin gluten. La harina de arroz es especialmente valorada por su neutralidad de sabor, color claro y contenido en almidón, lo que contribuye a la estructura y textura del pan. Por otro lado, el almidón de maíz actúa como un agente que mejora la cohesión y la elasticidad de la masa, elementos que son cruciales en la panificación sin gluten debido a la ausencia de gluten, que es el componente que naturalmente proporciona estas propiedades en los panes tradicionales. (Macdalyna & Mamat , 2023)

2.2.3 Impacto en la aceptación del consumidor

A pesar de las mejoras tecnológicas y nutricionales la aceptación del consumidor sigue siendo un reto. Los estudios muestran que los productos sin gluten a menudo reciben evaluaciones sensoriales más bajas en comparación con sus contrapartes con gluten, principalmente debido a diferencias en la textura, sabor y frescura. Por lo tanto, los desarrollos futuros deben centrarse en optimizar las propiedades organolépticas de estos productos, sin comprometer los beneficios nutricionales ni la seguridad alimentaria. (Macdalyna & Mamat , 2023)

CAPÍTULO III
DESARROLLO

3.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO ESPECÍFICO

El pan de arroz y almidón de maíz es un tipo de pan sin gluten que se elabora utilizando harina de arroz y almidón de maíz en lugar de harina de trigo. La harina de arroz aporta una textura ligera pero no tiene gluten, lo que puede dificultar la estructura del pan. El almidón de maíz mejora la textura, retiene agua y aumenta el volumen del pan. Este tipo de pan suele ser más denso y menos elástico, y a menudo se utilizan aditivos como goma xantana para mejorar su calidad.

3.2 CARACTERIZACIÓN ESPECÍFICA DE LAS MATERIAS PRIMAS

3.2.1 Harina de arroz

La característica más importante de la harina de arroz es su ausencia de gluten, esto la hace apta para el consumo de las personas celiacas o sensibles al gluten; de modo que es un alimento muy recomendable para la salud cardiovascular por su bajo contenido en materia grasa, colesterol y sodio, por lo que es parte fundamental de la dieta de las personas hipertensas. (CHAFLA CANDO, 2022)

Usos de la harina de arroz

La harina de arroz se utiliza dentro de la industria en el proceso de fabricación de productos pasteurizados por ejemplo: chichas, bebidas, chocolatadas, malteadas, productos cárnicos congelados, fábrica de dulces y galletas, etc.” (REQUE, 2007)

La harina de arroz se usa habitualmente en pastelerías orientales, siendo por ejemplo uno de los ingredientes principales de pastelitos dulces de arroz, los mismos que son consumidos en la celebración de año nuevo en China. Estos pastelitos se caracterizan por tener una textura suave y flexible.

La harina de arroz se usa habitualmente en pastelerías orientales, siendo por ejemplo uno de los ingredientes principales de pastelitos dulces de arroz, los mismos que son consumidos en la

celebración de año nuevo en China. Estos pastelitos se caracterizan por tener una textura suave y flexible. (CHAFLA CANDO, 2022)

3.2.2 Almidón de maíz

Es un polvo blanco y fino sin sabor ni olor. Se utiliza como espesante y estabilizador en diversas preparaciones, incluyendo productos de panificación. Su contenido es mayormente carbohidratos, con 91.3 gramos de hidratos de carbono por cada 100 gramos, y aporta estructura ligera a los productos. (ECOagricultor, 2020)

3.2.3 Goma Xantana

La goma xantana es un polvo de color blanco a crema. Es producida por la fermentación de carbohidratos con la bacteria *Xantomonas campestris*. Está constituida por una estructura básica celulósica con ramificaciones de trisacáridos, y aun cuando no sea una agente gelificante, en combinación con la goma locuste puede formar geles elásticos y termorreversibles. Es completamente soluble en agua fría o caliente y produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones, además de poseer una excelente estabilidad al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones prácticamente es constante entre 0 y 100°C y 1 a 13 de pH; y, es utilizada en muchos productos como espesante, estabilizante y agente para mantener suspensiones. (DE LA CRUZ PORTA & PUCHOC ULLOA, 2014)

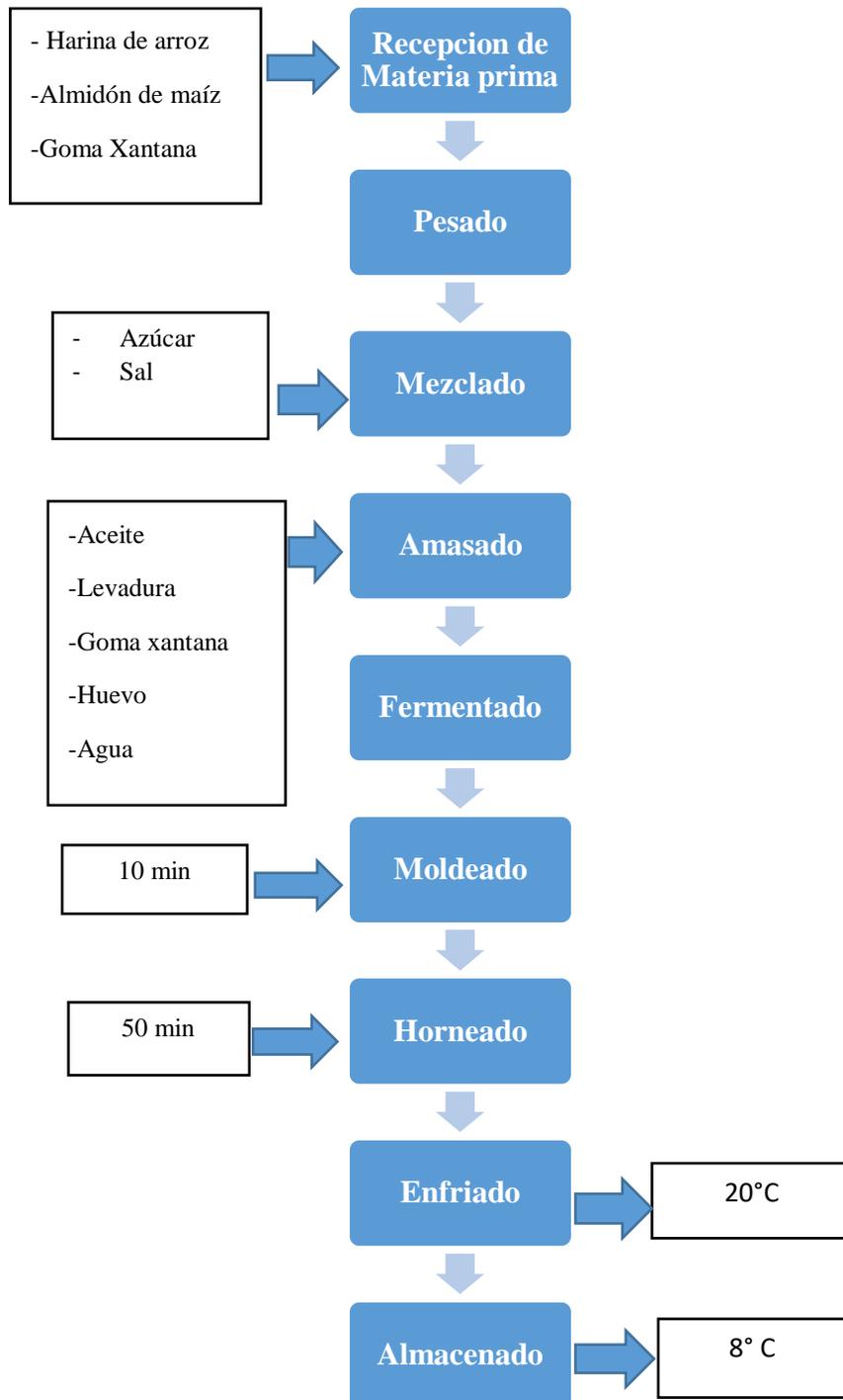
3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO ESPECÍFICO

