

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA**
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de
pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.), α amilasa y lactosuero, en las
características tecnológicas y sensoriales de pan de molde**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

Presentado por:

Bach. Joseph Christian Contreras Huaman

Asesor:

Dr. Juan Carlos Ponce Ramirez

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

Con inmensa gratitud, cariño y amor a la memoria de mi padre Máximo y a mi madre Francisca por apoyarme y guiarme en cada etapa de mi vida. Gracias por tu incondicional apoyo, confianza y sacrificio para entregarme la mejor educación y así enfrentar la vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en especial a la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por mi formación Profesional.

A los señores docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por compartir sus experiencias durante mi formación profesional con el cual he alcanzado mis objetivos.

A mi asesor de tesis Dr. Juan Carlos Ponce Ramírez, por el aporte de conocimientos, por sus consejos y sugerencias durante todo el desarrollo del trabajo de investigación.

A todas las personas que intervinieron directa o indirectamente y estuvieron a mi lado, profesores, compañeros y demás personas que conforman nuestra Universidad, quienes siempre me han brindado el apoyo y la confianza para conseguir este logro tan importante en la vida de las personas, como es la culminación de la carrera universitaria.

RESUMEN

En la investigación se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde. Para tal fin se recolectó frutos de pan de árbol de la localidad de Kimbiri, perteneciente al VRAEM.

Los frutos de pan de árbol se caracterizaron con un peso 924,45 g, longitud 14,85 cm, diámetro 11,44 cm y 43 semillas por fruto; la composición químico proximal de las semillas de pan de árbol arrojo agua 54,22 g, carbohidratos 25,50 g, proteínas 11,65 g, grasa 4,80 g, acidez titulable 0,92 mg de ácido cítrico/100 ml, pH 6,18 y sólidos solubles 45,26%, resaltando un alto contenido de carbohidratos y proteínas.

En la obtención de la harina a partir de las semillas de pan de árbol se realizó a 60°C por 80 minutos, con un rendimiento de 15,86%. En la elaboración de pan de molde se utilizó un diseño factorial de 3x2x2, donde se evaluó sus características tecnológicas de la masa panaria, existiendo diferencias significativas en el ANVA y en la prueba de ordenamiento Tuckey resultó el mejor el tratamiento T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) con 23 puntos en el análisis reológico, 2,80 ml/g de volumen específico y 295,36 dm²/kgf.s de textura, generando efecto positivo la alfa amilasa en la textura.

En el análisis sensorial se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), así como la prueba de Tukey, con 18 panelistas semi entrenados que evaluaron los atributos de sabor, olor y color. Resultando el mejor tratamiento el T2 (5% HPA, 20%L, 0,03% AA) en comparación con el testigo (T0), concluyendo que a mayor porcentaje de sustitución mayor efecto negativo en el sabor, mayor porcentaje de lactosuero mayor efecto positivo en el olor y a mayor porcentaje de alfa amilasa mayor efecto positivo en el color del pan de molde.

Palabras claves: Pan de árbol, lactosuero, alfa amilasa.

ABSTRACT

In the investigation, the effect of the partial substitution of wheat flour by tree bread flour, alpha amylase and whey, on the technological and sensory characteristics of sliced bread was evaluated. For this purpose, breadfruit was collected from the Kimbiri locality, belonging to the VRAEM.

The fruits of tree bread were characterized with a weight of 924,45 g, length 14,85 cm, diameter 11,44 cm and 43 seeds per fruit; The proximal chemical composition of the seeds of bread tree yielded water 54,22 g, carbohydrates 25,50 g, proteins 11,65 g, fat 4,80 g, titratable acidity 0,92 mg of citric acid/100 ml, pH 6,18 and soluble solids 45,26%, highlighting a high content of carbohydrates and proteins.

In obtaining the flour from the seeds of tree bread, it was carried out at 60°C for 80 minutes, with a yield of 15,86%. In the preparation of sliced bread, a 3x2x2 factorial design was used, where its technological characteristics of the bread dough were evaluated, with significant differences in the ANVA and in the Tuckey ordering test, the T2 treatment was the best (5% HPA, 20%L, 0,03% AA) with 23 points in the rheological analysis, 2,80 ml/g of specific volume and 295,36 dm²/kgf.s of texture, generating a positive effect of alpha amylase on the texture.

In the sensory analysis, the Completely Random Block Design (DBCA) was used, as well as the Tukey test, with 18 semi-trained panelists who evaluated the attributes of taste, smell and color. Resulting in the best treatment T2 (5% HPA, 20% L, 0,03% AA) compared to the control (TO), concluding that the higher the percentage of substitution, the greater the negative effect on flavor, the greater percentage of whey, the greater the positive effect on the smell and the higher the percentage of alpha amylase, the greater the positive effect on the color of the sliced bread.

Keywords: Tree bread, whey, alpha amylase.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema y justificación	2
1.2. Problema de la investigación	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Pan de árbol	7
2.2.1. Clasificación taxonómica	8
2.2.2. Composición química y valor nutricional	9
2.2.3. Constituyentes fitoquímicos	10
2.2.4. Usos	11
2.3. Pan	12
2.3.1. Tipos de pan	13
2.3.2. Sistemas de elaboración de pan	14
2.3.3. Fermentación en la elaboración del pan	15
2.4. Pan de molde	17
2.4.1. Proceso de elaboración del pan de molde	17
2.5. Mejoradores empleados en panificación	21
2.5.1. Enzimas como mejoradores del pan	21
2.6. Lactosuero	25
2.6.1. Características del lactosuero	25
2.6.2. Aplicaciones del lactosuero	27
2.7. Atributos de la calidad del pan	28

2.7.1.	Calidad reológica – análisis MIXOLAB	28
2.7.2.	Calidad sensorial	31
2.7.3.	Calidad microbiológica.....	32
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		36
3.1.	Lugar de ejecución	36
3.2.	Materia prima e insumos	36
3.3.	Diseño metodológico.....	38
3.3.1.	Tipo de investigación	38
3.3.2.	Nivel de investigación	38
3.3.3.	Variables e indicadores	38
3.3.4.	Diseño experimental.....	39
3.3.5.	Caracterización del fruto del pan de árbol	40
3.3.6.	Proceso de obtención de harina de pan de árbol	41
3.3.7.	Determinación de las variables en la elaboración del pan de molde	44
3.3.8.	Evaluación de las características tecnológicas	47
3.3.9.	Evaluación de las características sensoriales	49
3.3.10.	Análisis microbiológico.....	49
3.4.	Diseño estadístico	50
3.5.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	51
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		52
4.1.	Caracterización del fruto del pan de árbol	52
4.1.1.	Características biométricas.....	52
4.1.2.	Composición químico proximal.....	54
4.1.3.	Caracterización físico química.....	55
4.2.	Obtención de la harina a partir de las semillas de pan de árbol	56
4.3.	Determinación de las variables en estudio	58
4.3.1.	Análisis reológicos – MIXOLAB.....	58
4.3.2.	Volumen específico	66
4.3.3.	Textura.....	70
4.3.4.	Análisis sensorial.....	74
4.3.5.	Análisis microbiológicos.....	81
CONCLUSIONES		83
RECOMENDACIONES.....		85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de semillas frescas de pan de árbol (<i>Artocarpus altilis</i>).	9
Tabla 2 Tipos de pan común.	13
Tabla 3 Tipos de pan especial.	14
Tabla 4 Efectos de las enzimas en panificación.	22
Tabla 5 Composición de lactosuero dulce y ácido.	26
Tabla 6 Aminoácidos esenciales presentes en el lactosuero.	27
Tabla 7 Valores de referencia para MIXOLAB STANDAR.	31
Tabla 8 Criterios físico químico del pan de molde.	33
Tabla 9 Criterios microbiológicos para productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, pan especial).	33
Tabla 10 Aditivos y su dosis máxima de uso en panificación.	34
Tabla 11 Características biométricas del fruto de pan de árbol.	52
Tabla 12 Características de las semillas de pan de árbol.	53
Tabla 13 Composición Químico proximal de la semilla frescas de pan de árbol (g/ 100 g, b.h).	54
Tabla 14 Propiedades fisicoquímica de la semilla del pan	55
Tabla 15 Rendimientos en la obtención de harina de pan de árbol.	57
Tabla 16 Resultados de tiempo y fuerza de MIXOLAB standard.	58
Tabla 17 Diferencia entre valores C método MIXOLAB.	63
Tabla 18 ANVA para la variable análisis reológico (puntos) del pan de molde.	64
Tabla 19 Comparación de medias de tuckey (análisis reológico).	65
Tabla 20 Resultados de volumen específico (ml/g) en el pan molde.	66
Tabla 21 ANVA para la variable volumen específico (ml/g) del pan de molde.	68
Tabla 22 Comparación de medias de tuckey (Volumen específico).	69
Tabla 23 Textura (dm ² /kgf.s) de los tratamientos de harina de pan de árbol, lactosuero y α -amilasa.	70
Tabla 24 ANVA para la variable textura (dm ² /kgf.s) del pan de molde.	72
Tabla 25 Comparación de medias de tuckey (textura).	73
Tabla 26 Evaluación sensorial del sabor, olor y color del pan de molde.	74
Tabla 27 Análisis de varianza del atributo sabor.	75
Tabla 28 Comparación de medias de tuckey atributo sabor.	76
Tabla 29 Análisis de varianza del atributo olor.	77
Tabla 30 Comparación de medias de tuckey atributo olor.	78
Tabla 31 Análisis de varianza del atributo color.	79
Tabla 32 Comparación de medias de tuckey atributo color.	80
Tabla 33 Análisis químico proximal del mejor tratamiento del estudio.	81
Tabla 34 Análisis microbiológico – muestra pan de molde con harina de pan de árbol.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aspecto exterior de la fruta de pan.	7
Figura 2 Semillas del árbol del pan.	8
Figura 3 Estructuras de algunos compuestos aislados del <i>Artocarpus altilis</i> .	11
Figura 4 Pan de molde	17
Figura 5 Hidrólisis de una cadena de polímeros mediante α -amilasa.	24
Figura 6 Curva Mixolab estándar para panificación.	29
Figura 7 Diseño experimental para los parámetros en estudio del pan de molde.	40
Figura 8 Flujograma de elaboración de harina de pan de árbol.	42
Figura 9 Proceso de elaboración de pan de molde con harina de pan de árbol, α -amilasa y lactosuero.	45
Figura 10 Curva del tiempo de proceso de deshidratación de la fruta de pan a 60°C.	56
Figura 11 Análisis de desarrollo de las masas (C1)	59
Figura 12 Análisis de debilitamiento de las proteínas (C2)	60
Figura 13 Análisis de gelatinización del almidón (C3).	61
Figura 14 Análisis de actividad amilásica (C4)	61
Figura 15 Análisis de retro degradación del almidón (C5)	62
Figura 16 Diferencia entre valores C del método MIXOLAB .	63
Figura 17 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en el pan de molde.	65
Figura 18 Volumen específico del pan de molde según tratamientos.	67
Figura 19 Diagrama de Pareto de los efectos de los tratamientos al volumen específico.	68
Figura 20 Textura del pan de molde según tratamientos.	71
Figura 21 Diagrama de Pareto de los efectos de los tratamientos en la textura.	72
Figura 22 Variación de la puntuación del atributo sabor en los panes de molde.	75
Figura 23 Variación de la puntuación del atributo olor en los panes de molde.	77
Figura 24 Variación de la puntuación del atributo color en los panes de molde.	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Acción de los emulgentes en masas panarias.	93
Anexo 2	Fruto y semillas del pan de árbol.	94
Anexo 3	Harina de semillas de pan de árbol.	95
Anexo 4	Proceso de elaboración del pan de molde 1.	96
Anexo 5	Proceso de elaboración del pan de molde 2	97
Anexo 6	Fotos de los productos obtenidos en el estudio.	98
Anexo 7	Pan de molde tratamientos en estudio.	99
Anexo 8	Resultados de la variable respuesta Volumen específico (ml/g).	100
Anexo 9	Resultados de la variable respuesta Textura (dm ² /kgf.s).	101
Anexo 10	Medias de los tratamientos para el estudio de volumen específico.	102
Anexo 11	Gráfico de intervalos de los tratamientos de volumen específico.	102
Anexo 12	Medias de los tratamientos para el estudio de textura.	103
Anexo 13	Gráfico de intervalos de los tratamientos de textura.	103
Anexo 14	Formato de evaluación sensorial.	104
Anexo 15	Determinación de acidez total (AOAC, 942.15, 2000)	105
Anexo 16	Cinética del secado de las semillas de pan de árbol.	106
Anexo 17	Formulaciones de los tratamientos en estudio.	107
Anexo 18	Resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor.	108
Anexo 19	Resultados de la evaluación sensorial del atributo olor.	109
Anexo 20	Resultados de la evaluación sensorial del atributo color.	110
Anexo 21	Protocolo de análisis reológico Mixolab.	111

INTRODUCCIÓN

El pan de molde es un alimento de consumo que se puede preparar según diferentes formulaciones, dando lugar a variedades como: pan integral de molde y pan de molde casero, siendo consumido generalmente por personas que desempeñan actividades laborales, siendo requerido por la poca disponibilidad de tiempo de estas personas.

Actualmente los precios de los diversos tipos de panes se han venido incrementando afectando a los bolsillos de las amas de casa, principalmente el pan de molde por lo que es necesario buscar nuevas materias primas que sustituyan a la harina de trigo manteniendo las características tecnológicas y sensoriales en los diversos tipos de panes.

Un buen sustituto tiene muchas ventajas; desde el punto de vista nutricional, aumenta el contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, fibras u otros nutrientes importantes para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Sin embargo, es importante encontrar la proporción adecuada para lograr buenos parámetros de calidad técnica y variables de proceso, para producir productos que satisfagan a los consumidores organolépticamente y nutricionalmente” (Vasquez, y otros, 2017).

En tal sentido el pan de árbol conocido como pandisho, es un fruto que se utiliza en los pueblos indígenas como alimento y que tiene múltiples propiedades funcionales, sin embargo no tiene un valor agregado en nuestra región, por lo que representa una alternativa de poder utilizarlo en el remplazo de la harina de trigo, así mismo se puede emplear tecnologías como la adición de enzimas, aditivos y mejoradores de la masa, con lo cual se puede lograr un mejoramiento de la textura, volumen y color de la corteza del pan.

El presente estudio tratará de aprovechar el lactosuero procedente de Allpachaka y la α -amilasa, las cuales se añadirán en las masas a diferentes concentraciones, posteriormente se procederá a analizar un perfil de textura y valor nutritivo en el producto final. De esta manera se mejorará la textura y calidad nutricional del pan, el cual es un producto de fácil acceso que mejoraría la deficiencia nutricional en la población de bajos recursos económicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema y justificación

El empleo de harinas compuestas en panificación se ha incrementado, especialmente por la convulsión global y en países con dificultades en la disponibilidad de trigo, siendo necesario utilizar granos producidas localmente para obtener harinas y emplearlas en panificación.

Sin embargo, la sustitución puede generar efectos positivos y negativos en las peculiaridades técnicas y sensoriales de los derivados de panificación, basados en el siguiente fundamento:

Una buena sustitución tiene muchas ventajas; desde el punto de vista nutricional, aumenta el contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, fibras u otros nutrientes importantes para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Sin embargo, es importante encontrar las condiciones adecuadas para lograr buenos parámetros de calidad técnica, así como variables de proceso para que el consumidor pueda obtener un producto satisfactorio organolépticamente y nutricionalmente” (Vasquez, y otros, 2017).

Asimismo, la región de Cusco cuenta con recursos naturales como el Pan de Árbol que actualmente no se le ha dado un valor agregado a pesar de sus buenas características tecnológicas que presenta; asimismo se cuenta con disponibilidad de lactosuero en la localidad de Allpachaka el cual no es aprovechado como insumo para la mejora de la

calidad nutricional en derivados de la panificación, por lo que ante las dificultades tecnológicas y sensoriales en la sustitución de la harina de trigo, la investigación pretender emplear la harina de pan de árbol, así como la enzima α -amilasa como un mejorador natural del volumen y textura del pan con una miga de porosidad más fina, de costra más uniforme y más coloreada. Asimismo, se pretende utilizar lactosuero como retardador del endurecimiento, modificador del color, mejorador del sabor y valor nutricional.

Por lo cual la presente investigación plantea como problema lo siguiente: ¿Cómo influye la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.), alfa amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde?

1.2. Problema de la investigación

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cuáles son las características tecnológicas del pan de molde con sustitución óptima de harina de pan de árbol y lactosuero?
- 2) ¿Cuáles son las características sensoriales del pan de molde con sustitución de harina de pan de árbol y lactosuero?
- 3) ¿Cuál es la composición químico proximal del pan de molde con sustitución optima de harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la composición química proximal de los frutos de pan de árbol.

2. Determinar las características tecnológicas del pan de molde con sustitución de harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero.
3. Evaluar las características sensoriales del pan de molde con sustitución de harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero.
4. Evaluar la composición química proximal del pan de molde con sustitución optima de harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A continuación, se presentan los antecedentes que están relacionados con la investigación:

Acuña, (2005), en su investigación indago “Sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de pan de árbol, en la elaboración de pan de campo por toda la región San Martín”. Por este motivo, se probó la especie que es más común y se propaga fácilmente el (*Artocarpus altilis* F.). La prueba incluyó diversas pruebas necesarias como análisis físicos, químicos y sensoriales.

Se tomaron muestras de fruta del pan (*Artocarpus altilis* F.) de la ciudad de Shapaya, y el peso promedio de las semillas de la fruta del pan fue de 6,45 gramos. El diámetro medio fue de 3,47 cm. Los jueces consumidores mostraron mayor aceptación a la muestra con 20% de sucedáneos del pan de harina de pan de árbol cruda y el 20% de sucedáneos del pan de harina de pan de árbol precocida por sus propiedades físicas y químicas y sus mejores propiedades.

Rengifo, (2017), en su tesis de investigación tuvo como objetivo “evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo *Triticum aestivum* por harina de semilla de pan de árbol (fruta del pan) sobre el contenido de cenizas, firmeza, color y aceptabilidad general de las galletas”.

Se utilizó las partes comestibles de las semillas de pan de árbol, en tres sustituciones de harina de pan de árbol panificable (5%, 10% y 15%) así como una galleta control sin sustitución, luego se llevaron en un horno industrial a 140 °C durante ocho minutos para la elaboración de galletas. En la evaluación estadística se empleó la prueba de Levene, ANOVA y el ensayo de Duncan para variables paramétricas. En cuanto al reconocimiento global, la prueba de Friedman encontró diferencias significativas entre alternativas en términos de ceniza y color ($p < 0,05$). Además, hubo diferencias significativas en la dureza entre tratamientos ($p < 0,05$); resultando en las galletas saladas la tasa de sustitución del 10% la más baja dureza. Asimismo, se generó diferencia significativa entre las alternativas en términos de aceptación global ($p < 0,05$), y la galleta con un 15% de sustitución resultó como la galleta con mayor aceptación entre los panelistas.

Ortiz, (2017), en su investigación tuvo como objetivo “Evaluar la aceptabilidad de la harina de árbol de pan (*Artocarpus altilis*), en preparaciones caseras por amas de casa y profesionales expertos en alimentos”. La metodología empleada fue una investigación mixta de diseño no experimental, de corte transversal y de tipo descriptivo exploratorio.