La elaboración de pan involucró la combinación de harina de arroz y almidón de maíz, primero se combinan los ingredientes secos como la harina de arroz, el almidón de maíz, la goma xantana y la sal. En un recipiente aparte, se disuelve la levadura en agua tibia con un poco de azúcar y se deja reposar hasta que se forme espuma. Luego, se mezclan los ingredientes líquidos como el agua, aceite o leche, y la mezcla de levadura con los ingredientes secos hasta obtener una masa suave y pegajosa. La masa se cubre con un paño y se deja reposar en un lugar cálido durante 45 a 60 minutos para que fermente y duplique su tamaño. Una vez fermentada, la masa se coloca en un molde engrasado y se hornea a 180°C durante 40 a 50 minutos o hasta que el

pan esté dorado. Después de hornear, se deja enfriar antes de cortarlo para obtener un pan sin gluten con buena textura y sabor.

3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO

Diagrama 1: Preparación de Pan con harina de arroz y almidón de maíz



Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Descripción del proceso por etapas

Recepción de materia prima

En esta etapa, se verifica todos los insumos, como harina de arroz, almidón de maíz, goma xantana, levadura, azúcar, aceite, y los demás ingredientes. Se controla la calidad de las materias primas, revisando fechas de caducidad.

Pesado de ingredientes

Se realiza el pesaje de todos los ingredientes, siguiendo las cantidades especificadas en la formulación. Esto es necesario para asegurar la consistencia en el producto final. El uso de balanzas precisas permite controlar la proporción exacta de harina de arroz, almidón de maíz, agua, goma xantana, levadura, sal, azúcar y aceite, garantizando una buena mezcla y fermentación.

Tamizado

Se pasan la harina y el almidón por un tamiz o criba para eliminar grumos e impurezas. El tamizado también ayuda a airear los ingredientes secos, lo que mejora la textura y esponjosidad del pan. Un tamizado adecuado asegura una mezcla más homogénea y previene la formación de grumos en la masa.

Mezclado y amasado

Los ingredientes secos y líquidos se combinan en una batidora, asegurando una distribución uniforme de la goma xantana y la levadura en la masa. El amasado mecánico genera una masa suave y homogénea. Dado que la harina de arroz no contiene gluten, la goma xantana es clave para darle elasticidad y cohesión a la masa, simulando la estructura del gluten. Este paso también distribuye el gas producido por la levadura, lo que ayuda en el volumen del pan.

Fermentación

Una vez teniendo la masa se deja fermentar en un lugar cálido, generalmente cubriéndola para evitar la pérdida de humedad. Durante la fermentación la levadura convierte los azúcares en dióxido de carbono, haciendo que la masa aumente de tamaño y adquiera una textura ligera y aireada. La duración de la fermentación puede variar según la temperatura y la formulación de la receta, es un paso clave para mejorar la textura y sabor del pan.

Horneado

El pan se introduce en un horno a gas y precalentado, donde se hornea a temperaturas de 180°C, por un tiempo de 50 a 55 min. El horneado hace que la masa se expanda aún más por el calor.

Enfriado

Después de hornear se retira el pan del horno y se coloca sobre una rejilla para continuar para que pierda el calor de manera uniforme y sin generar humedad en la base. Este paso permite que la corteza se mantenga crujiente.

Almacenamiento

Una vez que el pan ha enfriado completamente, el almacenamiento adecuado es esencial para prolongar la vida útil del producto y mantener su calidad hasta el momento del consumo.

3.5 CONTROL DE CALIDAD

3.5.1 Materias primas

Harina de arroz y almidón de maíz

Se revisó visualmente el color que se encontró uniforme y sin grumos. En la harina y el almidón no se encontró contaminantes visibles y presentaba un aroma neutro.

Goma xantana

Se mostró uniforme y se disolvió bien en agua y con una buena capacidad adhesiva, mejorando la elasticidad de la masa.

Levadura

Se disolvió una cantidad de 7,5 g en agua a 30°C con azúcar 2,5 g para activar si genera espuma en un tiempo de 15 minutos. El cual fermento correctamente, generando espuma aparentemente adecuada en la prueba inicial, lo que indica que esta activa.

Aceite vegetal de oliva y agua hervida

Se verifico que el aceite no tenga olor rancio, la fecha de vencimiento y que el agua esté limpia y sin impurezas visibles.

Verificación de fechas de vencimiento

Se revisó las materias primas y se verificaron sus fechas de vencimiento. Dado que ningún insumo se encontraba cerca de su caducidad, lo que asegura la frescura y seguridad del producto final.

Tamizado de harinas

Las harinas fueron tamizadas antes de su mezcla para eliminar cualquier impureza o partículas grandes que pudieran afectar la textura del pan.

3.5.2 Productos en proceso

Prueba 1 (0.5 % goma xantana)

Durante la mezcla de ingredientes, la masa resultó más suelta y menos cohesiva en comparación con las otras formulaciones. Aunque la goma xantana ayudó a mejorar ligeramente la elasticidad de la masa, no fue suficiente para mantenerla completamente unida.

En el proceso de fermentación, la masa subió adecuadamente, pero al final no tuvo tanta estabilidad. Se observó cierta dificultad en la manipulación, ya que la masa tendía a ser más quebradiza.

En el amasado y moldeado, se percibió mayor esfuerzo para dar forma sin que se rompiera, especialmente antes de entrar al horno.

Prueba 2 (1.5% goma xantana)

La mezcla fue mucho más estable y homogénea en esta prueba. La goma xantana a 1.5% proporcionó una masa elástica y fácil de trabajar.

El proceso de fermentación fue ideal, duplicando su volumen y obteniendo una estructura más esponjosa.

Al amasar y moldear, la masa es manejable y sin signos de desmoronamiento o pegajosidad excesiva. Se horneó uniformemente.

Prueba 3 (2% goma xantana)

La mezcla fue aún más compacta y firme en comparación con las otras dos pruebas. La goma xantana a 2% generó una masa muy densa.

Durante la fermentación, la masa subió menos que en la Prueba 2, probablemente debido a la mayor densidad, lo que limitó la expansión.

Al amasar y moldear, la masa era firme y fácil de manejar, pero no tenía la ligereza de las otras formulaciones. Al hornearse, su densidad resultó en una menor expansión del volumen.

3.5.3 Producto final

Prueba 1

Textura

El pan final resultó seco y se desmoronaba ligeramente al cortarlo. La falta de suficiente goma xantana hizo que la estructura fuera menos cohesiva y frágil.

Apariencia

El pan tenía un color dorado uniforme, pero la miga era más quebradiza y con menos elasticidad.

Sabor

El sabor fue aceptable, pero se notó que la textura no era agradable al paladar.

Prueba 2

Textura

Este pan presentó una textura óptima, con una buena cohesión y esponjosidad. La goma xantana en esta cantidad fue suficiente para mantener la estructura sin dejar de lado la suavidad.

Apariencia

La apariencia fue la mejor entre las tres pruebas, con una corteza uniforme y una miga bien formada.

Sabor

Destaco su esponjosidad, fácil masticación y buen balance entre firmeza y suavidad.

Prueba 3

Textura

El pan final fue más denso y firme. Aunque no se desmoronaba, la textura era demasiado compacta para ser considerada esponjosa.

Apariencia

El pan tenía un color uniforme, pero su miga era más densa y no se expandió tanto durante el horneado.

Sabor

Debido a que el pan tenía una textura demasiado densa, el sabor no resultó tan agradable a comparación de la prueba 2.

Vida útil

El pan mantuvo su frescura y textura por tres días en condiciones normales de almacenamiento.

Técnica de análisis sensorial

Se llevó a cabo un análisis sensorial de tres formulaciones de pan de arroz (con diferentes proporciones de harina de arroz, almidón de maíz y goma xantana) con 15 catadores no entrenados. Los cuales asignaron una puntuación de acuerdo a una escala de 7 puntos y un valor mínimo de 1, este último indica que la intensidad del atributo analizado es baja y el valor máximo de 7 indica un atributo sensorial alta. Se evaluaron 7 aspectos, color, olor, sabor, textura, apariencia, dureza y adhesividad.

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | Me disgusta mucho |
| 2 | Me disgusta moderadamente |
| 3 | Me disgusta poco |
| 4 | No me gusta ni me disgusta |
| 5 | Me gusta poco |
| 6 | Me gusta moderadamente |
| 7 | Me gusta mucho |

Reclutamiento: la etapa de reclutamiento se realizó entre estudiantes de la facultad de ciencias y tecnología, parientes y amigos.

3.6 PRUEBAS EXPERIMENTALES

La formulación utilizada para la elaboración de pan a base de harina de arroz (HA) y almidón de maíz (AM) se presenta en la Tabla 5

Tabla 5: Ingredientes para la elaboración de pan de arroz

Ingredientes	Porcentaje
Harina de arroz	25-45 %
Almidón de maíz	25-45 %
Agua	15-20 %
Goma xantana	0,5-2 %
Sal	0-0,5 %
Azúcar	1-2 %
Levadura	1-1,5 %
Huevo	5-7%
Aceite	2-3%

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 Tablas, Figuras

Prueba 1

Tabla 6: Ingredientes para la prueba 1 de la elaboración de Pan de Arroz

Insumos	%	Cantidad total en g
Harina de arroz	27,30	200 g
Almidón de maíz	40,96	300 g
Goma xantana	0,34	2,5 g
Agua	19,11	140 g
Huevo	6,82	50 g
Sal	0,34	2,5 g
Levadura	1,02	7,5 g
Aceite	2,73	20 g
Azúcar	1,36	10 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta prueba, el almidón de maíz tiene una mayor proporción que la harina de arroz. El almidón de maíz tiene la capacidad de absorber agua y expandirse durante el horneado, produciendo una textura más suave y esponjosa. La menor cantidad de harina de arroz hizo que la estructura del pan sea menos densa, lo que ocasiona que el pan sea más propenso a destruirse.

Prueba 2

Tabla 7: Ingredientes para la prueba 2 de la elaboración de Pan de Arroz

Insumos	%	Cantidad total en g
Harina de arroz	33,90	250 g
Almidón de maíz	33,90	250 g
Goma xantana	1,02	7,5 g
Agua	18,98	140 g
Huevo	6,77	50 g
Sal	0,34	2,5 g
Levadura	1,02	7,5 g
Aceite	2,71	20 g
Azúcar	1,36	10 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Esta formulación equilibra la harina de arroz y el almidón de maíz, lo que haría que la textura del pan será más balanceada. El almidón de maíz ayuda a aligerar la miga, mientras que la harina de arroz proporciona estructura. Lo que permite que el pan tenga una miga más suave y menos densa que en la primera prueba, obteniendo una estructura más estable.

Prueba 3

Tabla 8: Ingredientes para la prueba 3 de la elaboración de Pan de Arroz

Insumos	%	Cantidad total del peso en g
Harina de arroz	40,54	300 g
Almidón de maíz	27,03	200 g
Goma xantana	1,35	10 g
Agua	18,42	140 g
Huevo	6,76	50 g
Sal	0,34	2,5 g
Levadura	1,01	7,5 g
Aceite	2,70	20 g
Azúcar	1,35	10 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta formulación, el alto contenido de harina de arroz proporciona mayor rigidez y densidad a la masa. La harina de arroz tiene menos capacidad para retener aire en comparación con el almidón de maíz, lo que da como resultado una miga más compacta y un pan más pesado. El almidón de maíz actúa como un suavizante, pero en menor proporción. Esta combinación puede generar un pan con buena estructura, pero menos seco.

Análisis sensorial

Tabla 9: Puntuación tabulada del análisis sensorial del 1 al 7

N° de Muestras	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Dureza	Adhesivo
Muestra 1	4,8	4,4	5,4	4,1	4,8	3,9	3,7
Muestra 2	6,3	6,3	6,2	6,4	6,2	6,5	6,3
Muestra 3	5,2	3,9	4	4,5	5,3	4,7	5,7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La muestra 2 fue la más aceptada y en puntuación del rango de 1 al 7, la menor puntuación fue 6,2 en la apariencia.

La muestra 1 es la que menos fue agradable de las 3 muestras, la dureza fue la característica que menos gusto.