Para la obtención de la harina se usó las semillas procedentes de la provincia de Esmeraldas - Ecuador, las cuales fueron seleccionadas, y sometidas a cocción, troceado, secado y molido. La harina fue agregada como base para 4 recetas caseras: Sopa, salsa blanca, bebida y galletas. Luego para medir la aceptabilidad de las preparaciones se formaron 2 grupos, el primer grupo con 27 profesionales (semi entrenados) de alimentos entre chefs, nutricionistas e ingenieros de alimentos, donde se utilizó una ficha de evaluación que media con una escala gráfica lineal la calificación de las características organolépticas (color, olor, textura y sabor) de cada preparación. Y el segundo grupo se realizó en un focus group donde participaron 30 amas de casa, que desarrollaron la evaluación de las características organolépticas a través de preguntas. Este estudio concluyó que las preparaciones a base de la harina fueron aceptables (6 a 8 puntos) y muy aceptables (8.1 a 10 puntos) según escala gráfica lineal, resultando ser la bebida la más aceptable de las preparaciones en todas las características organolépticas, seguida de la sopa y salsa blanca según color, olor y sabor. Mientras que en el focus group la sopa fue muy aceptable seguida de la bebida” (pág. 14).

2.2. Pan de árbol

El pan de árbol también se llama árbol del pan, castaño de Malabar, albopan, arbopán, cacaté, guampan, guapén, jaquero, lavapen, mapén, palo de pan, pan pobre, pan de todo el año, terciopelo agrio, fruto del pan, pan de árbol, castañas (Argueta, 2008).

El “árbol de fruta de pan es erguido y de rápido crecimiento, llegando 26-30 m de alto, su copa es frondosa y redondeada, sus hojas son anchas y ovaladas, su color es verde y con una superficie áspera. Tiene muchas ramas, algunas gruesas, con mucho follaje, otras largas y delgadas con el follaje agrupado sólo en las puntas” (Argueta, 2008).

Los “frutos son variables en tamaño, forma y textura. En su mayoría son de forma redonda, ovalada y oblonga que van desde 9-20 cm, más de 30 cm de largo y por lo general pesan alrededor de 0,25-6 kg” (Sikarwar, y otros, 2014, pág. 92), ver figura 1.

El diámetro del fruto es de diez a treinta centímetros y pesa entre uno y dos kilogramos. El interior de la fruta tiene poca pulpa comestible y consta de muchas semillas marrones que son redondeadas y aplanadas irregularmente por compresión (Parrota, 1994; Sabelotodo, 2016).

Del peso total del fruto, el 49% son semillas, el 21% cáscara, el 21% pulpa y el 9% corazón. Un fruto contiene de 12 a 151 semillas, pero el número promedio de semillas por fruto de árbol suele estar entre 50 y 100 (Sabelotodo, 2016).

Figura 1

Aspecto exterior de la fruta de pan.



Nota: La figura se tomó de

<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/frutadepan.html>

La semilla es marrón, brillante, redonda, irregular, plana y convexa, de 3,5 cm de tamaño; tiene dos cutículas o cubiertas protectoras, la capa externa es leñosa y la interna es delgada y parecida a un pergamino (Sikarwar, y otros, 2014).

Figura 2

Semillas del árbol del pan.



Nota: La figura de las semillas fue tomado de:

<http://www.madeintingomaria.com/2015/08/el-pan-de-arbol-o-pandisho.html>

Cada semilla tiene un peso medio de 8,5 gramos, del cual el 75% es la parte comestible y el 25% sobrante es la cáscara. El general alcanzan 120 unidades por cada kilo de semillas (Sikarwar, y otros, 2014).

2.2.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del pan de árbol según Sikarwar, y otros, (2014), es el siguiente:

Reino	: Plantae Phylum
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsidae
Orden	: Urticales
Familia	: Moraceae
Género	: Artocarpus
Especie	: Altilis
Nombre científico	: <i>Artocarpus altilis</i>

2.2.2. Composición química y valor nutricional

La fruta del pan se come con mayor frecuencia como alimento básico debido al alto nivel de carbohidratos que se encuentran en la pulpa de la fruta. No existen muchas investigaciones del pan de árbol, pero existen variaciones de contenido nutricional (Acuña, 2005).

Sus “frutos ricos en almidón son un alimento básico en las Islas del Pacífico. El nombre de fruta del pan se debe al sabor de la fruta después de la cocción, que es similar al del pan recién cocinado” (Heuzé, Tran, Hassoun, Bastianelli, & Lebas, 2017).

El pan de árbol, es una excelente fuente de energía y se consume como alimento básico en algunas zonas debido a su alto contenido en carbohidratos. Además, posee un alto valor en fibra y ciertas vitaminas y minerales (Jones, Ragone, Tavana, Bernotas, & Murch, 2011). En la tabla 1, se aprecia la composición química y valor nutricional de las semillas de pan de árbol .

Tabla 1

Composición de semillas frescas de pan de árbol (Artocarpus altilis).

COMPUESTO	% mínimo	% máximo
Humedad	35,08	61,90
Proteína	0,60	2,24
Grasa	0,10	2,36
Cenizas	1,50	5,58
Carbohidratos	21,60	34,03
Fibra	1,34	2,14
Niacina (mg)	1,80	3,54
Riboflavina (mg)	0,08	0,10
Vitamina C (mg)	1,90	22,60
Tiamina (mg)	0,13	0,33

Nota: Datos tomados de Jones, Ragone, Tavana, Bernotas, & Murch, (2011).

Se considera una de las frutas carnosas más energéticas debido a su alta cantidad de agua e hidratos de carbono (en forma de almidón), además de las proteínas y lípidos que se presentan en cantidades superiores a otros frutos. Posee minerales como potasio, calcio, fósforo, hierro, y vitaminas como la C, la más abundante, y en menor

medida las vitaminas A, B, B₁, B₂ y B₃ (Jones, Ragone, Tavana, Bernotas, & Murch, 2011).

El contenido de proteína cruda es de (5,1 a 15,8%) superando los niveles de la harina de maíz y de yuca, el contenido de fibra bruta se encuentra alrededor de (2,74 %), lignina y celulosa es superior al del maíz, el sorgo, el trigo, la cebada y la harina de plátano. El contenido de extracto etéreo es extremadamente bajo (2,71 %), por lo que este alimento en la práctica no aporta ácidos grasos esenciales a los animales; sin embargo, es una excelente fuente de almidón (46,43 %), sacarosa, glucosa y fructosa (Sikarwar, y otros, 2014).

2.2.3. Constituyentes fitoquímicos

En cuanto a constituyentes fitoquímicos, se sabe que el género *Artocarpus* contiene un gran contenido de metabolitos secundarios y es particularmente rico en fenilpropanoides tales como flavonoides y flavonas. Se “ha encontrado que muchos de los compuestos aislados muestran actividad biológica, incluida la inhibición de la agregación plaquetaria, antibacteriana, antifúngica, inhibición de las células leucémicas y como agente antitumoral” (Jones, Ragone, Tavana, Bernotas, & Murch, 2011).

Los fitoquímicos son metabolitos secundarios. Las plantas producen una amplia variedad de fitoquímicos. Funcionan para atraer animales o prevenir infecciones, parasitismo y depredación, pero no son necesarios para el metabolismo básico. El género *Artocarpus* puede producir una gran cantidad de metabolitos secundarios generalmente ricos en fenilpropanoides como flavonoides y flavonas. También producen compuestos fenólicos que incluyen flavonoides, estilbenoides y arilbenzofurones. Se identifican “más de 130 compuestos en varios órganos del árbol de *Artocarpus altilis*, más de 70 de los cuales derivan de la ruta de los fenilpropanoides”.

Muchos de los compuestos aislados exhiben actividad biológica como inhibición de la agregación plaquetaria, actividad antibacteriana, propiedades antifúngicas, inhibición de células leucémicas y como agente antitumoral (Handa, Khanuja, & Longo, 2008).

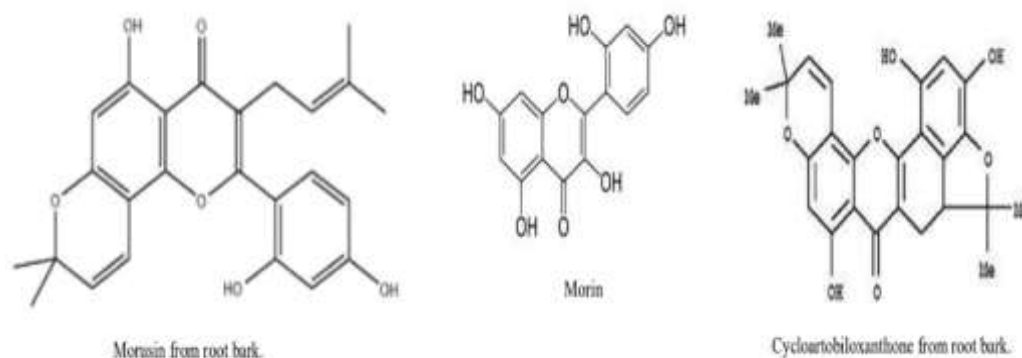
Según la prueba de laboratorio, los componentes químicos que se encuentran en las hojas de *Artocarpus altilis* exhiben efectos citotóxicos y apoptóticos en las células cancerosas humanas al aumentar la expresión de proteínas inductoras de apoptosis como Fas, FasL y p53 proteínas. En teoría, los extractos de hojas de la fruta del pan pueden tener un efecto sinérgico sobre las hierbas o suplementos antineoplásicos. De acuerdo con los estudios in vitro realizados en

animales y humanos, la fruta seca muestra actividad hemaglutinante contra los eritrocitos y, por lo tanto, puede tener efectos aditivos con hierbas o suplementos antihemaglutinina (Sikarwar, y otros, 2014).

Artocarpus altilis “contiene algunos componentes químicos como morin, moracin, dihydromorin, cynomacurin, oxidihidroartocarpesina, artocarpetina, norartocarpetina (20, 40, 5, 7 tetrahidroxiflavona), cicloartinona, ciclogera comunina, ciclocomunol, acetato de cicloartenilo, β -sitosterol, sitosterol- β -Dglucopiranosido, ácido ursólico, acetato de ácido betúlico, artocarpanona, cudraflavona, artoflavona, orartocarpanona (20, 40, 5, 7 tetrahidroxi flavanona), oxiresveratrol y artoindonesianina F(40-[3-metil-1(E)-butenil]-(E)-2,30,4,50-stilbenetetrol)” (Solanki & Nagori, 2012)

Figura 3

Estructuras de algunos compuestos aislados del Artocarpus altilis.



Nota. Tomado de (Sikarwar, y otros, 2014).

2.2.4. Usos

Artocarpus altilis es un árbol polivalente que se cultiva principalmente por sus frutos. Es posible consumir pan de árbol en cualquiera de las fases de “madurez; sin embargo, en su etapa de mayor madurez el pan de árbol adquiere un sabor dulce por lo que esta es la etapa en la que se consume más” (Sikarwar, y otros, 2014).

Los frutos maduros se comen crudos o cocidos, al vapor, fritos, enharinados y horneados, asados o liofilizados, o tradicionalmente fermentados. El pan de árbol se puede comer en todas las etapas de crecimiento. Las frutas jóvenes e inmaduras se pueden hervir y su sabor es comparable al de los corazones de alcachofa. Las semillas de las frutas del pan son comestibles. Algunos platos conocidos son el pan de árbol tostado con pescado o la caballa salada, también

se usa en ensaladas, tartas, pizza, sopas, entre otros. Tanto la semilla como la fruta son generalmente consumidas cocinadas. La pulpa y las semillas de frutas inmaduras suelen ser cocinadas con curry y leche de coco. Las semillas maduras se hierven en agua con sal y se consumen como aperitivo (Roberts, 2015)

A veces denominados panes, se comen hervidos o tostados, además, se enlata y se vende en el Caribe y en EE. UU., Europa y Canadá (Sikarwar, y otros, 2014).

Muchas investigaciones en curso están probando las actividades farmacológicas de *Artocarpus altilis*. Algunas de las investigaciones que se están realizando en base a estas plantas incluyen: actividad antiinflamatoria, potencial antifúngico, estudio del comportamiento sexual, potencial inmunomodulador, actividad antidiabética, actividad antibacteriana, efecto anticolinérgico, actividad quelante, valoración nutricional, como agente cosmético, inhibidores de la ECA, actividad antioxidante, toxicidad para las células cancerosas, antihelmíntico, potencial antihelmíntico, inhibidores de la proteasa, regulación de los estrógenos e inhibición de la biosíntesis de melanina (Somashkhar, Nayeem, & Sonnad, 2013).

2.3. Pan

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de agua, harina de trigo, “sal comestible, levadura y agua potable, amasada y fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*, y cocida. Es el producto principal derivado del trigo” (Callejo, 2002; Hernández & Majem, 2009).

Según la (NTP 106.004, 2016), es la masa elaborada con harina de trigo, con o sin sucedáneos de la harina, mezclada con agua, con o sin sal, con o sin aceite, grasas comestibles, mejorantes de masa, productos lácteos, productos de pastelería, demás ingredientes y aditivos alimentarios, incluso si someterse o no a un proceso de fermentación.

Es el principal producto obtenido del trigo. Después del descubrimiento de Pasteur, se desarrolló un método para elaborar levadura de panadería, llamado método cero, porque este método evitaba la producción de etanol.

El pan de harina de trigo normal es rico en carbohidratos 52%, contenido de proteínas 8%, contenido de grasas 4,5% y contenido de fibra 3,2% (Hernández & Majem, 2009; FEN, 2013)

2.3.1. Tipos de pan

Para hacer pan se necesitan 4 ingredientes básicos: harina, agua, sal y levadura. Dependiendo del tipo de harina o levadura utilizada y de la forma de elaborar el pan, podemos conseguir unos tipos de pan u otros (Mesas & Alegre, 2002).

a) Pan común

El pan es el producto de una mezcla de harina de trigo (blanca, semientera o integral), sal, levadura, azúcar, grasa de cocinar y agua; También se pueden añadir aditivos permitidos (Callejo, 2002). En la tabla 2, se observa los tipos de pan común.

Tabla 2

Tipos de pan común.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Pan bregado	“Elaborado con cilindros refinadores los cuales proporcionan un refinado de alto nivel que permite una miga compacta”
Pan de flama	Alcanzado con una alta suma de agua y sin tambores refinadores

Nota. Tomado de Mesas & Alegre, (2002).

b) Pan especial

El “pan es un alimento básico de consumo masivo, especialmente en los países en desarrollo, y resulta de la cocción de una masa compuesta principalmente de harina, agua, levadura y sal” (Mancebo, Martínez, Merino, De la Hera, & Gómez, 2017).

Asimismo, al pan se considera un producto fermentado, cuya estructura de aglomerado celular le confiere una textura especial después de la cocción, donde cada orificio está conectado por una red de hilos, en él se dispersan gluten coagulado y gránulos de almidón. La miga se somete a presión, luego se retira la fuerza y vuelve a su forma original (Arp, Correa, & Ferrero, 2018).

El pan especial o pan de molde es un producto en el que los mismos ingredientes que el pan normal han sido enriquecidos con la adición de huevos, leche, azúcar, grasas

culinarias y aditivos homologados (Callejo, 2002). Intrínsecamente de esta clasificación se localizan panes como los definidos en la tabla 3.

Tabla 3

Tipos de pan especial.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Pan de Viena	Pan de flama con azúcares y/o leche
Pan de molde	Pan de corteza que se cocina en moldes
Pan de cereales	“Pan elaborado con harina de trigo y otra harina en una proporción no inferior al 51%”
Pan de huevo, miel, leche y pasas	Panes en los que se adiciona materias primas parecidos al nombre

Nota: tomado de Mesas & Alegre, (2002).

2.3.2. Sistemas de elaboración de pan

Los “sistemas de producción de pan se clasifican principalmente por el tipo de levadura utilizado” (Callejo, 2002), son los siguientes:

- a. **Directo:** es el “menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma”. No es útil en procesos mecanizados con división automática de volumen. Mezclado es el sistema más habitual a la hora de elaborar pan. Utiliza tanto masa madre (levadura natural) como levadura comercial. Requiere un reposo de sólo 10-20 minutos antes de dividir la masa. Esto es más recomendable si utiliza un divisor de volumen para dividir la masa. El método esponja es un sistema comúnmente utilizado para elaborar pan francés, y especialmente en la masa de pan de molde. Consiste en preparar una masa líquida (esponja) que contiene un 30-40% de la cantidad total de harina, toda la levadura (comercial) y tantos litros de agua como un kilogramo de harina. Déjalo reposar unas horas, agrega el resto de la harina y el agua y sigue el método directo (Callejo, 2002).
- b. **Mixto:** es el método más habitual “en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial”. Simplemente repose un tiempo de 10 a 20 minutos antes de dividir la masa. Esto

es más recomendable si utiliza un divisor de volumen para dividir la masa (Callejo, 2002).

Velasquez, (2011), indica que, en este método, todos los ingredientes se mezclan hasta formar una masa y se combinan en una sola fase. El objetivo del amasado es conseguir una masa suave y con una elasticidad óptima. Deje reposar la masa de 2 a 4 horas, haciendo agujeros de vez en cuando.

- c. **Esponja o poolish:** es el “sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de 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 deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo” (Callejo, 2002).

Velasquez, (2011), menciona “en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes; una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa). La cantidad de harina a utilizar en la esponja y en la masa está regulada por el tipo de harina y tipo de producto a elaborar”.

2.3.3. Fermentación en la elaboración del pan

La fermentación de las masas panarias es un “proceso anaerobio metabólico que ocurre después del glicólisis, pasando la molécula de glucosa a piruvato. Luego en la fermentación, el piruvato se descompone en etanol o ácido láctico”. Cuando se fermenta con levadura, el ácido pirúvico se descompone en etanol, lo que le da al pan su aroma característico durante la cocción. Dependiendo del tipo de fermentación se originan nutrientes o antinutrientes, por lo cual decimos que las fermentaciones, contribuyen:

- “Desarrollo de diversos sabores, aromas y texturas en sustratos alimenticios.
- Conservación de cantidades sustanciales de los alimentos a través de la producción de ácido láctico, alcohol, ácido acético, entre otros”.
- El producto resultante es rico en componentes nutricionales beneficiosos, incluidas proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales y vitaminas (Callejas J. , Prieto, Reyes, Marmolejo, & Mendez, 2012).

Para la elaboración del “pan, el proceso fermentativo comienza desde el momento de la incorporación de la levadura en la masa, prolongándose hasta el instante en que se inicia la cocción de los panes”. Esta operación debe efectuarse a la temperatura de 26-40°C y con humedad relativa de 80-85% (Sandoval, Álvarez, Paredes, & Lascano, 2012), mediante diversos métodos de fermentación que se llevan a cabo en los procesos de panificación; así:

- **Fermentación larga.** Aporta más sabor y aroma al pan. La harina de trigo sufre una larga fermentación de 7 a 12 horas, descomponiéndola, haciéndola más digerible y neutralizando el ácido fítico, de difícil metabolización. Esta fermentación produce sabores sutiles que sólo emergen con el tiempo (Harinas Bufort SL, 2022).
- **Fermentación corta.** Esto permite realizar más trabajo, pero la cámara de fermentación es más grande, lo que permite completar el trabajo en menos tiempo (es decir, de 1 a 4 horas) (Harinas Bufort SL, 2022).

Según Sandoval, Álvarez, Paredes, & Lascano, 2012; Harinas Bufort SL, (2022), el metabolismo de la levadura durante la fermentación corta cambia con la temperatura, y la selección del valor de fermentación depende de la velocidad requerida para el proceso, cuanto mayor es la temperatura, menor es el tiempo. Un rango de temperatura comúnmente utilizado es de 23 a 28°C. Si se requiere un tiempo de fermentación más corto (de 1 a 1,5 horas) para lograr una buena calidad, se debe seleccionar una temperatura superior a 28°C.

Hoseney, (1988), manifiesta que al utilizar levadura comercial se forma principalmente etanol y, en menor medida, también se pueden encontrar diversos ácidos que contribuyen al sabor del producto. Los microorganismos responsables de la fermentación se alimentan de los azúcares (glucosa y levulosa) de la masa, que las enzimas convierten en dióxido de carbono y alcohol como productos principales. El gas dióxido de carbono es el responsable de hacer que la masa actúe como una esponja y forme los alvéolos del pan. El dióxido de carbono emanado, es atrapado por la masa en dos fases:

- 1) Como gas atrapado en el interior de la célula, y
- 2) Como gas diluido en fase acuosa. Este “último es inversamente proporcional a la temperatura y es afectado por el pH de la masa, en donde existe mayoritariamente como CO_2 y en menor proporción como H_2CO_3 y HCO_3^- ”.