Balance de materia

Tabla 10: Balance de materia de las tres pruebas

Insumos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Harina de arroz	200 g	250 g	300 g
Almidón de maíz	300 g	250 g	200 g
Goma xantana	2,5 g	7,5 g	10 g
Agua	140 g	140 g	140 g
Huevo	50 g	50 g	50 g
Sal	2,5 g	2,5 g	2,5 g
Levadura	7,5 g	7,5 g	7,5 g
Aceite	20 g	20 g	20 g
Azúcar	10 g	10 g	10 g

Fuente: Elaboración propia

Total de entradas:

- **Prueba 1** : 732,5 g
- **Prueba 2** : 737,5 g
- **Prueba 3** : 740 g

3.6.2 Cálculos

La ecuación del balance de materia es:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Perdidas}$$

Como conocemos la entrada y la salida de las tres pruebas, se puede despejar las pérdidas:

$$\mathbf{Perdidas = Entrada - Salida}$$

Prueba 1

$$\mathbf{Entrada = 732,5}$$

$$\mathbf{Salida = 704,55}$$

$$\begin{aligned} \mathit{Perdidas} &= 732,5 - 704,55 \\ &= 27,95 \text{ g} \end{aligned}$$

El balance de materia nos indica que del total de ingredientes utilizados (732,5 g), 27,95 g se perdieron durante el proceso (evaporación de agua, restos adheridos al molde y utensilios), y el producto final pesa 704,55 g.

Prueba 2

$$\mathbf{Entrada = 737,5}$$

$$\mathbf{Salida = 709}$$

$$\begin{aligned} \mathit{Perdidas} &= 737,5 - 709 \\ &= 28,5 \text{ g} \end{aligned}$$

El balance de materia nos indica que del total de ingredientes utilizados (737,5 g), 28,5 g se perdieron durante el proceso (evaporación de agua, restos adheridos al molde y utensilios), y el producto final pesa 709 g.

Prueba 3

$$\mathbf{Entrada = 740}$$

$$\mathbf{Salida = 711,9}$$

$$\begin{aligned} \mathit{Perdidas} &= 740 - 711,9 \\ &= 28,1 \text{ g} \end{aligned}$$

Interpretación:

El balance de materia nos indica que del total de ingredientes utilizados (740 g), 28,1 se perdieron durante el proceso (evaporación de agua, restos adheridos al molde y utensilios), y el producto final pesa 711,9 g.

Porcentaje de Rendimiento de las 3 pruebas

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} \right) \times 100$$

Prueba 1

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{704,55}{732,5} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 96,18 \%$$

Prueba 2

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{709}{737,5} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 96,13 \%$$

Prueba 3

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{711,9}{740} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 96,20 \%$$

3.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Tabla 11: Resultados de las tres pruebas

Insumos	Prueba 1 (%)	Prueba 1 (g)	Prueba 2 (%)	Prueba 2 (g)	Prueba 3 (%)	Prueba 3 (g)
Harina de arroz	27,30	200 g	33,90	250 g	40,54	300 g
Almidón de maíz	40,96	300 g	33,90	250 g	27,03	200 g
Goma xantana	0,34	2,5 g	1,02	7,5 g	1,35	10 g
Agua	19,11	140 g	18,98	140 g	18,42	140 g
Huevo	6,82	50 g	6,77	50 g	6,76	50 g
Sal	0,34	2,5 g	0,34	2,5 g	0,34	2,5 g
Levadura	1,02	7,5 g	1,02	7,5 g	1,01	7,5 g
Aceite	2,73	20 g	2,71	20 g	2,70	20 g
Azúcar	1,36	10 g	1,36	10 g	1,35	10 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

- **Prueba 1**, se aumenta la cantidad de almidón de maíz (300 g), lo que dio como resultado una textura seca y menos cohesiva y con menos sabor a arroz.
- **Prueba 2**, ambas harinas están en cantidades iguales (250 g), lo que permite un equilibrio entre la textura suave del almidón y la estructura de la harina de arroz.
- **Prueba 3**, la formulación tiene un mayor contenido de harina de arroz (300 g) en comparación con el almidón de maíz (200 g), lo que podría resultar en una textura más compacta y un sabor más marcado a arroz.

Tabla 12: Resultado general del balance de la materia

Proceso	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Entradas totales	732,5 g	737,5	740
Perdidas	27,95 g	28,5 g	28,1 g
Producto final	704,55 g	709 g	711,9 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

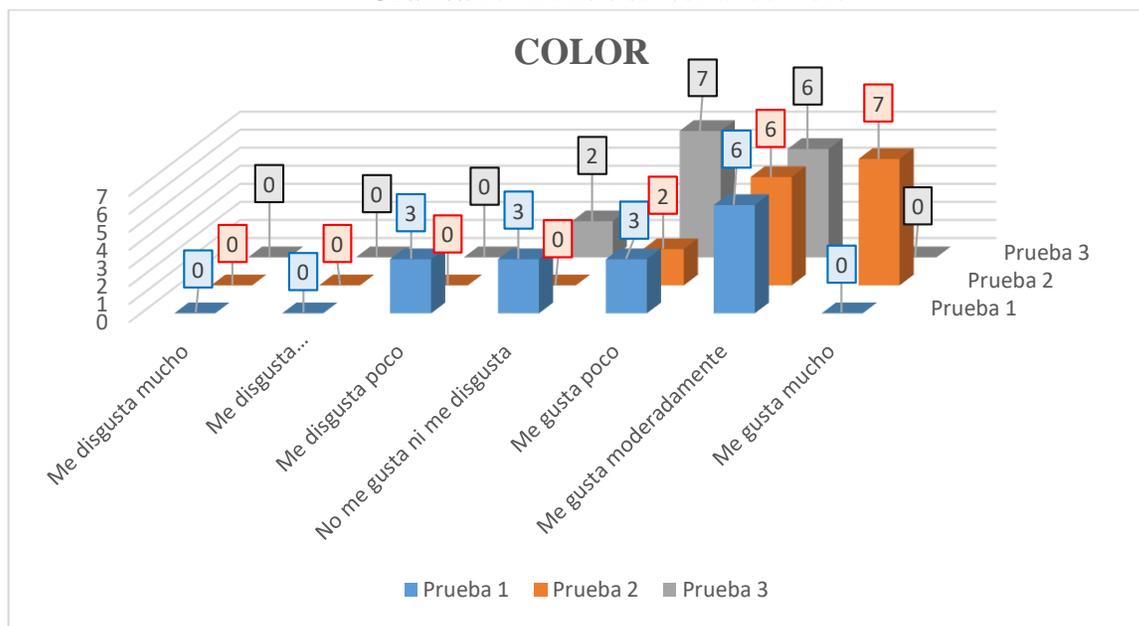
En las tres pruebas, las pérdidas totales debidas a la evaporación de agua y manipulación fueron similares.

La prueba 2, con cantidades iguales de harina de arroz y almidón de maíz, lo cual podría estar relacionado con una buena cohesión de la masa.

3.7.1 Análisis sensorial

Análisis sensorial del color

Grafica 1: Análisis sensorial del color



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

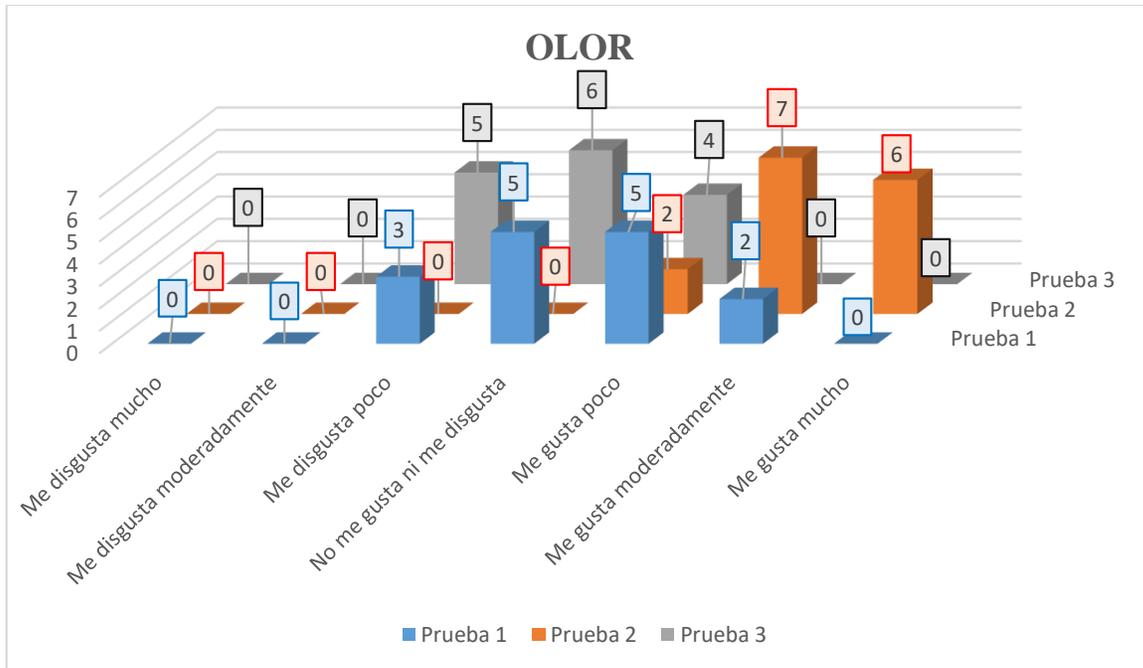
Prueba 1: La mayoría de los evaluadores asignaron puntuaciones moderadas, con un 50% de respuestas que no mostraron preferencia (ni me gusta ni me disgusta). Un número pequeño (3) de evaluadores expresó una ligera preferencia, lo que indica que el color no fue especialmente apreciado en esta prueba.

Prueba 2: La mayoría de los evaluadores (6) calificaron el color como "me gusta moderadamente", lo que demuestra una clara preferencia por el color en esta formulación.

Prueba 3: El color fue bien recibido, con 7 evaluadores que lo calificaron como "me gusta poco". Sin embargo, no obtuvo puntuaciones tan altas como la Prueba 2.

Análisis sensorial del olor

Grafica 2: Análisis sensorial del olor



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

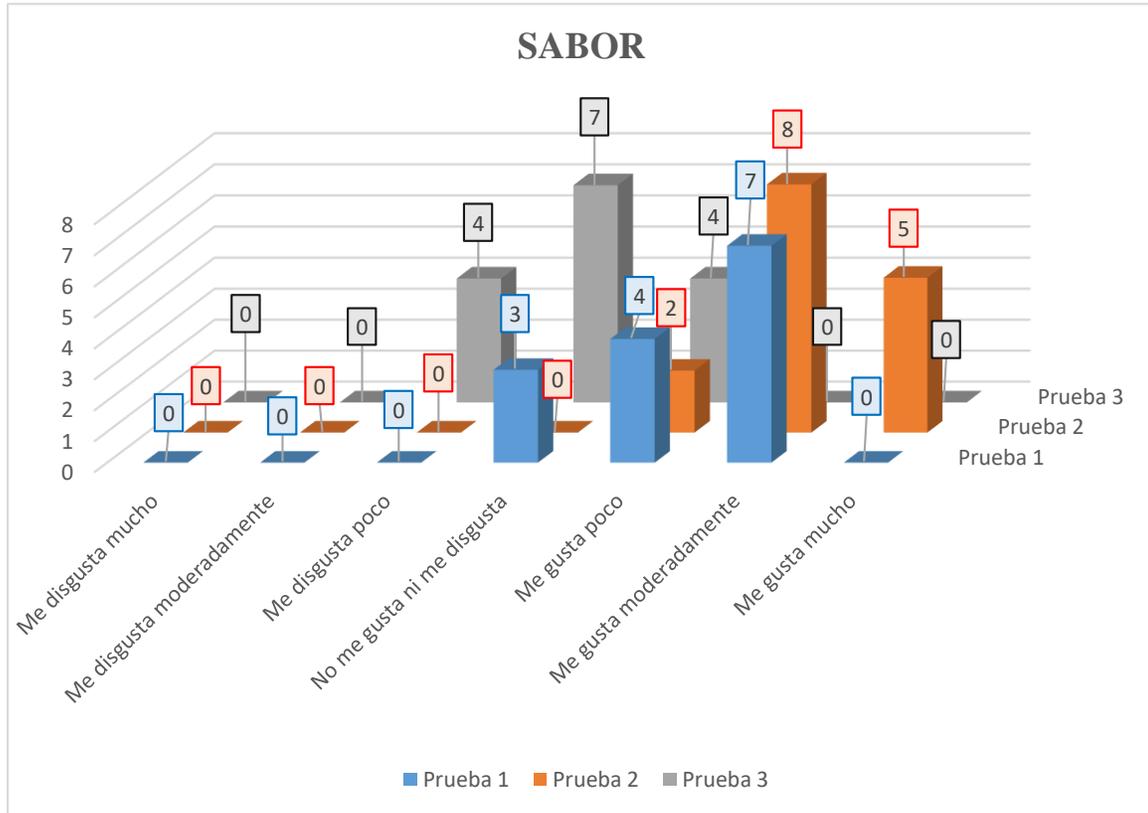
Prueba 1: La mayoría de los evaluadores se mantuvo en una opinión neutral o ligeramente positiva sobre el olor (ni me gusta ni me disgusta).

Prueba 2: Esta prueba recibió las mejores calificaciones en cuanto al olor, con 7 personas calificándolo como "me gusta moderadamente", lo que indica una fuerte preferencia por esta característica.

Prueba 3: El olor no fue tan bien recibido, con varios evaluadores calificando con "me disgusta poco" o "ni me gusta ni me disgusta".