2.4. Pan de molde

La Norma Técnica Peruana (NTP 206.004, 1988), define que “el pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos. El pan de molde es aquel producto que tiene una ligera corteza blanda y que para su cocción ha sido introducido en molde. Técnicamente, el pan de molde integral es aquél en el que se utilizan los cereales de grano o harina sin cernir al momento de su elaboración, los cereales integrales contendrían todas las partes del grano ricas en nutrientes fotoquímicos con reconocidos beneficios para la salud, como la fibra dietética, antioxidantes. El pan destinado al corte tiene que ser de buena calidad y tener cualidades como; Miga blanca, resistente, estructura uniforme, fina, blanda, corteza suave y de conservación prolongada”.

Figura 4

Pan de molde



2.4.1. Proceso de elaboración del pan de molde

El proceso de elaboración del pan de molde consiste en las siguientes operaciones:

a) Amasado

El amasado forma la base de la preparación de la masa. “Su papel es en primer lugar mezclar los ingredientes que la componen y de asegurar seguidamente sobre esa mezcla un trabajo mecánico hasta que proporcione una masa coherente homogénea” y llana que se desglose bien de las paredes de la amasadora (Flecha, 2015).

El “amasado es una etapa clave y decisoria en la calidad del pan. En esta etapa influirá tanto el tipo de amasadora como la velocidad, la duración y la capacidad de ocupación de la misma. Durante este proceso, los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad y,

junto con sus demás ingredientes, van a dotar a la masa de unas características plásticas (fuerza y equilibrio)” (Tejero, 2023).

Los “métodos más empleados son el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo y el de esponja inicialmente solo se mezclan la mitad de los ingredientes”, culminando la mezcla posteriormente de la fermentación” (Flecha, 2015).

Durante el amasado se forman microvesículas, que luego se encargan de almacenar los gases producidos durante la fermentación.

Estas células surgen de la conversión de los grupos -SH presentes en la harina en grupos disulfuro -S-S, formando así los alvéolos. Para facilitar la transición de los grupos -SH a -S-S se utiliza ácido ascórbico (da más rigidez) y amasado intensivo (da más flexibilidad); Serán los encargados de acelerar la formación del segundo grupo, gracias a una mejor reorganización de la proteína, aumentando el número de células y la capacidad de la masa para retener más gases (Tejero, 2023).

Las proteínas insolubles (gliadinas y gluteninas) se hinchan en contacto con el agua; se pegan entre sí para formar gluten mientras se cubren de almidón; El movimiento de la batidora crea una película que favorece las grasas y mejorantes del emulsionante de la harina. La oxidación de la masa en contacto directo con el oxígeno del aire variará dependiendo de la intensidad del amasado, el tipo de amasadora y la cantidad de masa que haya en el vaso. Por tanto, se puede decir que el desarrollo de la masa depende de la formación de gluten y de la exposición de la masa al oxígeno del aire. De esta forma, cuando se acelera la oxidación y el desarrollo mecánico, el tiempo de amasado se reduce, y por el contrario, si el tiempo de amasado es corto y el grado de oxidación es bajo, la masa necesita reposar más para obtener mejores propiedades (Tejero, 2023).

b) Boleado y formado

El propósito del boleado es crear una capa seca sobre las piezas individuales para ayudar a dar forma uniforme y desgarrar la masa durante el proceso de coexistencia. Durante este proceso, se crea una costra al estirar el gluten del exterior de la masa, manteniendo así una capa suave. El redondeo simplifica la elaboración de masa (Wayne, 2013).

Al darle forma a un trozo de masa, esta debe ser de una forma simétrica. En el caso del pan de hogaza y ciertos tipos de panes especiales, esto se realiza manualmente, mientras que en el caso del pan de molde se realiza mediante máquinas. Dar forma es uno de los pasos críticos en la elaboración del pan, muchos defectos que se producen en el pan pueden deberse a una manipulación inadecuada de la masa durante el proceso de moldeado. El comportamiento de esta masa durante la fermentación y los primeros minutos de cocción dependerá del estado de gasificación cuando la masa llegue al cilindro de la moldeadora (Tejero, 2023).

c) División y pesaje

Para conseguir el tamaño, peso y forma del producto deseado, primero debemos dividir la masa en proporciones individuales en una batidora y luego darle la forma adecuada que sirva de base para el producto final que queremos obtener. Después de hornear. La compactación de la masa durante el proceso de rotura reduce el efecto de la desigualdad en el peso causada por los cambios en el volumen de gas de la masa (Cauvain & Young, 2011).

d) Fermentación

La “fermentación es el proceso por el cual la levadura actúa sobre los azúcares y almidones de la masa para producir gas de bióxido de carbono y alcohol” (Wayne, 2013).

Cuando se añade levadura a la masa, comienza la fermentación. En ese momento, el gas comienza a desprenderse. Por este motivo, la masa ganará más fuerza y firmeza debido a la aireación prematura durante el amasado. Cuanto más calentemos la masa mientras amasamos y cuanto más utilicemos levadura prensada, mayor será esta fuerza y firmeza. En algunos casos, es mejor añadir levadura durante el proceso de amasado para evitar una fuerza y rigidez excesivas. Por tanto, la fermentación comienza desde el momento en que se añade la levadura y finaliza cuando la masa alcanza los 55°C en el horno (Tejero, 2023).

La masa se coloca en un ambiente con temperatura y humedad controladas, en estas condiciones el almidón de la harina se convierte en azúcar, que a su vez se transforma en alcohol y ácido carbónico, lo que aumenta el volumen del pan. El proceso de fermentación es de tres tipos:

- La fermentación en masa que alcanza desde el amasado hasta las iniciales etapas del corte.

- La “fermentación intermedia que abarca desde las últimas partes del corte hasta el moldeo.
- La denominada fermentación final en la cual se da el máximo desprendimiento de CO₂” (Tejero, 2023).

Los panes formados se devuelven a la cámara de fermentación, donde crecen aproximadamente dos veces a una temperatura de 30-35 °C y 80-85% de humedad. La temperatura, el tiempo y la humedad relativa son factores importantes en el proceso de fermentación; Demasiados de estos factores pueden hacer que el pan se seque y se endurezca rápidamente (Aguilar, 2010).

Cuando la temperatura de fermentación supera los 30°C, la fermentación de la masa será desigual, más fermentación externa que interna, provocando que la masa se agriete y se escapen gases. El aroma y el sabor también se ven afectados por temperaturas superiores a 30°C, porque a esta temperatura se desarrolla gradualmente la fermentación secundaria (ácido, láctico y butírico), que, aunque tiene un efecto positivo, puede producir sabores indeseables si se producen en exceso (Tejero, 2023).

e) Horneado

El paso de un trozo de masa al horno no afecta demasiado al centro de dicha masa. Está bien aislado de la masa circundante y es completamente insensible a los cambios durante los primeros minutos de horneado, y la producción de gas continúa al máximo. En resumen, la mitad del pan obtiene un tiempo de fermentación adicional para compensar su inicio tardío. Con el tiempo, el centro de la pieza comienza a calentarse y, a medida que aumenta la temperatura, sufre una compleja serie de cambios físicos, químicos y bioquímicos que son independientes de las condiciones precisas del horno y, por tanto, están fuera de control del operario (Cauvain & Young, 2011).

En la primera etapa de horneado, la temperatura interna del producto alcanza los 45-50 ° C. Después de la muerte de la levadura, la producción de gas se detiene y forma el volumen final del pan, y las migas se expanden por la acción del gas; cuando la temperatura interna del producto alcanza los 60-70° entre C, las proteínas se coagulan, el almidón se gelatiniza, el producto pierde su plasticidad y adquiere una cierta forma de pan. En la segunda fase se seca la corteza y se produce la cocción del pan (Tejero, 2023).

f) Enfriamiento

Cuando el pan sale del horno se debe pasar a la zona de enfriamiento hasta que su temperatura interna alcance los 33 °C, ya que por encima de esta temperatura la superficie de la bolsa puede condensarse gradualmente, lo que asegurará posteriormente la correcta reproducción de hongos (Yumbla, 2010).

Enfriar un trozo de pan implica dos mecanismos diferentes. La primera es por transferencia de calor, principalmente por convección con el aire circundante, pero también por radiación y conducción dentro de la estructura del pan. El segundo es la evaporación: el agua se evapora de la corteza y la energía necesaria para la evaporación se obtiene de la corteza (Cauvain & Young, 2011).

g) Rebanado

Se trata de dividir una rebanada de pan cortada en partes iguales y caracterizar así el producto final. Este es el punto final de la contaminación y el moho puede provenir del aire. Durante la fase de enfriamiento y la posterior fase de envasado, suele comenzar el desarrollo de la corteza entre las rebanadas del pan de molde cortado (Frazier, 2008).

h) Envasado

Esto se debe hacer a temperatura ambiente, no todos los tipos de pan necesitan empacarse, pero cuando esté listo no se debe envolver el pan aún caliente (27-30°C), ni envolverlo en polietileno, que contiene polímeros tóxicos. El pan ya rebanado será empaquetado automáticamente y enviado al almacén, donde será almacenado hasta su venta. El uso de conservantes en los envases puede afectar la vida útil del pan (Cauvain & Young, 2011).

2.5. Mejoradores empleados en panificación

Entre los mejorados más recientes en la panificación tenemos los siguientes:

2.5.1. Enzimas como mejoradores del pan

Durante los últimos 10 años, la calidad de los productos de panadería ha mejorado significativamente. Lo más importante es el sabor, la textura y la frescura. La mayor contribución a esta mejora es la introducción de enzimas en la industria (Biocon, 2017).

Tabla 4*Efectos de las enzimas en panificación.*

ENZIMA	PRODUCTO PROENZIMAS	DESCRIPCIÓN
Proteasas	Naturalzyme FP31 Probac 8.8 Prowaff 5L Prowaff 20 L HT 200 N	Enzimas proteolíticas, diseñadas para acondicionar la proteína, en las harinas destinadas a la elaboración de galletas Waffer, galletas tipo cracker y productos de panificación
Amilasas	Harizyme 5000 Naturalzyme FAA 44L	Enzimas Alfa amilasas, ampliamente usadas para asegurar el control preciso del proceso de panificación obteniendo un volumen adecuado de los panes, una miga clara y estructurada y un buen color de corteza. Se recomienda 45 g por 100 kg de harina (Hernández O. , 2014).
Xilanasas	Xilanasa AN 20	El uso de esta Xylanase AN 20, mejora las propiedades de manipulación de la masa y resulta en un incremento neto en el volumen final de producto y mejoramiento de la estructura de la miga.
Pentosanasas	Pentobake PRO	PentoBake PRO puede ser usado en combinación emulsificantes o como sustituto de ellos, en panes frescos blancos parcialmente horneados, congelados o precongelados, pan con cereales, integral, pan tipo croissant, panecillos, bollos y pan Marraqueta, etc.
Glucosa oxidasa	Promozym G EBR	Promozym G EBR es una enzima para acondicionar masas, que se usa para sustituir el bromato de potasio o reducir el uso de otros oxidantes químicos.

Nota: Tomado de (Biocon, 2017; Hernández O. , 2014).

En la industria panadera se utilizan cinco enzimas: amilasa, hemicelulasa, proteasa, oxidasa y lipasa. En la Tabla 4 se muestra una clasificación general de la actividad enzimática. La amilasa es la enzima más utilizada en la repostería. Tienen un efecto positivo sobre el volumen del pan, la estructura de la miga, el color de la corteza y la miga, el desarrollo del sabor y prolongan la frescura del pan (Biocon, 2017).

a) Amilasas

La amilasa es una enzima que actúa hidrolizando el almidón para producir azúcar que puede ser fermentado por la levadura, aumentando así el volumen del pan, lo que tiene un efecto positivo en su conservación, asimismo previene la retrogradación del almidón en el pan. La amilasa derivada de hongos se utiliza más comúnmente en la elaboración de pan como sustituto de la harina malteada (Tejero, 2023).

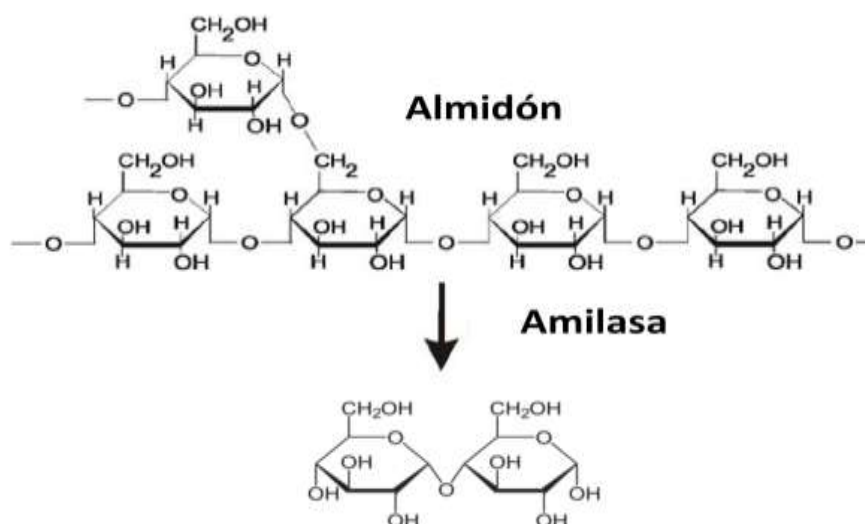
Son “las enzimas más utilizadas en panificación. Tienen un efecto positivo en el volumen del pan, en la estructura de la miga, en el color de la corteza y la miga, en el desarrollo del sabor y alargan el frescor del pan. Tradicionalmente, la alfa-amilasa se ha aumentado añadiendo malta de trigo o cebada, pero esta práctica tiene varios efectos negativos. La harina de malta contiene proteasa que puede producir una modificación del gluten no deseada. La alfa-amilasa de los cereales es termoestable y activa por encima de la temperatura de gelatinización del almidón. El enriquecimiento excesivo puede hacer que la miga sea gomosa y pegajosa” (Biocon, 2017).

Según Tejero, (2023), “la eficacia de este proceso depende de la temperatura del grado de absorción del almidón, su máximo se alcanza cuando se gelifica el almidón en los inicios de la cocción”.

En el nivel adecuado, las enzimas amilasa, especialmente la alfa-amilasa, tienen un efecto positivo no sólo en el volumen del pan, sino también en su conservación del pan, al ralentizar la retrogradación del almidón. La alfa-amilasa de hongos es más resistente al exceso que la alfa-amilasa de cereales, ya que se inactiva en la primera fase de cocción (60-65 °C), por lo que no existe riesgo de sobreproducción de dextrinas durante la fermentación de la masa del pan (Tejero, 2023).

Figura 5

Hidrólisis de una cadena de polímeros mediante α -amilasa.



Nota. Tomado de (Khan Academy, 2023).

La alfa-amilasa descompone el almidón en los gránulos de harina, promoviendo así un mejor desarrollo de la levadura. El principal efecto de la amilasa en la masa es aumentar la velocidad de fermentación liberando más gas y liberando los gránulos de almidón atacados para su absorción. El agua producida suaviza ligeramente la masa para acelerar la fermentación. Esto mejora enormemente el volumen y la textura de la miga. El exceso de amilasa puede crear una sustancia pegajosa que es difícil de manejar. La acción de la amilasa también contribuye a la formación del color de la miga y de la corteza. A medida que aumenta la cantidad de α -amilasa, aumenta el volumen del pan y aumenta la descomposición de la miga (Biocon, 2017).

Hernández, (2014), en su investigación buscó comprender el efecto de la alfa-amilasa sobre las propiedades texturales del pan a base de agua y determinó que la concentración de alfa-amilasa que mantiene las propiedades texturales originales del pan era de 45 g por 100 kg de harina (450 MANU/kg harina) a 20 grados. Las condiciones de almacenamiento $\pm 2^{\circ}\text{C}$ y 75% HR durante 12 días extienden la vida útil del pan de agua de 4 días a 12 días.

De manera similar, algunos estudios han optimizado la concentración de α -amilasa y encontraron que el 0,03% de amilasa es la concentración óptima, el cual ostento el menor índice de caída de 267 segundos, una tenacidad ($P=53$), extensibilidad ($L=122$), una fuerza ($W=179$) y la relación ($P/L=0,44$), resultando con buenas cualidades panaderas para pan francés (Ponce-Ramírez, Málaga, Huamani, & Chuqui, 2016).

En general las dosis recomendadas para la α -amilasa para uso en panificación varía de acuerdo a la pureza y actividad de la enzima, así en general la dosificación recomendada de Novamyl® es de 1- 10 g por 100 kg de harina, lo que correspondientes a 100-1000 MANU por kg de harina.

2.6. Lactosuero

El suero se define como una sustancia líquida que se obtiene al separar la masa de leche durante la elaboración del queso. Es un líquido verde y transparente que se obtiene por precipitación de la caseína en la leche (Días, 2015).

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso. Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína” (Foegeding & Luck, 2002; Jelen, 2003).

El “suero de leche es un sub producto de la quesería que se genera en grandes cantidades en esta industria, ya que para obtener 1 kg de queso se pueden generar hasta 9 kg de suero, teniendo en cuenta un rendimiento del 10%. Algunas de estas propiedades están relacionadas con las atribuidas a las proteínas del suero, como su capacidad emulsionante, espumante y gelificante, así como la capacidad de retención de agua/grasa, su viscosidad y solubilidad” (González-Martínez, Albors, & Chafer, 2005).

2.6.1. Características del lactosuero

El suero es muy importante desde el punto de vista nutricional; es rico en aminoácidos esenciales de fácil digestión y absorción, condición que abre diversas aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica (Hernández-Rojas & Vélez-Ruíz, 2014).

El lactosuero se clasifica de acuerdo con sus características fisicoquímicas en suero dulce y en suero ácido (Callejas J. , Prieto, Reyes, Marmolejo, & Mendez, 2012). Su composición se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5*Composición de lactosuero dulce y ácido.*

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Lactosa	46,0- 52,0	44,0- 46,0
Proteína	6,0- 10,0	6,0- 8,0
Calcio	0,4- 0,6	1,2- 1,6
Fosfatos	1,0- 3,0	2,0- 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Nota. Tomado de (Panesar P. , Kennedy, Ghandi, & Bunko, 2007)

El lactosuero de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas puede ser clasificado como ácido o dulce:

- Un lactosuero ácido, son aquellos que “proviene de la fabricación de quesos frescos de pasta blanda, obtenidos a partir de leche de vaca y/o de cabra; en ellos la lactosa se ha transformado en ácido láctico”, son ricos en calcio y fósforo; el pH es < 4,5 y los Grados Dormic son < 20°.
- Un lactosuero dulce, “proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida y prensada (vaca) y quesos de ovejas por coagulación enzimática; es pobre en ácido láctico, en calcio y fósforo”; el pH es > 6,0 y presentan > 50 ° Dormic (°D)” (Aider, 2009).

En su composición se encuentran “entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco)” (Panesar, Kennedy, Gandhi, & Bunko, 2007).

Las proteínas del lactosuero desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales, por su alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados) (Ibrahim, Babiker, Yousif, & Tinay, 2005).

Presenta “una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico” (Londoño, 2006).

El “lactosuero ácido principalmente es rico en fósforo (unas 10-12 veces más que el que puede estar presente como promedio en un residuo acuoso); igualmente es más rico en calcio y ácido láctico” (Callejas, Prieto, Reyes, Marmolejo, & Méndez, 2012).

Tabla 6

Aminoácidos esenciales presentes en el lactosuero.

Aminoácidos (g/100 g de proteínas)	Lactosuero	Huevo
Treonina	6,2	4,9
Cisteína	1,0	2,8
Metionina	2,0	3,4
Valina	6,0	6,4
Leucina	9,5	8,5
Isoleucina	5,9	5,2
Fenilalanina	3,6	5,2
Lisina	9,0	6,2
Histidina	1,8	2,6
Triptófano	1,5	1,6

Nota. Tomado de (Parra, 2009)

Las proteínas del lactosuero desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales, por su alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados) (Ibrahim, Babiker, Yousif, & Tinay, 2005).

La tabla 6 muestra el contenido de aminoácidos esenciales en el suero y los huevos; además, parecen desempeñar funciones biológicas y fisiológicas específicas en el cuerpo, mejorando las respuestas inmunes humorales y celulares.

2.6.2. Aplicaciones del lactosuero

Parte del suero se utiliza en la industria de bebidas, yogur, queso untable, industria cárnica para embutidos, pan, confitería e incluso en la industria farmacéutica. Actualmente se están desarrollando nuevas y diversos estudios que aprovechan las propiedades funcionales de sus proteínas, esencialmente aquellas relacionadas con su composición química. Estas propiedades incluyen: gelificación, retención de agua,

solubilidad, emulsificación, espesamiento, formación de espuma, absorción y retención de lípidos y ciertos aromas y sabores (Silva, 2013).

El uso del suero como alternativa para aumentar el contenido de calcio en los alimentos, no sólo es una alternativa al uso y comercialización del suero, sino que también puede contribuir en cierta medida a la mayor biodisponibilidad del calcio, ya sea que también se encuentren entre otros productos lácteos y otros tipos de alimentos. Además, las opciones para aumentar la ingesta de calcio en humanos pueden ser más accesibles que la leche entera, los productos minerales enriquecidos con calcio o los suplementos dietéticos.

Las regulaciones federales de EE.UU. definen el concentrado de proteína de suero (WPC) como una sustancia que se obtiene eliminando suficientes componentes no proteicos del suero para que el producto final contenga no menos del 25 % de proteína. La mayoría de los concentrados de proteína de lactosuero (WPC) en el mercado contienen entre un 34 y un 35 % de proteína. Los concentrados de proteína de lactosuero (WPC) con un contenido de proteínas <35% se pueden utilizar como sustituto de la leche desnatada en yogures, quesos y bebidas procesados, salsas, fideos, galletas, helados, pasteles, productos lácteos, panaderías y carnes, debido a su excelente funcionalidad. Por sus propiedades y valor nutricional de las proteínas, son muy utilizadas en bebidas y fórmulas infantiles (Foegeding & Luck, Whey protein products, 2002).

El suero en polvo es bien conocido como ingrediente en la industria de la panadería debido a su excelente sabor y calidad. El volumen, textura, corteza y frescura del pan de trigo lo aporta la combinación de emulsionantes y suero en polvo (Wit, 2003).

2.7. Atributos de la calidad del pan

La “calidad del pan se percibe a partir de los sentidos de los consumidores y estos determinan la aceptación de este producto”.

2.7.1. Calidad reológica – análisis MIXOLAB

El “Mixolab mide las características de la masa (absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad, etc..) mientras que evalúa también la calidad de la proteína y del almidón”. Es una herramienta para analizar las propiedades de la harina mediante pruebas automatizadas (CHOPIN, 2019) .

MIXOLAB STANDARD mide el comportamiento reológico de la masa durante el amasado y la temperatura. Mida inmediatamente el par (Nm) producido por la masa

entre las palas. Para este análisis se debe preparar una sustancia hidratada para lograr la consistencia de referencia en el primer paso del análisis y continuar con los pasos restantes. El valor de referencia de Chopin para la muestra de 75 g es de 1,1 Nm. Como se muestra en la Figura 6, MIXOLAB STANDARD tiene 5 pasos, C1 se usa para medir la absorción de agua, C2 mide el grado de trabajo mecánico de las proteínas y el debilitamiento de la temperatura, C3 mide el grado de gelatinización del almidón, C4 mide la estabilidad térmica del gel y C5 mide la retrogradación del almidón en la etapa de enfriamiento (CHOPIN, 2019).

Figura 6

Curva Mixolab estándar para panificación.



Nota. Tomado de (CHOPIN, 2019).

a. Desarrollo de la masa (C1)

Durante el desarrollo de la masa, tanto el tiempo como la estabilidad dependen de la capacidad de aglomeración de las proteínas y del contenido de proteínas formadoras de gluten (gluteninas y gliadinas). Este parámetro permite distinguir entre harina con alto contenido en gluten y harina con bajo contenido en gluten (Clair, 2012). Mide el comportamiento al amasado, así como el tiempo de su desarrollo y su estabilidad de las masas. El tiempo “en C1 es el tiempo de desarrollo de la masa, cuanto más largo el tiempo, más fuerte la harina. Los valores de torques >1.1 Nm las masas se consideran estables” (CHOPIN, 2019).

b. Debilitamiento de las proteínas (C2)

El debilitamiento de las proteínas se debe al calentamiento que se produce en esta etapa y la consistencia de la masa disminuye, lo que es un indicador de la concentración proteica de la harina. En este ensayo, se observó una atenuación de las proteínas en la muestra a medida que aumentaba la relación de sustitución (Clair, 2012; CHOPIN, 2019).

Según Clair, (2012), cuando el torque de la masa es demasiado alto ($>0,65$ Nm), el volumen se debilita y el pan se vuelve masticable debido a la fuerte red de proteínas, mientras que cuando el torque es demasiado débil, el pan se vuelve más pequeño debido a la falta de proteínas. Flexibilidad (gluten) para ahorrar gas, es decir. El torque está directamente relacionado con el contenido de gluten (gluten y gliadina), para lograr el volumen ideal del pan, C2 debe estar entre 0,46 Nm y $<0,65$ Nm.

c. Gelatinización del almidón (C3)

A medida que aumenta la temperatura, el almidón comienza a gelatinizarse y aumenta la viscosidad. Los cambios en la viscosidad están relacionados con la actividad de la amilasa y el contenido de almidón, por lo que aumenta la consistencia y el torque de la masa. Las harinas con un torque alto (C3) generalmente indican alta calidad del almidón, alto volumen y baja actividad de amilasa; en esta etapa también se crea la textura de la miga; un valor de C3 muy bajo (Torque bajo) producirá pan con poco volumen y migas pegajosas (CHOPIN, 2019).

d. Actividad amilásica (C4)

CHOPIN, (2019), manifiesta que en esta etapa, la temperatura sube hasta unos 85°C . Este cambio de temperatura rompe varios enlaces entre las proteínas, por lo que la estructura en esta etapa depende del almidón y de su estabilidad a altas temperaturas; es decir, el torque depende del almidón gelatinizado y de su resistencia a la actividad de la amilasa. En esta etapa, la viscosidad disminuye debido a la actividad de la amilasa y el torque disminuye. Cuanto mayor es la diferencia entre C3 - C4, mayor es la actividad de la amilasa (Clair, 2012).

e. Retrogradación del almidón (C5)

En esta etapa la temperatura se reduce aproximadamente a 55°C , el almidón se gelatiniza y a medida que aumenta el torque, aumenta la consistencia de la masa. La diferencia entre C5 - C4 es un indicador de la vida útil del pan (Mironeada, Gutt, Gutt, & Codina, 2011).

Además, cuanto menor sea la diferencia entre C5-C4, más lenta será la tasa de recuperación y mayor será la vida útil del pan” (Vásconez, 2015).

Según, CHOPIN, (2019), “la calidad reologica de las masa de pan se evalúan teniendo en cuenta el comportamiento reológico de las masas, cuyos rangos standard recomendados” se observan en la tabla 7.

Tabla 7

Valores de referencia para MIXOLAB STANDAR.

Comportamiento reológico	Rango
C1 (Nm) Estabilidad de la masa	>1,10
C2 (Nm) Volumen de la masa	0,37 – 0,63
C3 (Nm) Gelatinización del almidón	1,59 – 2,27
C4 (Nm) Estabilidad del gel en caliente	0,95 – 2,12
C5 (Nm) Retro degradación del almidón	1,46 – 3,73

Nota. Tomado de (CHOPIN, 2019; Álvarez, 2016).

2.7.2. Calidad sensorial

Callejo, (2002), expone que los atributos sensoriales del pan se pueden agrupar en cuatro niveles, así:

- **Atributos de apariencia.** El pan se evalúa desde el color de la miga desde el blanco crema al marrón claro; color de la corteza desarrollado en el horneado y se asocia a la reacción de Maillard; número de alveolos y la variación del tamaño de los mismos en la miga que se relacionan con la textura del pan, y se relacionan con el contenido de proteína de la harina más las condiciones de fermentación; su forma y regularidad.
- **Atributos de olor.** El aroma del pan se produce por la acción de enzimas durante el amasado, la fermentación de la masa del pan (migas de compuestos aromáticos), la oxidación de lípidos y reacciones durante el horneado o cocción del pan (que dan su aroma al pan). Además, las masas ácidas admiten alcanzar migas más aromáticas, como el pan baguette.
- **Atributos de textura.** De este conjunto de propiedades, el pan se asocia con la dureza de la miga o pérdida de elasticidad. Además, la textura se ve afectada por

el contenido de humedad de la masa y la cantidad y calidad de proteína de la harina. Para definir estos atributos se evalúan así:

- **Textura al tacto.** Se estudia apretando las migas entre los dedos y determina: dureza o resistencia a la presión ejercida por los dedos sobre las migas, flexibilidad o capacidad de volver a su forma original después de quitar la presión de los dedos.
- **Textura en boca.** Para esta parte, coloque una muestra de pan rallado en la boca y determine: la humedad percibida en la superficie del pan; el agarre o fuerza necesaria para retirar completamente la muestra de la comisura de la boca con la lengua durante la deglución; y la cohesión del pan, o la capacidad de las patatas fritas para mantenerse unidas después de ser mordidas.
- **Atributos de flavor.** El término gusto se refiere a la totalidad de impresiones de la percepción química de los alimentos a través de los sentidos, es decir, consiste en la percepción simultánea del gusto y el aroma y la respuesta del nervio trigémino. Esto incluye la impresión olfativa de compuestos volátiles y la impresión gustativa de sustancias solubles percibidas en la boca. Esta sección clasifica el pan en: dulce, ácido, salado, amargo, mantecoso, astringente, picante, caliente o frío. El sabor del pan depende de la levadura, el método de fermentación, el contenido de cenizas de la harina, la temperatura de fermentación y la acidez de la masa (Callejo, 2002).

2.7.3. Requisitos de calidad del pan de molde

a. Requisitos físico químicos del pan de molde

De acuerdo a la Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería (MINSA, 2011), y a la NTP 206.004 (INACAL, 2021), los criterios físico químicos del pan de molde se consideran en el Anexo 17 y la tabla 8.

Tabla 8*Criterios físico químico del pan de molde.*

Parámetro	Límites máximos permisibles
Humedad	40% - Pan de molde 6% - Pan tostado
Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	0,5% (Base seca)
Cenizas	4,0% (Base seca)

Nota. Tomado de la Norma Sanitario RM N°1020-2010 (MINSA, 2011) y la NTP 206.004-2021 (INACAL, 2021).

b. Requisitos microbiológicos

Según Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería MINSA, (2011) y a la NTP 206.004 (INACAL, 2021), los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir el pan de molde en estudio como producto de panificación, son los siguientes:

Tabla 9

Criterios microbiológicos para productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, pan especial).

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
Escherichia coli (*)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus (*)	8	3	5	1	10	10 ²
Clostridium perfringens (**)	8	3	5	1	10	10 ²
Salmonella sp. (*) 1	10	2	5	0	Ausencia 25 g	-
Bacillus cereus (***)	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴

Nota. (*) Para productos con relleno (**) Adicionalmente para productos con rellenos de carne y/o vegetales (***) Para aquellos elaborados con harina de arroz y/o maíz. Norma Sanitario RM N°1020-2010 (MINSA, 2011) y NTP 206.004-2021 (INACAL, 2021).

2.7.4. Aditivos alimentarios en pan de molde

En la producción del pan de molde, los aditivos autorizados y su dosis máxima empleadas en el proceso de panificación según la NTP 206.004-1988 (INACAL, 1988) y RM N°1020-2010 (MINSA, 2008, 27 de agosto), se pueden emplear de acuerdo a la tabla 10.

Tabla 10*Aditivos y su dosis máxima de uso en panificación.*

Aditivos	Dosis máxima de uso
Ácidos, sales, base	
Ácido acético	2000 mg/kg (a)
Fosfatos (mono y difosfatos de Na, K, Ca)	PCF*(0.2% sobre la harina)
Polifosfatos (Na, K)	PCF*(1000 mg/kg)
Cloruros, NH ₄	2500 mg/kg (b)
Carbonatos de Ca	PCF*(0.3% sobre la harina)
Antioxidantes o sinergistas	
Acido ascórbico	PCF*(300 mg/kg)
BHA/BHT (Pan blanco, tostado o integral)	200 mg/kg
Colorantes	
De acuerdo a la NTP 209.134	
Enzimas	
amilasas (α y β)	PCF*(0.01-0.03%)
Proteinasas	PCF*(0.01%)
Solas o mezcladas	PCF*(0.01%)
Saborizantes	
Natural y artificial permitidos por la autoridad sanitaria	
Agentes ablandadores	
Se permitirá el uso de aceites minerales solo como lubricantes	2000 mg/kg (b,c)
Emulsificantes	
Gliceridos (etoxilados)	PCF*(1000 mg/kg)
Gliceridos (mono y di) de ácidos grasos dietéticos	PCF*(1500 mg/kg)
Lecitina	PCF*(0.2% sobre la harina)
Esteres Poliglicerol	PCF*(2000 mg/kg)
Esteres Propilenglicol de ácidos grasos	PCF*(2000 mg/kg)
Compuestos sorbitan	PCF*(1500 mg/kg)
Compuestos sorbitan (Der. del polioxietileno)	PCF*(1800 mg/kg)
Aceite de soya	PCF*
Esteres estearil	PCF*
Ácido lactílico-2- estearol y sus sales Na, Ca	PCF*(0.2% sobre la harina)
Conservadores	
Acido propiónico y sus sales Ca y Na	4000 mg/kg
Acido sórbico y sus sales	1500 mg/kg
Agentes oxidantes	
Azodicarboamina	45 mg/kg
Bromato de Ca y K	
Peróxido de calcio	75 mg/kg solos o en combinación
Yodato de K y Ca	
Cisteínas y Cloruros	90 mg/kg
Vitaminas y nutrientes	
Tiamina	4,4 mg (b)
Riboflavina	2,6 mg (b)
Niacina	35,0 mg (b)
Hierro	28,0 mg (b)

Nota: Tomado de la NTP 206.004-1988 Pan de molde (INACAL, 1988).

PCF* (Prácticas correctas de fabricación).

Según IAlimentos, (2023), en panificación se utilizan diferentes tipos de aditivos para mejorar la calidad del pan y otros productos horneados, siendo los más comunes:

- a. **Ácido ascórbico (vitamina C):** Se “utiliza como mejorante de la harina para mejorar la consistencia y el volumen del pan” (IAlimentos, 2023).
- b. **Alfa-amilasa:** Es una “enzima que se encuentra naturalmente en el trigo, pero su contenido puede variar. Se añade en pequeñas cantidades para estandarizar el contenido de harina y asegurar una cocción más uniforme” (IAlimentos, 2023).
- c. **Emulsionantes:** Estos “aditivos derivados del aceite se utilizan para mejorar la estabilidad de la masa y la estructura del pan. Algunos ejemplos comunes son E471 y E472” (Ésteres de monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos).
- d. **Conservantes:** Se “utilizan para prolongar la vida útil del pan evitando el crecimiento de bacterias. Algunos conservantes comunes incluyen el ácido sórbico (E200) y el ácido propiónico (E280)” (IAlimentos, 2023).
- e. **Agentes blanqueadores de harina:** Estos aditivos “se utilizan para eliminar el color amarillento de la harina y mejorar la calidad de la cocción. Algunos ejemplos son el ácido ascórbico (E300) y el dióxido de cloro (E926)” (IAlimentos, 2023).
- f. **Agentes gelificantes y estabilizantes:** Estos “aditivos se utilizan para espesar y estabilizar productos de panadería. Algunos ejemplos comunes son el alginato de sodio (E401) y la carragenina (E407)” (IAlimentos, 2023).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Análisis de alimentos y en el Centro Experimental de Panificación de la Facultad de Ingeniería Química y metalurgia, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de la empresa Granotec Perú. desde setiembre del 2022 hasta febrero del 2023.

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materia prima

La materia prima a utilizar será los granos de pan de árbol procedente de la localidad de Kimbiri, así como la harina de trigo.

3.2.2. Insumos

- α – amilasa fúngica
- Lactosuero
- Levadura prensada (Fleischmann)
- Manteca vegetal
- Sal
- Agua

3.2.3. Materiales

- Fiola de 100 ml y 250 ml
- Vasos de precipitado de vidrio de 1000 ml, 500 ml, 250 ml, 150 ml
- Varilla de vidrio
- Tubos de ensayo
- Espátula
- Bolsas de polietileno con cierre hermético
- Embudo
- Papel filtro
- Balones de digestión
- Bandejas
- Buretas de 50 ml
- Crisol de porcelana
- Desecador con desecante silicagel
- Dispensador con pipeta automática para Falling Number ajustable de 5 a 30 ml
- Espátulas
- Erlenmeyer de 500 ml
- Mortero
- Probetas de 10, 100 y 1000 ml
- Pipetas de 1; 2; 2,5; y 5 ml
- Placa de extracción, de reposo y laminado
- Tubos de vidrio específicos para Falling Number.
- Placas Petri (PIREX).
- Pipetas bacteriológicas de 1 ml.
- Asa de incubación con anillo de 3 mm de diámetro.

3.2.4. Equipos

- Amasadora de capacidad 25kg (Panificadora de la FIQM)
- Equipo Mixolab marca CHOPIN modelo 2 (Lab. Granotec)
- Balanza analítica marca OHAUS, modelo AS200 capacidad máxima 200 g.
- Cocina eléctrica (Centro Experimental Jugos y Conservas)
- Determinador de humedad marca METTLER, modelo NJ33
- Divisora (Panificadora de la FIQM)
- Estufa eléctrica marca BIONET modelo ESTBN20, T° 300 °C (Lab. Tec.)

- Estufa de incubación a 30-32°C (Lab. Análisis sensorial FIQM)
- Extractor Soxhlet (Lab. Análisis alimentos)
- Equipo de digestión para fibra cruda (Lab. Análisis alimentos)
- Equipo de determinación de proteínas (Lab. Análisis alimentos)
- Horno a gas, marca NOVA (Panificadora de la FIQM)
- Texturómetro Koehler (Lab. Investigación FIQM)
- Contador de colonias (Lab. Microbiología FCB).
- Equipo de baño maría 35 - 50°C (Lab. Microbiología FCB).
- Autoclave (Lab. Microbiología FCB).

3.2.5. Reactivos

- Citrato de sodio $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$
- Maltodextrina
- Alginato de sodio
- Cloruro de calcio CaCl_2
- Cloruro de sodio NaCl
- Agar OGY (Agar-Oxitetraciclina-glucosa-extracto de levadura).
- Agua peptona bufferada 0.1%.
- Agar extracto de levadura glucosa cloranfenicol

3.3. Diseño metodológico

3.3.1. Tipo de investigación

Investigación experimental

3.3.2. Nivel de investigación

Aplicativo

3.3.3. Población

La población fue constituida por los panes de moldes con harinas sucedáneas producidas en el distrito de Ayacucho.

3.3.4. Muestra

La muestra fue constituida por los panes de moldes sustituidos con harina de pan de árbol en el distrito de Ayacucho.

3.3.5. Variables e indicadores

Variable dependiente

Y_1 = Características tecnológicas y sensoriales.