Análisis sensorial del sabor

Grafica 3: Análisis sensorial del sabor



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

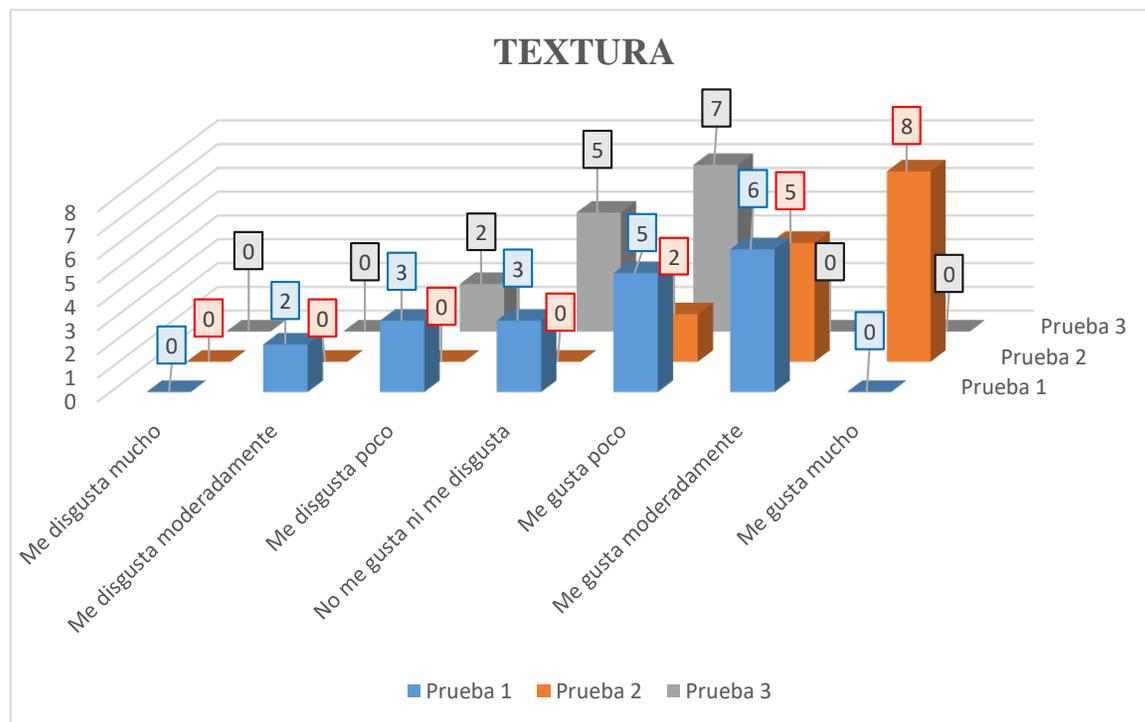
Prueba 1: El sabor fue medianamente aceptado, con la mayoría de los evaluadores indicando que les gusta "moderadamente", lo que refleja una respuesta positiva, aunque no sobresaliente.

Prueba 2: Fue la prueba mejor valorada en cuanto a sabor, con 8 evaluadores que lo calificaron como "me gusta moderadamente", lo que sugiere un buen balance de sabores.

Prueba 3: El sabor en esta prueba no fue tan bien recibido, con respuestas neutrales o negativas, donde varios evaluadores indicaron que "no les gusta ni les disgusta" o "me disgusta poco".

Análisis sensorial de la textura

Grafica 4: Análisis sensorial del textura



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

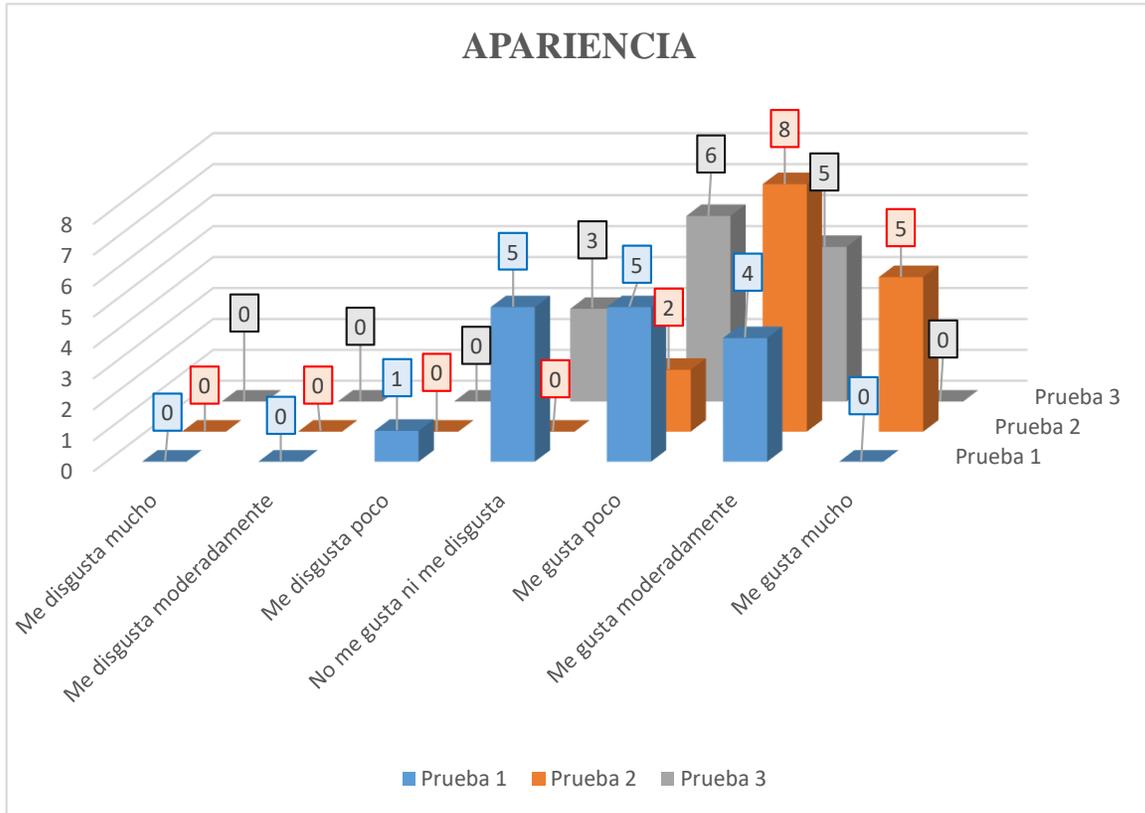
Prueba 1: La textura fue valorada de manera mixta, con respuestas que oscilan entre "me disgusta moderadamente" y "me gusta moderadamente", lo que refleja una falta de aprobación en su totalidad.

Prueba 2: La textura fue muy apreciada, con 8 evaluadores que la calificaron como "me gusta mucho", lo que refleja una excelente aceptación en esta prueba.

Prueba 3: Aunque la textura fue aceptable para algunos evaluadores, hubo varias respuestas neutrales o ligeramente negativas.