Indicadores:

Y_{11} = Análisis reológico (Nm).

Y_{12} = Volumen específico (ml/g)

Y_{13} = Perfil de textura ($\text{dm}^2/\text{kg.s}$)

Y_{14} = Análisis sensorial (sabor, olor y color).

Variable Independiente:

X_1 = % harina de pan de árbol

X_2 = % de lactosuero.

X_3 = % de α amilasa

Indicadores:

X_1 = 5, 10 y 15 % (Acuña, 2005).

X_2 = 20 y 30% (Güemes, Totosa, Hernandez, Soto, & Aquino, 2009).

X_3 = 0.01 y 0.03% (SPIN, 2023).

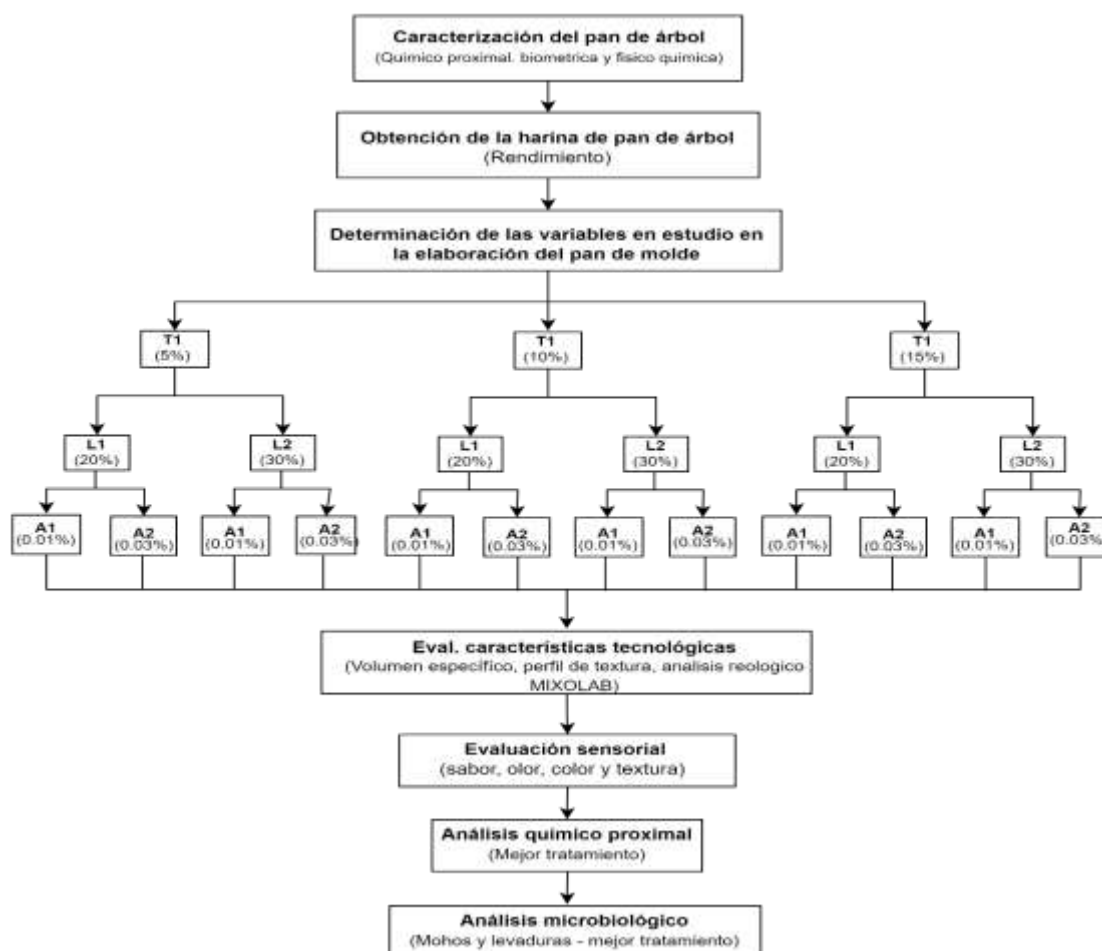
3.3.6. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques incompletos al azar, y su arreglo factorial se muestra en la Figura 7.

Se realizó análisis de varianza (ANVA) sobre los resultados de las variables de estudio para determinar el nivel de significación estadística; Luego, los datos se sometieron a una prueba de clasificación de torres para determinar el mejor tratamiento.

Figura 7

Diseño experimental para los parámetros en estudio del pan de molde.



3.3.7. Caracterización del fruto del pan de árbol

El análisis químico cerca de la materia prima se lleva a cabo utilizando la metodología (AOAC, 2007):

- Proteínas: Método AOAC 935.39C-Semimicrokjeldahl
- Grasas: Método AOAC 920.39C-Soxhlet
- Humedad: Método AOAC 930.15, 2000-Método de la Estufa
- Ceniza: Método AOAC 935.39B
- Carbohidratos: Por diferencia.

Además, se realizó la caracterización biométrica del fruto de pan de árbol, determinando las siguientes cuantificaciones:

- En el caso del fruto de pan de árbol "se determinó el peso, la longitud, diámetro, y el número de semillas. La evaluación se realizó con 10

repeticiones, los resultados se reportan considerando el promedio y la desviación estándar” de las repeticiones (Apaestegui, 2011).

- Para el caso de las semillas, se evaluó “el peso para ello se utilizó una balanza de precisión, para la longitud y el diámetro se utilizó un vernier. La evaluación se realizó con 5 repeticiones por cada fruto” (Apaestegui, 2011).

Se realizó el análisis físico químico del pan de árbol, manejando la siguiente metodología (AOAC, 2007):

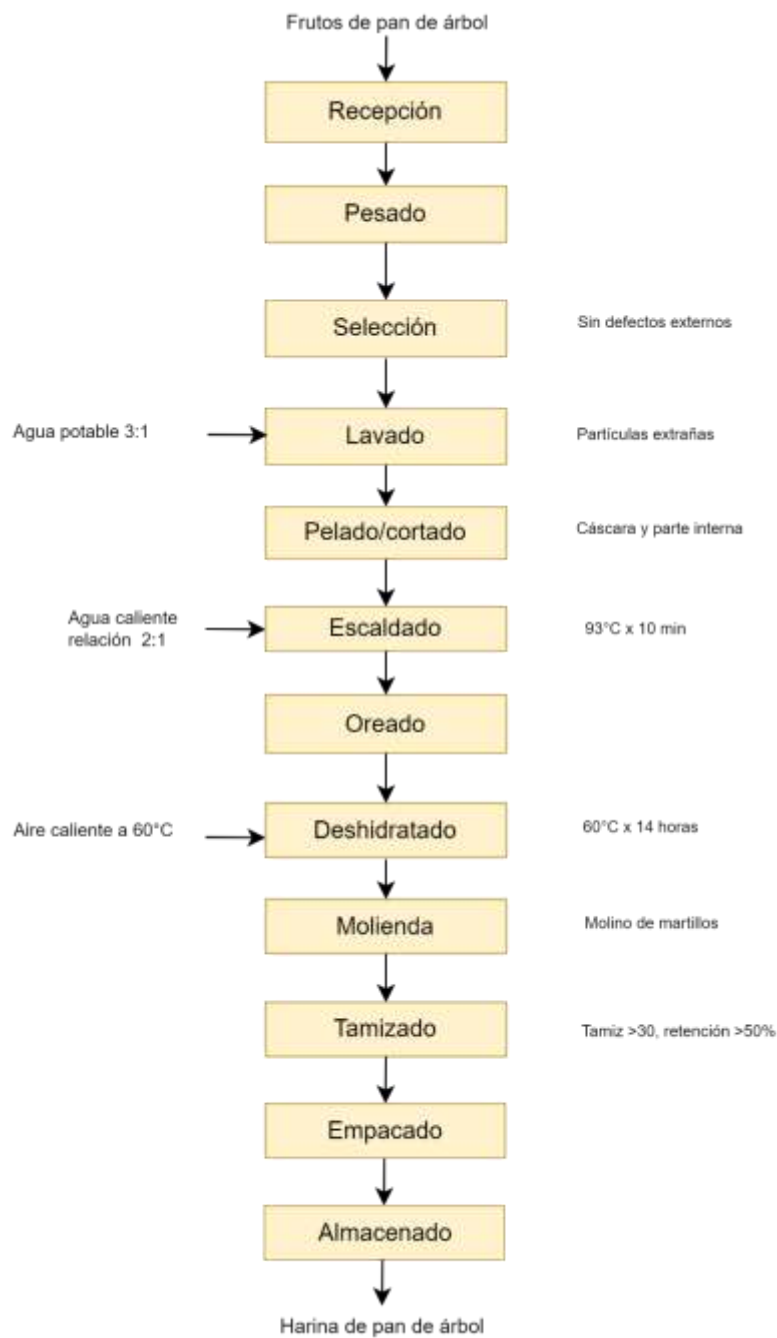
- **Acidez titulable:** Método AOAC 947.05 (Ver Anexo 12)
- **pH:** Método AOAC 981.12 por potenciometría.
- **Sólidos solubles o determinación de los grados Brix:** Método AOAC 932.12. Para establecer los grados Brix, se tomaron muestras representativas de la fruta de pan de árbol, se maceraron hasta obtener una gota de jugo. Posteriormente mantuvo la temperatura de los prismas a 20°C, luego se abrieron los prismas y se colocó una gota de jugo. Los prismas se cerraron y se abrió la entrada de luz. En el campo visual se vio una transición de un campo claro a uno oscuro. Con el botón compensador se estableció el límite de los campos, lo más exacto posible. Con el botón calibrador se fijó el límite en la cruz de las diagonales del cuadro superior. En el cuadro inferior se leyó el índice de refracción y los grados Brix.

3.3.8. Proceso de obtención de harina de pan de árbol

El proceso de producción de la harina a partir de fruto de pan de árbol se basó en la figura 8:

Figura 8

Flujograma de elaboración de harina de pan de árbol.



Las operaciones para obtener harina del fruto de pan de árbol fueron las siguientes:

a. Recepción

Se “recepción el fruto de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) en estado maduro, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión como frutos sobre maduros” (Cueva & De-Loayza, 2018).

b. Pesado

Los “frutos enteros fueron pesados en una balanza con el fin de determinar el rendimiento del proceso” (Castillo, 2007).

c. Selección

Fueron “seleccionados aquellos frutos aptos teniendo en cuenta los siguientes criterios: no presentar magulladuras, golpes, rajaduras, hongos, laceraciones, picaduras de insectos, aves o mordeduras de roedores y poseer un peso no” menor a 600 gramos (Castillo, 2007).

d. Lavado

Los “frutos de pan de árbol fueron lavados con agua clorada (2 ppm) buscando reducir la carga bacteriana y eliminar impurezas y suciedades” (Castillo, 2007).

e. Pelado/Cortado

Consiste en retirar la cáscara manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable, sin desperdiciar mucha pulpa, (sin quedar cáscara adherida a la fruta, la cual proporciona a la harina sabor amargo, debido a su alto contenido de pectina) ya que esto influye en gran medida en el rendimiento del proceso. La pulpa fue cortada en tajadas muy finas y colocadas en un balde plástico con agua clorada (2 ppm) (Castillo, 2007).

f. Escaldado

El proceso de escaldado requiere del uso de calor en el cual, el alimento se somete de 70 °C a 100 °C por intervalos de 30 segundos hasta menos de 10 minutos (Hong-Wei, y otros, 2017). Los alimentos pueden ser escaldados poniendo en contacto ya sea con agua, vapor, aire caliente, o con microondas, dependiente de la naturaleza y el tamaño del producto (GIMIM, 2021).

g. Oreado

Tras “el lavado se pone al aire en un sitio con corrientes de aire pero que no le dé directamente el sol. Según el clima del lugar se deja unos días” (Lara, 2018, pág. 33).

h. Deshidratado

Las tajadas finas del fruto del pan de árbol fueron colocadas en bandejas de acero inoxidable enumeradas. Las bandejas marcadas fueron llevadas al deshidratador a unas temperaturas entre 55°C-85°C por un periodo de 5 horas, las tajadas deshidratadas fueron colocadas en baldes plásticos limpios para ser pesadas (Castillo, 2007).

i. Molienda

Se “empleó un molino de martillos convencional, alimentado con las tajadas del fruto de pan deshidratadas para obtener harina” (Castillo, 2007).

j. Empacado

El empacado “fue realizado en bolsas de polietileno bioorientado y sellado de manera hermética en unidades de 250 gramos. Se tomaron muestras de la harina para la realizarse los análisis bromatológicos, microbiológicos” (Castillo, 2007).

k. Almacenamiento

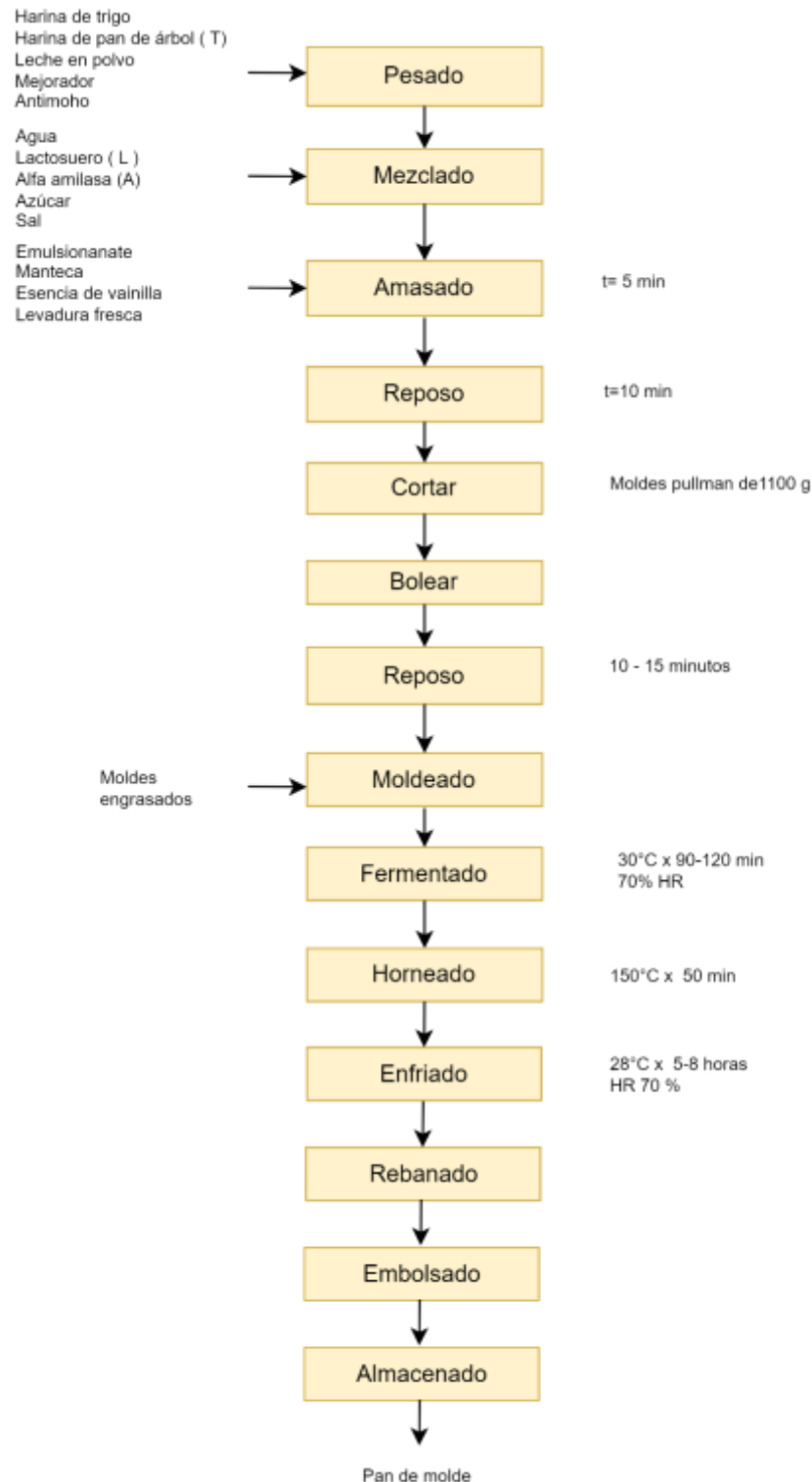
La harina se “almacenó en un lugar seco y fresco, a una temperatura de 28°C y 69% de humedad relativa en promedio, protegido de la presencia de insectos, roedores y de la acción” de la luz solar y artificial (Castillo, 2007).

3.3.9. Determinación de las variables en la elaboración del pan de molde

En la producción de pan de molde con sustitución con harina de pan de árbol se trabajó según la formulación de pan de molde (NOVA, 2020), el proceso de elaboración del pan de molde se efectuó según el modelo factorial de 3x2x2 factores con un Diseño completo al azar y los tratamientos en estudio del anexo 17 y la figura 9.

Figura 9

Proceso de elaboración de pan de molde con harina de pan de árbol, α -amilasa y lactosuero.



Nota. Tomado de (NOVA, 2018; Edel & Rosell, 2007; León & Urbina, 2015)

El pan de molde con sustitución con harina de pan de árbol se elaboró utilizando el método directo en la Panificadora de la FIQM y consistió en las siguientes operaciones:

a) Pesado

Se pesó cada ingrediente utilizando una balanza electrónica: harina de trigo, harina de pan de árbol, agua, sal, azúcar, levadura y aceite (García-García, 2011).

En el anexo 17 se muestra el contenido de ingredientes utilizados para elaborar pan de molde.

b) Mezclado

Se disolvieron la levadura y el azúcar en una parte del agua total, en el tazón de la batidora para masa panadera, se mezcló los insumos secos, es decir, la harina de pan de árbol, sal, con el agua, propionato calcio y, por último, el aceite. Luego de obtener una mezcla uniforme, se agregó la levadura, azúcar y el agua restante por 5 minutos (Edel & Rosell, 2007). (Ver formulación anexo 17).

c) Amasado

Posteriormente, se amasó la mezcla, hasta obtener el punto de gluten intermedio, cuyo tiempo de amasado fue de 5-9 minutos con el fin de obtener una masa elástica y tenaz (Edel & Rosell, 2007; León & Urbina, 2015; NOVA, 2018).

d) Reposado I

La masa se boleó con un ligero movimiento de rotación hacia dentro para reconstruir manualmente la estructura de la masa y se reposó por un tiempo de 10 minutos a fin de relajar la masa facilitando el moldeado posterior y recuperar la desgasificación, debido al proceso de división y boleado realizado, el cual debilitó en cierta medida la masa obtenida para cada tipo de formulación (Edel & Rosell, 2007; León & Urbina, 2015).

e) Cortado

Se dividió la masa homogénea en pesos iguales de 1100 gramos de masa en cada molde de aluminio, el cual fue enharinado y engrasado previamente (León & Urbina, 2015; NOVA, 2018).

f) Boleado

Cada masa pesada de 1100 g, se extendió completamente con ayuda de un rodillo de manera uniforme para proceder al armado con la forma deseada, el cual se enrolló manualmente del tamaño del molde (Edel & Rosell, 2007).

g) Reposado II

Dejar en reposo la masa boleada por un tiempo de 10-15 minutos para que la masa tenga más fuerza y mayor plasticidad (NOVA, 2018).

h) Moldeado

Se espolvorea la masa con harina y se procede a laminar, enrollar, siempre quitándole todas las bolas de aire, tratar de que la masa tenga la misma medida (NOVA, 2018).

i) Fermentación

Se colocaron los moldes sobre las rejillas dentro de la cámara fermentadora FRAVILL acondicionada. Se dejó que las proporciones de masa se expandan por 45 minutos a 30°C a una humedad relativa de 80-85 % (Edel & Rosell, 2007; León & Urbina, 2015).

j) Horneado

Se introdujeron los moldes de aluminio que contienen la masa del pan, al horno ANLIN a una temperatura de 150 °C por 50 minutos, hasta que la cocción se dé completamente en el producto final (León & Urbina, 2015; NOVA, 2018).

k) Enfriado

Se dejó enfriar a temperatura ambiente los panes horneados, por el tiempo de 5 a 8 horas hasta los 28°C, con HR de 70% para proceder a las determinaciones volumétricas de la miga y análisis concernientes (León & Urbina, 2015; NOVA, 2018).

3.3.10. Evaluación de las características tecnológicas

a) *Análisis reológico de masas*

Se empleo el método Mixolab Chopin, norma ICC- 173 (CHOPIN, 2019). Para este análisis se debe preparar una sustancia hidratada para lograr la consistencia de referencia en el primer paso del análisis y continuar con los pasos restantes. El valor de par de referencia de Chopin+ para la muestra de 75 g es de 1,1 Nm.

Según (CHOPIN, 2019; Hadnadev, Torbica, & Hadnadev, 2011), al emplear este método, la harina pasa por cinco etapas disímiles:

1. En la primera etapa de mezclado se miden las propiedades: estabilidad, elasticidad y absorción de agua (amasado C1).
2. En la segunda etapa de mezclado, la masa se somete al par máximo de la batidora y se mide la deformación lograda en un determinado período de tiempo, lo que indica el debilitamiento de las proteínas. Cuanto mayor es la disminución de la consistencia, menor es la calidad de la proteína, porque no resiste las fuerzas cortantes de la mezcla (C2 - masa proteica).
3. En la tercera etapa tiene lugar la gelatinización: los gránulos de almidón absorben agua y se hinchan, y las moléculas de amilosa se eliminan por lavado, lo que ayuda a aumentar la viscosidad (C3 gelatinización del almidón).

4. En el cuarto paso, la consistencia disminuye debido a la acción de la amilasa. Esta reducción depende de la actividad amilolítica (actividad C4-amilasa).
5. En el quinto paso, a medida que disminuye la temperatura, se observa un aumento de la consistencia debido a la gelificación y/o retrogradación. Los parámetros analizados fueron: índice de absorción de agua, índice de amasado, índice de fuerza del gluten, índice de viscosidad, índice de resistencia a la amilasa, índice de retrogradación (C5 retrogradación del almidón).

Estos análisis son monitorizados a través de la curva típica de Mixolab (Ver figura 6, pág.28) donde la harina toma valores de índices en el eje de las abscisas (X) de cero a nueve en cada fase.

El MIXOLAB es usado para una caracterización completa de la harina bajo 6 criterios

1. Absorción de agua: cuanto mayor sea el índice de absorción de agua, mayor será la tasa de absorción de agua de la masa.
2. Índice de amasado: Cuanto mayor sea el índice de amasado, más estable se vuelve la masa.
3. Índice de gluten: cuanto mayor sea el índice de gluten, más fuerte será la resistencia al gluten.
4. Consistencia tibia (viscosidad): cuanto mayor es el índice, mayor es la viscosidad de la masa cuando se calienta.
5. Grado de germinación (índice de amilasa): cuanto mayor es el índice de amilasa, mayor es la actividad de la amilasa.
6. Índice de retro degradación: cuanto menor sea el índice de retro degradación, mayor será la vida útil del pan (CHOPIN, 2019).

b) Determinación del volumen específico de pan de molde

Este parámetro se midió empleando una modificación del método 10-05 de la AACC (2000) propuesta por (Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021), esto implicó determinar el volumen del pan moviendo las semillas de quinua a un recipiente cilíndrico de PVC con un diámetro de 11 cm y una altura de 90 cm (volumen 8553 centímetros cúbicos). Cómo hacerlo: Coloca las semillas en un cilindro vacío y anota la altura alcanzada, luego coloca las semillas en otro recipiente y vacía el cilindro.

Después de eso, se coloca una barra en el cilindro, se vuelven a colocar todas las semillas y se mide su desplazamiento desde la marca. Finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

$$VEP = \frac{\text{Volumen del sobrante (mL)}}{\text{Peso del pan (g)}}$$

Donde:

VEP = volumen específico del pan de molde (ml/g)

V = volumen del sobrante (ml)

P = peso del pan (g)

Por otra parte, se pesó el pan de molde. El volumen específico se estableció mediante la división del volumen (cm³) obtenido entre el peso (g) del pan de molde. Este ensayo se efectuó por triplicado.

c) Medición del perfil de textura

La dureza se estableció a través de un ajuste del método 74-10A de la AACC (2000), propuesta por (Elías, García, Pérez, & Yauris, 2021). El procedimiento es el siguiente:

1. Cortar la mitad del pan en rodajas de 2 cm de grosor.
2. Retire la piel y coloque las migajas con el lado plano contra el émbolo del analizador de textura (cilindro de plexiglás de 2 cm de diámetro).
3. La dureza se midió comprimiendo virutas con un analizador de textura en modo manual usando una velocidad de punzonado de 1,7 mm/s y una distancia de carrera del cilindro de 10 mm.
4. Medir por triplicado.

3.3.11. Evaluación de las características sensoriales

El método de evaluación sensorial se realizó en una escala de calificación hedónica de prueba válida de 1 a 7 puntos, incluyendo análisis de sabor, olor y color, y fue evaluado por 18 jueces semientrenados, cuyos casos se muestran en el Anexo 14. La varianza se realizó y clasificó mediante la prueba de Tuckey.

3.3.12. Análisis químico proximal

Se efectuó los análisis al mejor tratamiento de la evaluación tecnológica y sensorial del pan de molde en estudio, manipulando la metodología de (AOAC, 2007):

- Proteínas: Método AOAC 935.39C-Semimicrokjeldahl
- Grasas: Método AOAC 920.39C-Soxhlet
- Humedad: Método AOAC 930.15, 2000-Método de la Estufa

- Ceniza: Método AOAC 935.39B
- Carbohidratos: Por diferencia.

3.3.13. Análisis microbiológico

Los ensayos de moho y levadura se realizaron por triplicado según el método AOAC 997.0211 (AOAC, 2007). Durante los 12 días del estudio se realizaron 2 pruebas. La frecuencia de los análisis se determinó en base a la vida útil del pan de molde, que según estudios empíricos es de aproximadamente 12 días.

3.4. Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado es un modelo factorial de 3x2x2 factores con un Diseño completo al azar.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\theta_{ik} + \beta\theta_{jk} + \alpha\beta\theta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable respuesta

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j ésimo nivel del factor B

θ_k = Efecto del k ésimo nivel del factor C

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto interacciones del i ésimo nivel factor A, con el j ésimo nivel factor B

$\alpha\theta_{ik}$ = Efecto interacciones del i ésimo nivel factor A, con el k ésimo nivel factor C

$\beta\theta_{jk}$ = Efecto interacciones del j ésimo nivel factor B, con el k ésimo nivel factor C

$\alpha\beta\theta_{ijk}$ = Efecto interacciones del i ésimo nivel factor A, con el j ésimo nivel factor B, con el k ésimo nivel factor C.

ε_{ijkl} = efecto del error experimental

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa Statgraphics Centurion XVI y en Minitab 19, las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p < 0,05$, con un nivel de confianza de 95%.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Luego de obtener los datos experimentales y de investigación, los datos obtenidos fueron procesados de acuerdo al problema a resolver y la investigación, objetivos e hipótesis propuestos para comprender el efecto terapéutico de sustituir la harina de trigo por harina de pan de árbol, alfa-amilasa y suero. Para lograr nuestro objetivo, los datos pasaron por tabulación de datos, preparación de gráficos, análisis de varianza (para ver su importancia con un error del 0,05%) y prueba de rango estadístico (de Tuckey). Para realizar este proceso se utilizó el software estadístico como el Statgraphics Centurion XVI y Minitab v.19.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización del fruto del pan de árbol

4.1.1. Características biométricas del fruto del pan de árbol

Se efectuó evaluaciones de peso, longitud, diámetro y numero de semillas, para lo cual se evaluó a 10 frutos del pan de árbol tomadas al azar. Los promedios de estas evaluaciones se presentan en la tabla 11.

Tabla 11

Características biométricas del fruto de pan de árbol.

Característica	Unid	Valor	DS
Peso	g	924,45 ±	129,55
Longitud	cm	14,85 ±	1,48
Diámetro	cm	11,44 ±	0,88
Nº semillas	Unid	43,00 ±	4,90

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 11, podemos mencionar que el peso promedio del fruto de pan de árbol fue de 924,45 g con un rango entre 749,6g como mínimo y 1197,6 g como valor máximo, resultando inferior a 1064,23 g reportado por (Benítez, 2011), y a 1005,5 g obtenidos por (Apaéstegui, 2011), y a los 993,1 g, reportado por (Castillo, 2007), quién indica un rango de 696 a 1376 g.

La longitud promedio del fruto de pan de árbol determinado fue de 14,85 cm entre un intervalo mínimo de 12,86 cm y un máximo de 18 cm mayor, siendo este valor inferior a los 17,8 cm reportado por (Apaestegui, 2011), con un rango de 12,9 y 21,6 cm.

En cuanto al diámetro promedio del fruto de pan de árbol se determinó 11,44 cm, con rango mínimo de 10,25 cm y valor máximo de 13,30 cm, valor inferior a 12,11 cm reportado por (Apaéstegui, 2011), quien determino un rango entre 10 a 15,5 cm.

En cuanto al número promedio de semillas del fruto de pan de árbol se determinó en promedio 43, considerando un rango entre 36 y 53 semillas, resultando un valor inferior a 46 reportado por (Apaestegui, 2011).

Estos resultados nos hacen referencia a que el pan de árbol de la zona de Kimbiri, resultó con menores características biométricas que el fruto de pan de árbol de Tingo María, así como de Quito, lo cual se fundamentó en las características edafoclimáticas que influyen directamente en el desarrollo de este fruto, así como la incipiente mejora de los cultivos en el VRAEM (Gonzalo & Gil, 2012).

Además, se realizaron a las semillas del pan de árbol las evaluaciones de peso, longitud y diámetro tomando como base del estudio 60 semillas del pan de árbol tomadas al azar. Los resultados de las características biométricas de las semillas de pan de árbol utilizados en el estudio se observan en la tabla 12.

Tabla 12

Características de las semillas de pan de árbol.

Característica	Unid	Valor	DS
Peso	g	8,62 ± 0,51	
Longitud	cm	2,86 ± 0,13	
Diámetro	cm	2,29 ± 0,16	

De acuerdo a los resultados, el peso promedio obtenido de las semillas es $8,62 \text{ g} \pm 0,51$ g, en cuanto a longitud se alcanzó un valor de $2,86 \text{ cm} \pm 0,13$ y en cuanto al diámetro este alcanzo el valor de $2,29 \pm 0,16$; estos resultados fueron inferiores a $9,1 \text{ g}$ del peso de semilla, $2,92 \text{ cm}$ de longitud y $2,35 \text{ cm}$ de diámetro reportado por (Apaéstegui, 2011); sin embargo estos valores si se encuentran dentro del rango de $2,4 - 3,3 \text{ cm}$ para longitud y $1,8$ a $2,7 \text{ cm}$ para el diámetro reportado por (Parrota A. , 1994).

4.1.2. Composición químico proximal del fruto del pan de árbol

En la tabla 13, se presentan el resumen de los resultados obtenidos en la evaluación químico proximal de las semillas de pan de árbol como materia prima utilizada en la elaboración de pan de molde con harina de semillas de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa.

Los resultados obtenidos de los macro componentes de las semillas de pan de árbol que resultó del promedio de tres repeticiones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13

Composición Químico proximal de la semilla frescas de pan de árbol (g/ 100 g, b. h.).

Nutriente	Unid	Valor		SD
Agua	g	54,23	±	0,8199
Carbohidratos totales	g	27,62	±	1,8752
Proteínas	g	11,66	±	0,4977
Grasa total	g	4,80	±	0,1395
Ceniza	g	1,69	±	0,0187

La composición químico proximal de las semillas de pan de árbol de la tabla 13, se observa que el principal componente son el agua con un $54,23 \text{ g}$, seguido de los carbohidratos totales con un $25,54 \text{ g}$, las proteínas con un $11,66 \text{ g}$ y grasa total en un $4,80 \text{ g}$, resultando el contenido de proteínas superior al $10,31 \text{ g}$ reportado por (Apaéstegui, 2011), y al $5,5 \text{ g}$ reportado por (Benítez, 2011), pero dentro de los rangos de contenido de agua ($35,08 - 56,80 \%$), proteínas ($5,25 - 13,3 \%$), grasa ($2,59 - 5,59 \%$), fibra ($1,34 - 2,14 \%$) y ceniza ($1,50 - 5,58 \%$) a excepción de los carbohidratos totales ($30,80 - 44,00\%$), indicados por (Morton, 1987).

Además, este resultado hace que sea una semilla con alto valor proteico, superior al contenido proteico del maíz $9,3 \text{ g}$, arroz $6,5 \text{ g}$ y sorgo $10,7 \text{ g}$ (FAO, 2022) y otros tal la

yuca 0,2 g, camote 0,3 g, papa 0,8 g, mashua 9,17 g y oca 4,60 g (INCAP, 2019; Espín, Villacrés, & Brito, 2014). Este resultado es alentador para emplearlo en la formulación de alimentos con alto contenido proteico.

4.1.3. Caracterización físico química del fruto del pan de árbol

Dentro de los resultados de las principales características físico-químicas como el pH, acidez y solidos solubles determinadas en las semillas del pan de árbol, se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14

Propiedades fisicoquímicas de la semilla del pan de árbol

Propiedades	Unid.	Valor	SD
Acidez titulable	mg/100 ml Ac. Cítrico	0,93 ± 0,01	
pH		6,19 ± 0,01	
Sólidos solubles	%	5,25 ± 0,93	

La propiedad fisicoquímica más importante es la acidez titulable de la semilla de pan de árbol, el cual alcanzo valores de 0,93 mg de ácido cítrico/100 ml; asimismo el pH alcanzado fue de 6,19, por lo tanto, siendo mayor a 0,91 mg de ácido cítrico en acidez y menor al 6,25 de pH reportado (Apaestegui, 2011), por consiguiente, se puede afirmar que las semillas de pan de árbol en estudio se ubican en el grupo de alimentos de baja acidez o poco ácidos ($\text{pH} > 5.0$), por consiguiente, se trata de los alimentos con mayor riesgo, en los que pueden proliferar gran cantidad de microorganismos, como hongos, levaduras y bacterias patógenas, así como desarrollar gérmenes resistentes al calor (FOOD TECH, 2022).

En cuanto a la tercera propiedad fisicoquímica, los sólidos solubles de la semilla del pan de árbol, este se determinó en frutos de Grado 3 (Verde Amarillo), cuyo valor fue de 5,25% SS, resultando superior a 3,92% SS al reportado por (Apaestegui, 2011) e inferior a 7,8% SS reportado por (Taricuarima, 2021). Por consiguiente, los sólidos solubles son una fuente energética de rápida fermentación la cual es utilizada por los microorganismos.

4.2. Obtención de la harina a partir de las semillas de pan de árbol

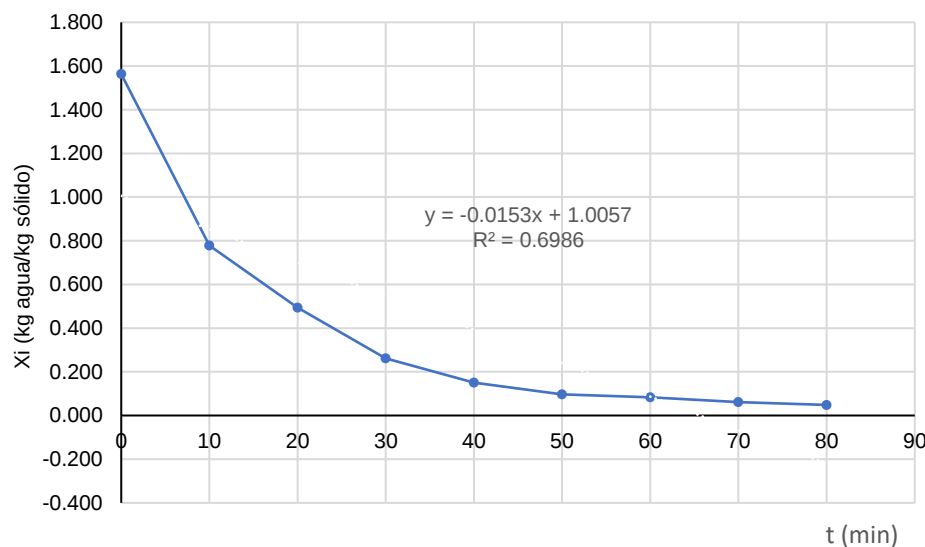
En el proceso de obtención de harina de semillas de pan de árbol, una de las operaciones más importantes fue el deshidratado, para ello se empleó algunos equipos como balanza digital y un secador de bandejas eléctrico de capacidad de 1 kg por bandeja.

Para ello seleccionó las semillas de fruta de pan, se las lavó y cortó en rodajas de aproximadamente 4 mm de espesor, después se colocó uniformemente las rodajas de las semillas de pan de árbol en las bandejas, se las pesó en una balanza digital, se sometió a un secado a 60°C. Se controló el peso de las bandejas con las semillas de pan de árbol en intervalos de tiempo de 10 minutos, hasta peso constante. Se realizaron cálculos específicos según la metodología indicada en el ítem 3.3.6. para la temperatura de secado de 60°C.

La cinética del secado de las semillas de pan de árbol a partir de los datos del anexo 16, se aprecia en la figura 10.

Figura 10

Curva del tiempo de proceso de deshidratación de la fruta de pan a 60°C.



En la figura 10 se evidencia que a la temperatura de 60°C el tiempo de secado que permitió mantener constante el peso de las semillas de pan de árbol, fue de 80 minutos es decir 1 hora y 20 min, permitiendo mantener el peso de las semillas de pan de árbol constante, esta operación de secado permitió obtener un rendimiento de 40,9%, este resultado resulto inferior al 42,48% obtenido a 70°C por (Carrasco, 2010).

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos analizar e inferir que los resultados se ven influenciado por los parámetros del proceso como temperatura y flujo de aire de secado, por lo que con las condiciones de 1,5 m/s de velocidad de secado y a la temperatura de 60°C, se logró eliminar el contenido de agua hasta una humedad de 4,61%; mientras que (Carrasco, 2010), en un secado a 70°C con un flujo de aire de 1 m/s se logró eliminar el contenido de agua hasta la humedad de 7,1%.

En cuanto al rendimiento del proceso de obtención de harina de pan de árbol, luego de efectuado el proceso teniendo en cuenta los parámetros del flujograma de la figura 8, se obtuvo los rendimientos por cada uno de las operaciones realizadas y por proceso, cuyos resultados se observan en la tabla 15.

Tabla 15

Rendimientos en la obtención de harina de pan de árbol.

Operaciones	Entra	sale	Queda	Rendimiento	
				Operación	Proceso
Recepción	10,00	0,00	10,00	100,00%	100,00%
Selección	10,00	0,55	9,45	94,50%	94,50%
Lavado	37,80	28,29	9,51	25,15%	95,07%
Desinfectado	37,72	27,91	9,81	26,01%	98,11%
Pelado/Cortado	9,81	2,44	7,37	75,10%	73,68%
Blanqueado	29,47	21,88	7,59	25,75%	75,89%
Deshidratado	7,59	4,48	3,11	40,97%	31,09%
Molienda	3,11	0,50	2,61	84,02%	26,12%
Tamizado	2,61	1,02	1,59	60,99%	15,93%
Envasado	1,59	0,01	1,59	99,54%	15,86%
Almacenado	1,59	0,00	1,59	100,00%	15,86%

De acuerdo a la tabla 15, se obtuvo una harina con 4,61% de humedad y se alcanzó un 15,86% de rendimiento por proceso; sin embargo, este resultado resulto inferior al 17,9% y humedades de 11,48% obtenido por (Castillo, 2007) y al 18,64% obtenido por (Carrasco, 2010), con una humedad de 7,1% en harina de pan de árbol, por lo cual podemos afirmar que debido a la mayor humedad en la harina ha influido en el rendimiento del proceso.