Análisis sensorial de la apariencia

Grafica 5: Análisis sensorial del apariencia



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

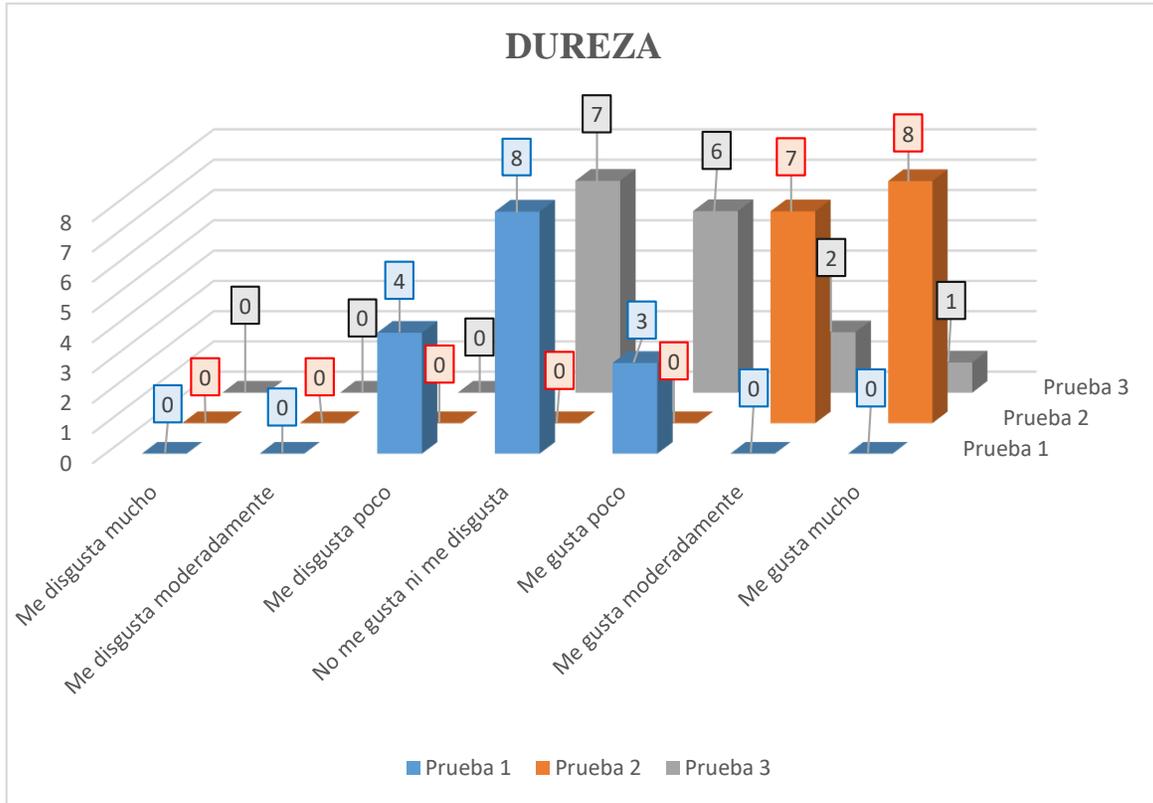
Prueba 1: La apariencia fue evaluada de manera mixta, con la mayoría de los evaluadores en el rango de "ni me gusta ni me disgusta" o "me gusta poco".

Prueba 2: La apariencia fue altamente valorada, con la mayoría de las calificaciones en "me gusta moderadamente" y "me gusta mucho", lo que sugiere que esta formulación fue la más atractiva visualmente.

Prueba 3: Aunque fue aceptable, la apariencia no fue tan bien recibida como en la Prueba 2.

Análisis sensorial de dureza

Grafica 6: Análisis sensorial del dureza



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

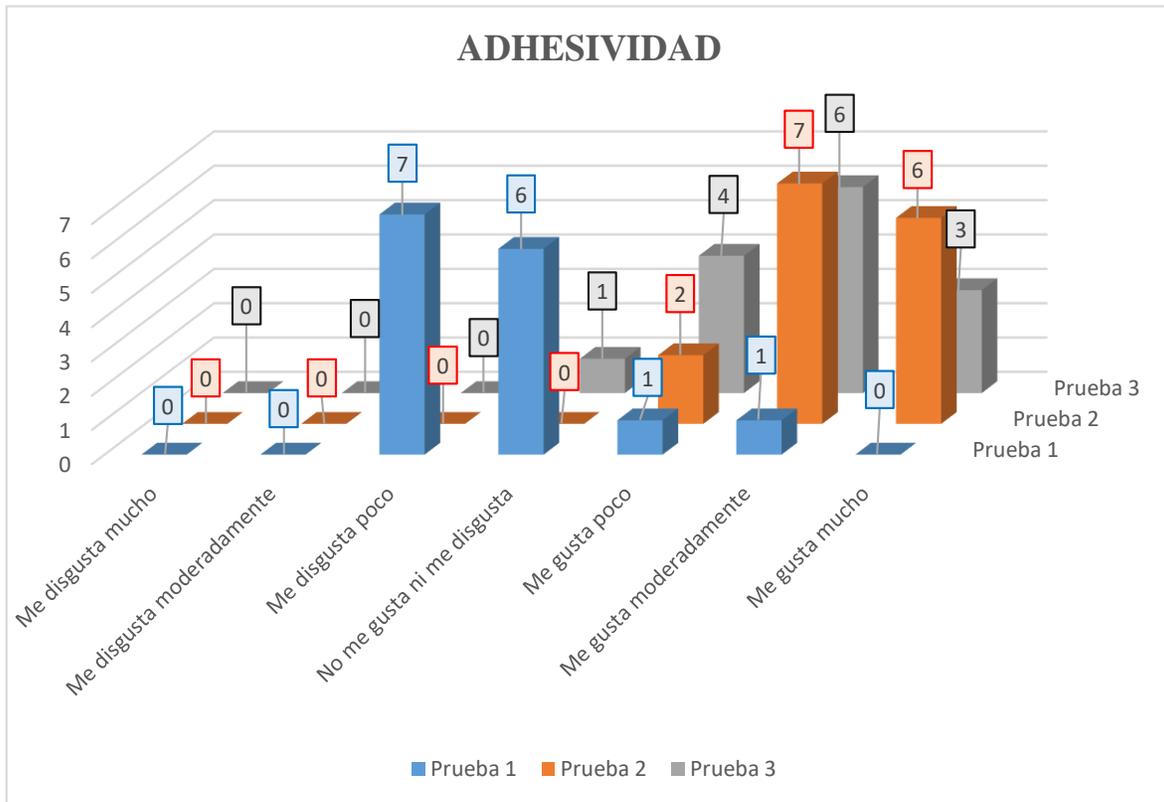
Prueba 1: La dureza fue un factor problemático, con muchos evaluadores calificándola como "me disgusta poco" o "ni me gusta ni me disgusta", lo que indica que la textura era más dura de lo deseado.

Prueba 2: La dureza fue mejor valorada, con la mayoría de los evaluadores en "me gusta moderadamente" o "me gusta mucho".

Prueba 3: Aunque fue aceptable para algunos, la dureza fue percibida como un problema, ya que varias personas calificaron la prueba como "ni me gusta ni me disgusta".

Análisis sensorial de adhesividad

Grafica 7: Análisis sensorial del adhesividad



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Prueba 1: La adhesividad fue valorada de manera negativa, con una mayoría que calificó como "me disgusta poco" o "ni me gusta ni me disgusta".