4.3. Determinación de las variables en estudio

Se obtuvieron resultados de la prueba reológicas, volumen específico y perfil de textura, los que se detallan a continuación.

4.3.1. Análisis reológicos – MIXOLAB

Los resultados del análisis reológico de la masa panaria se expresó en el estudio del tiempo (min) como de fuerza (Nm), tanto para la muestra control de harina de trigo, así como para las 12 formulaciones generadas por el modelo factorial 3x2x2 (% de harina de pan de árbol, % de lactosa y % de alfa amilasa) con 3 repeticiones, estos resultados se pueden observar en la tabla 16.

Tabla 16

Resultados de tiempo y fuerza de MIXOLAB standard.

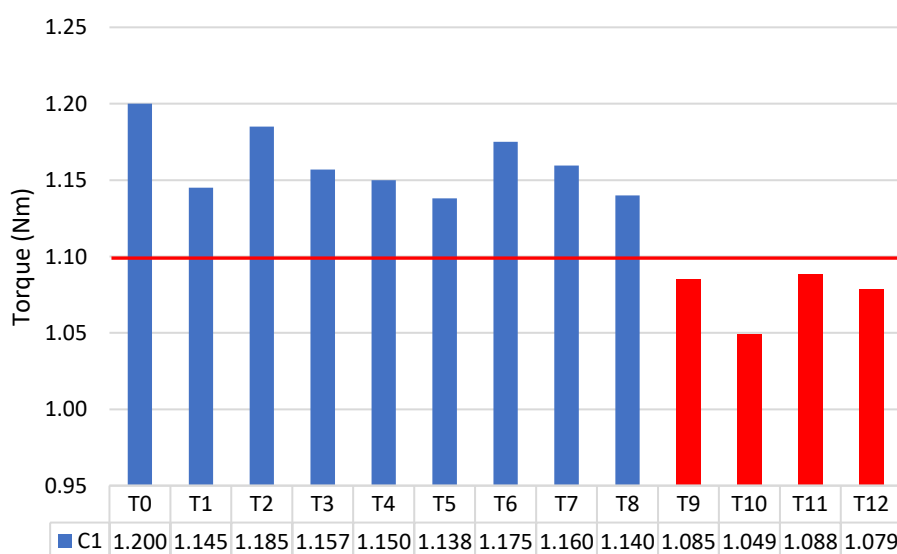
Tratam.	Medición	C1	C2	C3	C4	C5
T0 (Testigo)	Par (Nm)	1,200	0,477	1,430	1,000	1,380
	t (min)	5,89	17,20	23,00	32,00	44,8
T1 (5% HPA, 20%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,145	0,400	1,28	0,890	1,306
	t (min)	5,600	17,60	23,60	32,60	44,9
T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA)	Par (Nm)	1,185	0,457	1,30	0,918	1,315
	t (min)	5,200	17,60	23,40	32,40	45,0
T3 (5% HPA, 30%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,157	0,411	1,20	0,864	1,278
	t (min)	5,40	17,80	23,90	32,8	44,8
T4 (5% HPA, 30%L, 0.03% AA)	Par (Nm)	1,150	0,41	1,27	0,880	1,290
	t (min)	5,80	17,60	23,40	32,4	45,0
T5 (10% HPA, 20%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,138	0,37	1,14	0,825	1,24
	t (min)	5,4	18	23,80	31,6	44,9
T6 (10% HPA, 20%L, 0.03% AA)	Par (Nm)	1,175	0,438	1,30	0,907	1,31
	t (min)	5,2	17,8	23,60	31,8	45,4
T7 (10% HPA, 30%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,160	0,41	1,19	0,846	1,264
	t (min)	5,3	18,4	23,20	31,4	45,2
T8 (10% HPA, 30%L, 0.03% AA)	Par (Nm)	1,140	0,4	1,21	0,890	1,308
	t (min)	5,6	18,6	22,85	31,2	44,9
T9 (15% HPA, 20%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,085	0,33	0,91	0,834	1,253
	t (min)	5,4	18,8	23,2	30,8	45,2
T10 (15% HPA, 20%L, 0.03% AA)	Par (Nm)	1,049	0,3	0,89	0,807	1,212
	t (min)	5,4	19,3	23,6	30,6	45,1
T11 (15% HPA, 30%L, 0.01% AA)	Par (Nm)	1,088	0,29	0,88	0,795	1,208
	t (min)	5,7	19,6	23,4	30,2	49,8
T12	Par (Nm)	1,079	0,31	0,86	0,786	1,202

(15% HPA, 30%L, 0.03% AA)	t (min)	5,4	20,0	23,6	30,0	49,8
---------------------------	---------	-----	------	------	------	------

En el análisis de Desarrollo de las masas (**C1**), de acuerdo a los resultados de la tabla 16 y la figura 11, podemos apreciar que al aumentar el porcentaje de sustitución de harina de trigo con harina de pan de árbol, la fuerza de la masa (Torque) disminuye debido a que la harina de trigo se vuelve débil, por consiguiente la estabilidad del desarrollo de la masa se reduce; de acuerdo a ello la formulación que mejor estabilidad de masa alcanzo fue el testigo T0 alcanzando una fuerza de 1,200 Nm seguido del tratamiento T2 (1,185 Nm) y del tratamiento T6 (1,175 Nm), lo que significa que la estabilidad de las masas lo brindan las harinas fuertes es decir con mayor contenido de gluten, en harinas sustituidas esta fuerza tiende a reducirse, este comportamiento concuerda con lo manifestado por (Clair, 2012; CHOPIN, 2019).

Figura 11

Análisis de desarrollo de las masas (C1)



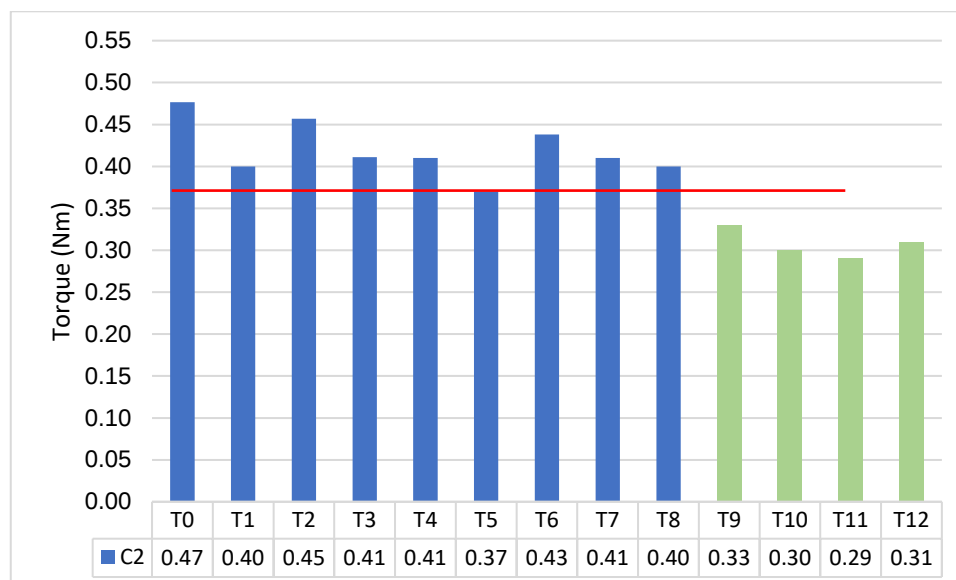
En el análisis de Debilitamiento de las proteínas (**C2**), se observó en la figura 12 que a medida que los tratamientos sustituyen a la harina de trigo debilitan las proteínas por consiguiente estas reducen la estabilidad del gluten reduciendo directamente el volumen del pan de molde, de acuerdo al análisis podemos decir que el mejor tratamiento que alcanzo el mejor volumen fue el testigo T0 (0,47 Nm), siendo seguido por el tratamiento T2(0,45 Nm), seguido del tratamiento T6 (0,438 Nm). Este comportamiento se fundamentó en lo indicado por (Clair, 2012), quien manifiesta “que cuando el torque de

la masa es muy fuerte ($>0,65$ Nm), el volumen será débil y el pan será rígido debido a una red de proteínas resistentes, mientras que cuando el torque es demasiado débil el volumen del pan será menor debido a la falta de elasticidad (glutenina) para guardar gas, es decir, que el torque está relacionado directamente con el contenido de gluten (glutenina y gliadina)”.

De acuerdo a estos resultados podemos decir que (Vásconez, 2015), indica que valores de torque cercanos a 0.46 Nm son adecuados para alcanzar un buen volumen de los productos de panificación, por consiguiente, podemos indicar que el tratamiento T2 alcanzo volúmenes aceptables en el pan de molde.

Figura 12

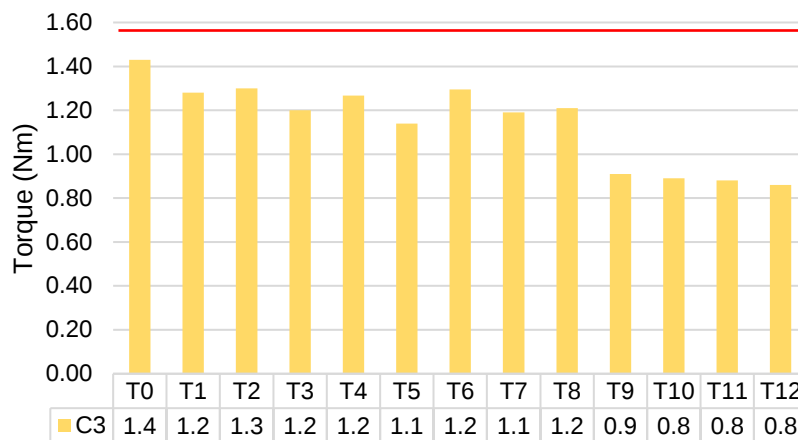
Análisis de debilitamiento de las proteínas (C2)



En el análisis de Gelatinización del almidón (**C3**), el tratamiento que alcanzo el mayor valor de torque fue el tratamiento T2 (1,30 Nm), seguido del tratamiento T6 (1,295 Nm), los cuales se acercaron al testigo T0 (1,43 Nm). Estos resultados obtenidos están por debajo del rango permisible (1,59-2,27 Nm) que indican una buena calidad del almidón y una buena actividad amilásica-miga no pegajosa (CHOPIN, 2019); resultando superior al encontrado por (Alvárez, 2016) en sustitución al 5% (1,05 Nm), al 10% (0,93 Nm) y al 20% (0,81 Nm) de harina de pan de árbol en pan de molde. La mejora de los valores se debe a la incorporación de suero de leche que incrementa la textura (Foegeding & Luck, Whey protein products, 2002) y la alfa amilasa, que da más suavidad al pan, siendo insumos que mejoran la textura, tal como lo sustentan (Biocon, 2017).

Figura 13

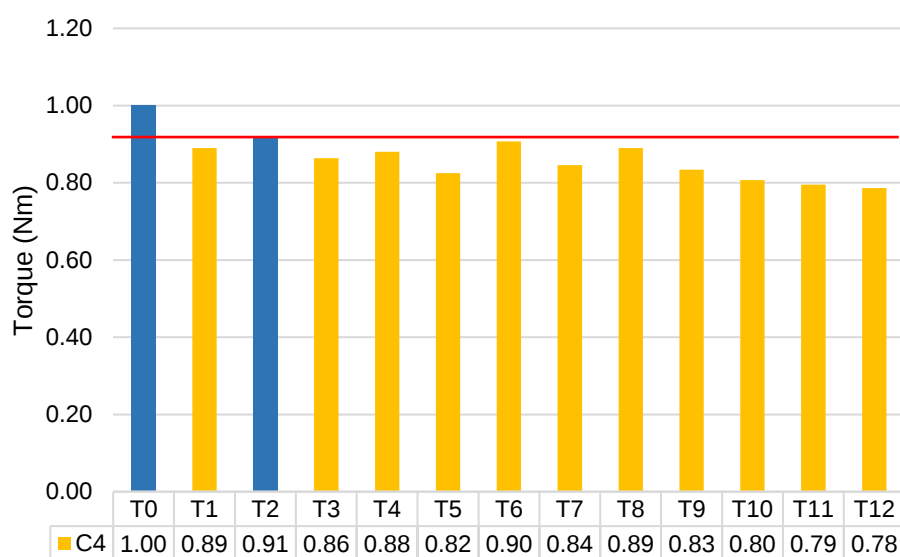
Análisis de gelatinización del almidón (C3).



En el análisis de Actividad amilásica (**C4**), se determinó que el mejor tratamiento que sus masas resistieron a la actividad amilásica fue el T2 (0,918 Nm), seguido del tratamiento T6 (0,907 Nm), pero con valores inferiores al obtenido con el Testigo T0 (1,000 Nm). Estos resultados corroboran con lo manifestado por (Clair, 2012), quien manifiesta que masa panaria con almidones resistentes a la actividad amilásica presentan mayor resistencia al torque; sin embargo, (Biocon, 2017), manifiesta que es importante de obtener panes más suaves, y en ese sentido la actividad amilásica juega un rol muy importante, para obtener panes más suaves.

Figura 14

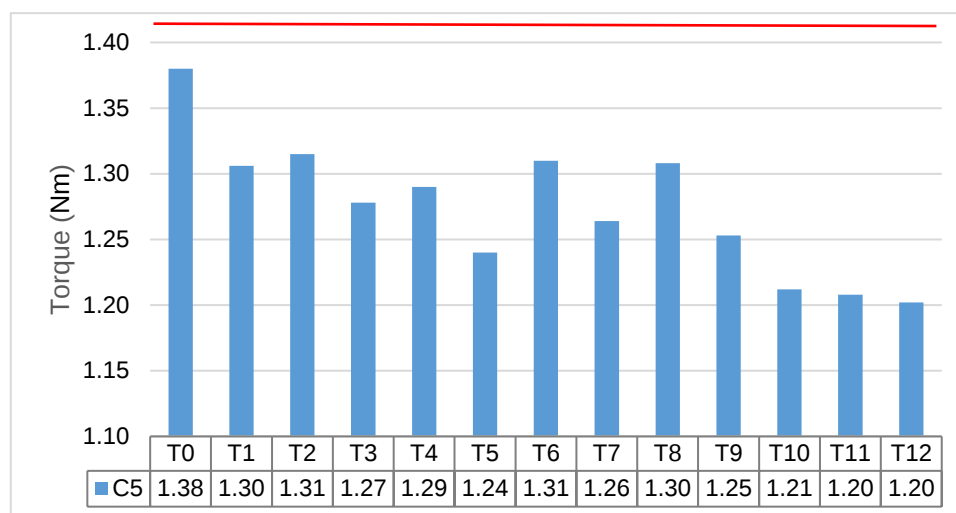
Análisis de actividad amilásica (C4)



En el análisis de retro degradación del almidón (**C5**), de igual manera se determinó al tratamiento que sus masas resistieron a la retro degradación del almidón, el cual fue el T0 (1,380 Nm), seguido del T2(1,315 Nm y del T6 (1,310 Nm), sin embargo, ninguno de ellos alcanzo el valor recomendado (1,46 Nm). Los resultados obtenidos se basan en los indicado por (Alvárez, 2016; Mironeada, Gutt, Gutt, & Codina, 2011), quienes manifiestan que la sustitución de las harina en pan influyen en retrasar la retro degradación del almidón; así (Alvárez, 2016), refiere que panes con solo harina de trigo tienden a tener valores altos de fuerza de torque entre 1,46 a 3,73 Nm; por consiguiente los resultados obtenidos tienen valores menores, es decir tienen menor retro degradación del almidón en sus masas.

Figura 15

Análisis de retro degradación del almidón (C5)

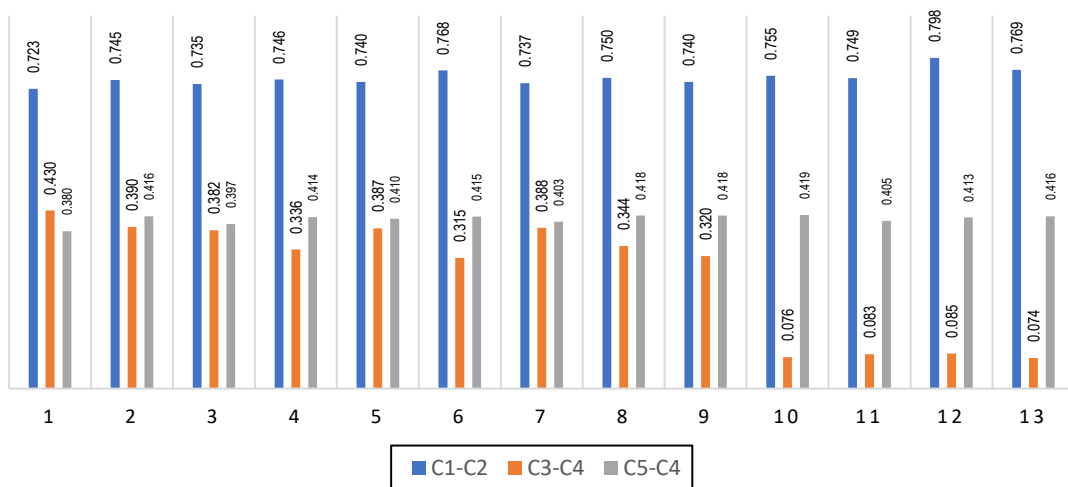


Además, se consideró los siguientes indicadores de calidad del producto de panificación, C1-C2 (Volumen del pan), C3-C4 (Actividad amilásica) y C5-C4 (indicador de vida útil del pan), calificándolo con una escala de 9 Excelente, 7 Muy bueno, 5 Bueno, 3 Regular y 0 malo, cuyos resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 17*Diferencia entre valores C método MIXOLAB.*

Tratam.	C1-C2	Valor	C3-C4	Valor	C5-C4	Valor	Total
T0	0.723	8.3	0.430	9.0	0.380	6.3	23.7
T1	0.745	7.7	0.390	5.7	0.416	3.7	17.0
T2	0.728	8.3	0.382	8.3	0.397	6.3	23.0
T3	0.746	5.7	0.336	5.7	0.414	5.7	17.0
T4	0.740	3.7	0.390	7.7	0.410	5.7	17.0
T5	0.768	3.7	0.315	7.7	0.415	5.7	17.0
T6	0.737	8.3	0.393	7.7	0.403	6.3	22.3
T7	0.750	5.7	0.344	5.7	0.418	4.3	15.7
T8	0.740	7.7	0.320	7.7	0.418	5.7	21.0
T9	0.755	5.7	0.076	3.7	0.419	4.3	13.7
T10	0.749	7.7	0.083	3.7	0.405	5.7	17.0
T11	0.798	3.7	0.085	3.7	0.413	3.7	11.0
T12	0.769	3.7	0.074	3.7	0.416	3.7	11.0

De acuerdo a la tabla 17 y la figura 16, se puede identificar que el mejor tratamiento fue el tratamiento T0 (23,7 puntos), seguido del tratamiento T2 (23 puntos) y T6 (22.3 puntos).

Figura 16*Diferencia entre valores C del método MIXOLAB.*

Para determinar el grado de significancias de los tratamientos en las pruebas reológicas se sometieron a un ANVA, cuyos resultados se observan en la Tabla, donde se muestra los valores de razón-F y el valor-p, términos lineales y términos de interacción ajustados sobre el análisis reológico de los tratamientos del pan de molde.

Tabla 18

ANVA para la variable análisis reológico (puntos) del pan de molde.