Prueba 2: Fue la mejor recibida en términos de adhesividad, con la mayoría de los evaluadores en "me gusta moderadamente" o "me gusta mucho", lo que sugiere una buena consistencia.

Prueba 3: Aunque no fue tan bien valorada como la Prueba 2, la adhesividad fue aceptada por la mayoría de los evaluadores, con respuestas que se concentraron en "me gusta poco" o "me gusta moderadamente".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El pan elaborado con harina de arroz y almidón de maíz es una alternativa viable para obtener un producto con buena textura y cohesión. La combinación de estos ingredientes, junto con la goma xantana, permite mejorar la estructura del pan. Pero varía de acuerdo a la formulación, la prueba 2 es la que resultó un producto con buena textura y cohesión.

La harina de arroz al no tener gluten, dificulta la elasticidad y cohesión del pan, lo que requiere el uso de estabilizantes como la goma xantana. Su menor capacidad de absorción de agua puede hacer el pan más seco, por lo que es importante obtener una adecuada formulación. Como también aporta una miga más densa y un sabor neutro.

La evaluación sensorial del pan de arroz mostró que la formulación con un equilibrio adecuado entre harina de arroz, almidón de maíz y goma xantana resultó con una buena aceptación por parte de los evaluadores. Los atributos de textura, sabor y apariencia fueron parámetros importantes en la percepción positiva. Las variaciones en la proporción de goma xantana y almidón afectaron la cohesión y la esponjosidad del pan. En general, el pan con mayor proporción de almidón y goma xantana ofreció mejores resultados sensoriales, destacando por su suavidad y estructura.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos
- Evaluar la vida útil del producto mediante pruebas de estabilidad y almacenamiento controlado

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gil, P. (2020). Qué es el pan, tipos y propiedades. *Dra. Paloma Gil*, <https://palomagil.com/que-es-el-pan-propiedades/>.
- Marancenbaum, D. E., & Chávez, I. M. (2015). Harina de pan de arroz instantáneo. *Revista Tecnociencia Universitaria Bolivia*, http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1991-64692015000100007&lng=en&nrm=iso.
- RAMÍREZ CRESPO, L. M., CORTÉS RODRÍGUEZ, M., & MICANGUER CARLOSAMA, A. (2022). El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612022000100221&script=sci_arttext.
- Alberco Laymito , C. (2023). *Elaboración de pan sin gluten utilizando harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), arroz (Oryza sativa) y almidón de maíz (Zea mays)*.
- Alberco Laymito, C. I. (2023). *Elaboración de pan sin gluten utilizando harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), arroz (Oryza sativa) y almidón de maíz (Zea mays)*. Lima- Perú.
- Baudoin Farah, A., Albarracín, J., Ruesgas, G., & Bishelly, E. (2014). *LAS EMPRESAS PÚBLICAS DE ALIMENTOS El rol de EMAPA en la producción y provisión de alimentos en Bolivia: estudio de los casos del trigo y del arroz*. La Paz.
- Celiaquía, F. E. (2022). *Enfermedad Celíaca*. Obtenido de <https://celiacos.org/>
- CHAFLA CANDO, W. (2022). *Caracterización de la harina de arroz (Oryza sativa) para su utilización en la industria de la panificación*.
- DE LA CRUZ PORTA, E., & PUCHOC ULLOA, K. (2014). *Caracterización reológica de la compota a base de pulpa de zapallo macre (cucurbita maxima duchesne) a diferentes concentraciones de goma xantana*.
- ECOagricultor. (2020). *Almidón de maíz: ¿Qué es y para qué sirve?* Obtenido de ECOagricultor. (s.f.): <https://www.ecoagricultor.com/almidon-maiz-que-es-para-que-sirve-beneficios-como-usarlo-harina/>
- FEM Fundación Española de la Nutrición. (s.f.). Pan Blanco. *MercadoAlimentosFEM*.
- Fernández , L., & García, P. (2020). Innovaciones en la Panificación sin Gluten: Nuevas Formulaciones y Mercados Emergentes. *Tecnología y Ciencia de los Alimentos*.
- Gallardo , M. (2019). Elaboración de Productos sin Gluten: Harina de Arroz como Ingrediente Principal. *Revista de Tecnología de Alimentos*.
- Jou Nuevo, C., & Guarachi Palomeque , J. (2020). *Elaboración y comercialización de harina de arroz en el Municipio de San Buenaventura*. La Paz.

- López , & Jiménez. (2020). Evaluación Sensorial de Panes sin Gluten: Métodos y Aplicaciones. Ciencia y Tecnología Alimentaria.
- Macdalyna , E. R., & Mamat , H. (2023). Composiciones aproximadas, textura y perfiles sensoriales del pan de arroz Bario sin gluten suplementado con almidón de patata. *Avances en la Calidad de la Cadena de Suministro de Alimentos para Productos de Panificación*, <https://doi.org/10.3390/foods12061172>.
- Mesas , J., & Alegre, M. (2002). *El pan y su proceso de elaboración: Ciencia y Tecnología Alimentaria*. España.
- Nunes, M. H., Moore, M. M., Ryan, L. A., & Arendt, E. K. (2020). Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *European Food Research and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2453-z>.
- REQUE, J. (2007). *Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación*. Lima.
- Rodríguez , & Rubio. (2021). Optimización de Formulaciones en la Panificación sin Gluten. pág. Tecnología Alimentaria.
- Zannini, E., Jones, J. M., Renzetti, S., & Arendt, E. K. (2019). Functional replacements for gluten. *Annual Review of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022518-061811>.

ANEXOS

Anexo 1

Materia Prima

Figura 6: Harina de arroz



Fuente: Elaboración propia

figura 7: Información nutricional de la Harina de arroz

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Nutrientes	Unidades	Cantidad por 100 g
Valor energético	kcal	376,63
Proteína	g	7,98
H. Carbono	g	85,56
Fibra	g	1,96
Grasa total	g	0,97
Calcio	mg	7,71
Hierro	mg	1,41
Fósforo	mg	52,0

(*) Valores Diarios en base a una dieta de 2000 kcal u 8400 KJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas. Valores de referencia según FAO.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Almidón de maíz



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Información nutricional del almidón de maíz

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño de porción:	7.5 g	
Tamaño por porción preparada (con 250 cm ³ de leche, sin azúcar):	250 cm ³	
Porciones por envase:	12	
	Cantidad por porción preparada	%VDR * / Porción preparada
Energía/Calorías (kcal)	160	8
Grasa total (g)	5	10
Colesterol (mg)	35	12
Sodio (mg)	120	5
Carbohidratos (g)	17	6
Fibra dietaria (g)	Menos de 1	12
Proteínas (g)	9	5

* El porcentaje en relación al valor Diario de Referencia está basado en una dieta de 2 000 calorías.

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Goma Xantana



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Amasado

Figura 11: Mezclado de ingredientes



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Amasado



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Moldeado

Figura 13: Moldeado de la masa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Horneado

Figura 14: Horneado



Fuente: Elaboración propia