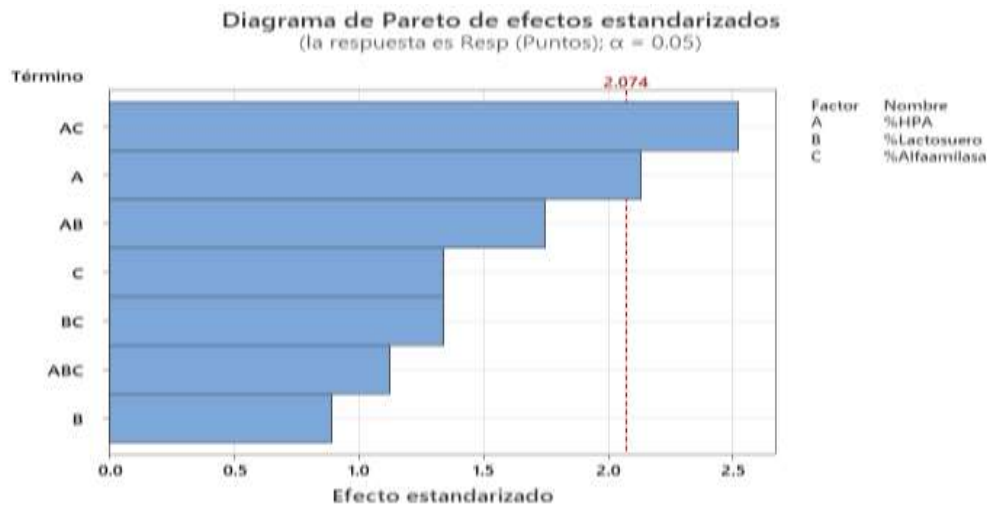
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
%HPA	2	64.22	32.11	3.60	0.045
%Lactosuero	1	7.11	7.11	0.80	0.382
%Alfa amilasa	1	16.00	16.00	1.79	0.194
Interacciones de 2 términos	5	147.56	29.51	3.30	0.022
%HPA*%Lactosuero	2	46.89	23.44	2.63	0.095
%HPA*%Alfa amilasa	2	84.67	42.33	4.74	0.019
%Lactosuero*%Alfa amilasa	1	16.00	16.00	1.79	0.194
Interacciones de 3 términos	2	24.67	12.33	1.38	0.272
%HPA*%Lactosuero*%Alfa amilasa	2	24.67	12.33	1.38	0.272
Error	22	196.44	8.93		
Total	35	630.22			

De acuerdo a los resultados del ANVA de la tabla 18, se afirma que la variable %HPA (A) y la interacción %HPA*%Alfa amilasa (AC), tienen efecto significativo en el análisis reológico de la masa; en el primer caso nos indica que el % de harina de pan de árbol a medida que se incrementa la sustitución si afecta a las variables reológicas como volumen del pan, actividad amilásica y vida útil del pan. Este resultado concuerda en cierto grado con los resultados obtenidos por (Alvárez, 2016), quien solo utilizo harina de pan de árbol como sustituto.

En el segundo caso, la interacción AC, se aprecia que el efecto significativo se debe a que la alfa amilasa mejora algunas variables reológicas como la actividad amilásica y la vida útil del pan, por consiguiente, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Mitma, 2011), quien empleo amilasa en pan francés.

Figura 17

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en el pan de molde.



La figura 17, concuerda con los resultados del ANVA, observándose que la interacción AC y la variable A son las que tienen los mayores efectos en los tratamientos de elaboración de pan de molde sustituido con harina de pan de molde, lactosuero y alfa amilasa.

Los resultados obtenidos en la prueba de ordenamiento de Tuckey con $\alpha = 0.05$, para el análisis reológico se observan en la tabla 18.

Tabla 19

Comparación de medias de tuckey (análisis reológico).

Factor	N	Media	Agrupación		
T0	3	23.67	A		
T2	3	23.00	A		
T6	3	22.30	A		
T1	3	21.67	A	B	
T8	3	21.00	A	B	
T10	3	17.00	A	B	C
T5	3	17.00	A	B	C
T4	3	17.00	A	B	C
T3	3	17.00	A	B	C
T7	3	15.67	A	B	C
T9	3	13.67		B	C
T12	3	11.00			C
T11	3	11.00			C

De acuerdo a los resultados en la prueba de ordenamiento se puede decir que el mejor tratamiento fue el T0 (Testigo) con 23.67 puntos, seguido del tratamiento T2 (5%HPA, 20%Lactosuero, 0.03% alfa amilasa) con 23 puntos, seguido por el tratamiento T6 (10%HPA,30% Lactosuero, 0.03% de alfa amilasa) con 22.3 puntos; sin embargo, podemos decir que estos 3 tratamientos son estadísticamente iguales, es decir la lactosa brinda nutrientes para que utilicen las levaduras mejorando el desarrollo de los mismos (Foegeding & Luck, Whey protein products, 2002), en el caso de la alfa amilasa tuvieron un efecto positivo en mejorar sus propiedades reológicas de la masa del pan de molde, tal como lo menciona (Biocon, 2017).

4.3.2. Volumen específico

Los valores de volumen específico obtenidos de los doce tratamientos de las distintas formulaciones de pan de molde sustituidas con harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa según el diseño experimental de la figura 7, se muestran en la tabla 20.

Tabla 20

Resultados de volumen específico (ml/g) en el pan molde.

	Tratamientos	LSV	V (ml)	W (g)
T0	0% HPA, 0%L, 0.0% AA	2.925	1245.00	425.67
T1	5% HPA, 20%L, 0.01% AA	2.767	1174.37	424.49
T2	5% HPA, 20%L, 0.03% AA	2.803	1180.07	421.07
T3	5% HPA, 30%L, 0.01% AA	2.715	1152.60	424.54
T4	5% HPA, 30%L, 0.03% AA	2.786	1184.17	424.99
T5	10% HPA, 20%L, 0.01% AA	2.693	1139.62	423.12
T6	10% HPA, 20%L, 0.03% AA	2.800	1189.59	424.81
T7	10% HPA, 30%L, 0.01% AA	2.784	1183.31	425.02
T8	10% HPA, 30%L, 0.03% AA	2.785	1195.65	429.27
T9	15% HPA, 20%L, 0.01% AA	2.725	1167.86	428.61
T10	15% HPA, 20%L, 0.03% AA	2.531	1067.00	421.63
T11	15% HPA, 30%L, 0.01% AA	2.771	1167.86	421.47
T12	15% HPA, 30%L, 0.03% AA	2.621	1104.24	421.23

De acuerdo a los resultados, se observa que el tratamiento T0 (Testigo) presento 2.925 ml/g siendo el volumen más alto en volumen, seguido del tratamiento T2 (5% harina de pan de árbol, 20% Lactosa y 0.03% Alfa amilasa) presentando un valor de 2,803 ml/g y

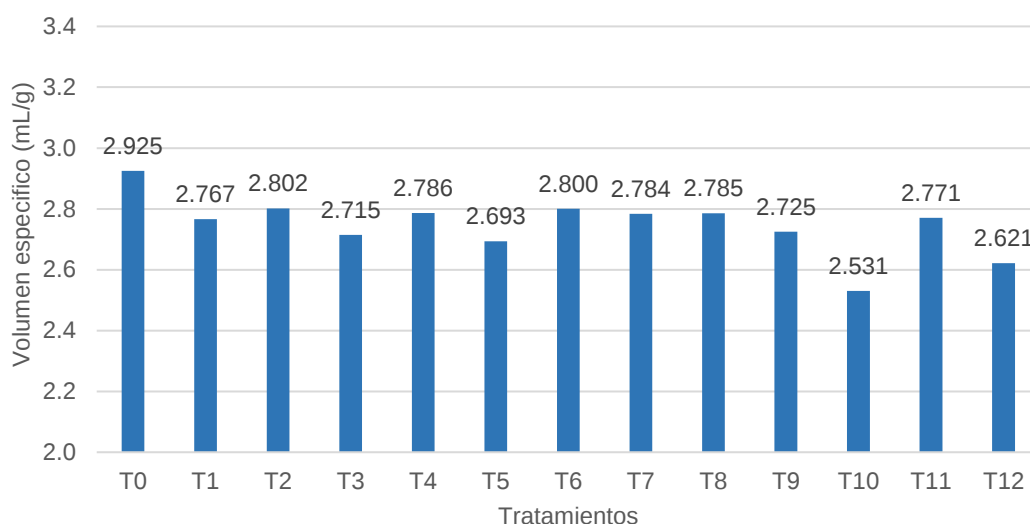
el tratamiento T6 (10% harina de pan de árbol, 20% Lactosa y 0.03% Alfa amilasa) con un valor de 2,800 ml/g. Sin embargo, se aprecia que a medida que se incrementa la sustitución de la harina de pan de árbol, este tiene efecto en el volumen específico, el cual es mejorada cuando se incrementa el porcentaje de lactosuero y el porcentaje de alfa amilasa, el cual es muy probable que mejora las condiciones viscoelásticas de la masa mejorando el volumen del pan de molde, tal como se aprecia en la figura 18.

Estos resultados fueron superiores al 2,31 ml/g obtenidos en pan de molde con harina de trigo, quinua y chía por (Gutierrez, 2022); además estos resultados pueden verse favorecidos por el efecto de las amilasas que incrementan los volúmenes de las masas en fermentación, quienes desdoblan los almidones en azúcares y esto sirve como alimento a la levadura en la producción de CO₂, generando mayor volumen al pan de molde (Biocon, 2017).

El volumen de las muestras de los tratamientos de pan de molde disminuyó mientras aumentaba la sustitución de harina de pan de árbol debido a un debilitamiento rápido de las proteínas y una disminución del índice de gluten. La comparación de resultados en las distintas formulaciones se puede observar en la Figura 18.

Figura 18

Volumen específico del pan de molde según tratamientos.



En la Tabla 21 se muestra el resumen del ANVA, donde se muestra los valores de razón-F y el valor-p, términos lineales y términos de interacción ajustados sobre el volumen específico del pan de molde.

Tabla 21

ANVA para la variable volumen específico (ml/g) del pan de molde.

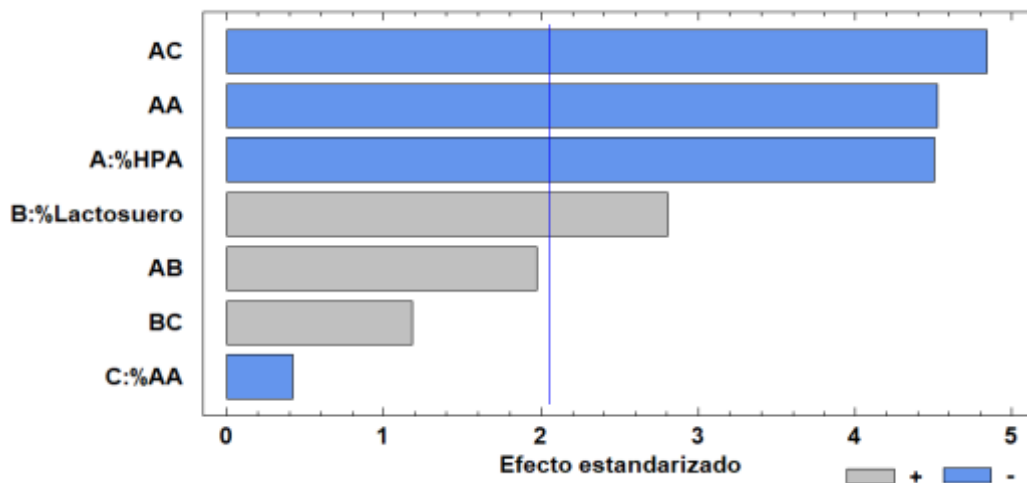
Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: %HPA	0.056745	1	0.0567	20.33	0.0001
B: %Lactosuero	0.021953	1	0.0220	7.87	0.0091
C: %AA	0.000491	1	0.0005	0.18	0.6780
AA	0.057178	1	0.0572	20.49	0.0001
AB	0.010880	1	0.0109	3.90	0.0583
AC	0.065417	1	0.0654	23.44	0.0000
BC	0.003906	1	0.0039	1.40	0.2468
Error total	0.078154	28	0.0028		
Total (corr.)	0.294726	35			

La tabla 21 del ANVA particiona la variabilidad de volumen específico en variables separadas para cada uno de los efectos; entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

En este caso, la variable A(%HPA), la variable B (%Lactosa), la interacción AA y AC tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Figura 19

Diagrama de Pareto de los efectos de los tratamientos al volumen específico.



Además, en la figura 19, se muestra los efectos a las variables en estudio, siendo la variable A, la que tuvo un efecto negativo en el volumen específico, es decir a mayor porcentaje de sustitución de la harina de trigo, mayor es el efecto en la reducción del volumen específico. Sin embargo, el Lactosuero y la alfa amilasa tuvo un efecto positivo mejorando el volumen específico del pan de molde sustituido con harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa.

La razón principal de esta mejora es que: el lactosuero contiene compuestos proteicos y aminoácidos proporcionando el Nitrógeno Fácilmente Asimilable (NFA) por la levadura para su multiplicación lo que le permite realizar una mejor fermentación en la masa panaria, mientras que la alfa amilasa degrada el almidón expuesto de los granos de harina en maltosa permitiendo un mejor desarrollo de la levadura. Esto hace mejorar mucha el volumen y la textura de la miga, tal como lo sustenta (Biocon, 2017).

Los resultados obtenidos en la prueba de ordenamiento de Tuckey con $\alpha = 0.05$, se observan en la tabla 22.

Tabla 22

Comparación de medias de tuckey (Volumen específico).

Factor	N	Media	Agrupación
T0	3	2.9251	A
T2	3	2.8017	B
T6	3	2.8003	B
T4	3	2.7864	B C
T8	3	2.7853	B C
T7	3	2.7842	B C
T11	3	2.7709	B C
T1	3	2.7665	C
T9	3	2.7248	D
T3	3	2.7149	D
T5	3	2.6934	D
T12	3	2.6215	E
T10	3	2.5306	F

La tabla 22, muestra que, de todos los tratamientos, se determinó que el tratamiento T0 (Harina de trigo 100%) con una media de 2.9251 ml/g, seguido del tratamiento T2 (5% Harina pan de árbol, 20% Lactosuero y 0.03% de α -amilasa) y el tratamiento T6 (10% Harina pan de árbol, 20% Lactosuero y 0.03% de α -amilasa) fueron los mejores en volumen específico por obtener las mayores medias (2.802 y 2.800), siendo similares estadísticamente a sus volúmenes específicos de los tratamientos T4, T8, T7 y T11,

siendo iguales estadísticamente; ocupando el segundo bloque letra (B) indicando que son significativamente iguales; los demás grupos tienen el mismo comportamiento.

4.3.3. Textura

Los resultados obtenidos del análisis de la textura de las 12 muestras de pan de molde sustituidas con harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa según tratamiento, estos valores están reportados en $\text{dm}^2/\text{kgf.s}$ y se puede observar en la tabla 23.

Tabla 23

Textura ($\text{dm}^2/\text{kgf.s}$) de los tratamientos de harina de pan de árbol, lactosuero y α -amilasa.

Tratamientos		Textura ($\text{dm}^2/\text{kgf.s}$)		SD
T0	0% HPA, 0%L, 0.0% AA	291.89	±	3.4050
T1	5% HPA, 20%L, 0.01% AA	335.68	±	3.9158
T2	5% HPA, 20%L, 0.03% AA	295.36	±	2.8385
T3	5% HPA, 30%L, 0.01% AA	364.87	±	4.2563
T4	5% HPA, 30%L, 0.03% AA	297.73	±	3.4731
T5	10% HPA, 20%L, 0.01% AA	364.87	±	4.2563
T6	10% HPA, 20%L, 0.03% AA	295.89	±	2.4106
T7	10% HPA, 30%L, 0.01% AA	394.06	±	4.5968
T8	10% HPA, 30%L, 0.03% AA	296.75	±	2.7955
T9	15% HPA, 20%L, 0.01% AA	394.06	±	4.5968
T10	15% HPA, 20%L, 0.03% AA	335.68	±	3.9158
T11	15% HPA, 30%L, 0.01% AA	421.45	±	2.5784
T12	15% HPA, 30%L, 0.03% AA	364.87	±	4.2563

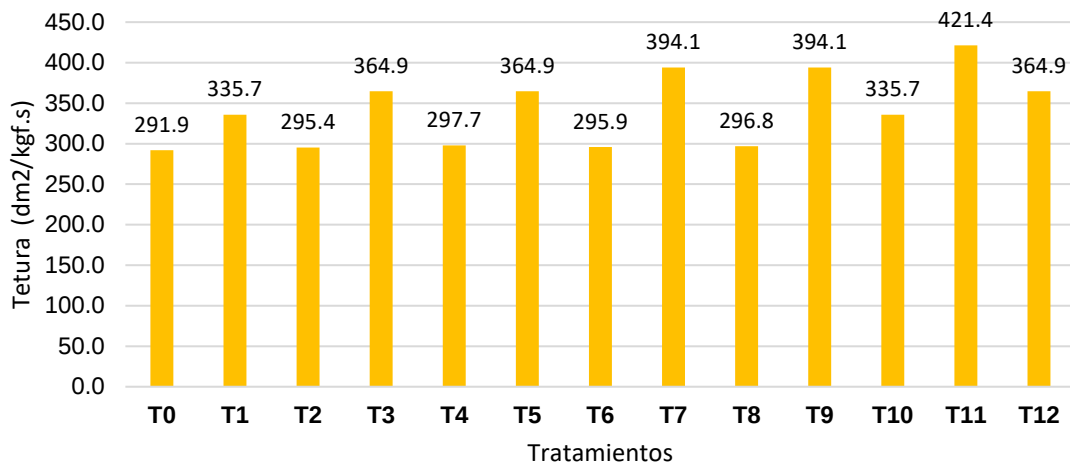
Nota. HPA (Harina de pan de árbol), L (Lactosuero), AA (Alfa amilasa).

La formulación control de pan de molde (T0), presentó un valor de textura de 291,89 $\text{dm}^2/\text{kgf.s}$, resultando los tratamientos con menores valores de textura (más suaves) el tratamiento T2 (295.36 ± 2.8385), seguido del tratamiento T6 (295.89 ± 2.4106), así como del tratamiento T8 (296.75 ± 2.7955) y el tratamiento T4 (297.73 ± 3.4731), los cuales pueden ser observados en la figura 20.

Los valores de los resultados fueron similares a los obtenidos por (García & Mechán, 2022), quien elaboro pan de molde con algarrobo, kiwicha y almidón de papa; pero a su vez cuando incrementaron los niveles de kiwicha entre 37 y 41%, sus valores de textura fueron superiores a los obtenidos.

Figura 20

Textura del pan de molde según tratamientos.



En la figura 20, se puede observar que a medida que se incrementa la sustitución con harina de pan de árbol de 5% a 15%, la textura del pan de molde se incrementa; sin embargo este efecto se ve revertido cuando se incrementa el porcentaje de lactosuero entre 20 y 30% debido a que el lactosuero tiene proteínas y aminoácidos necesarios para conseguir sus nutrientes las levaduras y poder reproducirse en la primera etapa de la fermentación (Foegeding & Luck, Whey protein products, 2002), además al incrementar la enzima alfa amilasa de 0.01% a 0.03%, lo cual se fundamenta que esta enzima desdoble el almidón en azúcares necesarios para el proceso fermentativo de las levaduras (Biocon, 2017).

Además, la blandura de las masas es influida por el tipo de harina utilizada, formulación de la masa y el proceso de elaboración de esta, por ende, un valor inferior de dureza en la presente investigación, manifestaría una buena formulación, buena harina de trigo y un buen desarrollo de masa, los cuales fueron utilizados como base para la preparación consecuente de las demás formulaciones para panes con sustitución (Gutierrez, 2022).

Los resultados de la variable respuesta textura obtenidos de la tabla 24, fueron sometidos a un análisis de varianza para comprobar su grado de significancia estadística, los resultados obtenidos se observan en la tabla 23.

Tabla 24

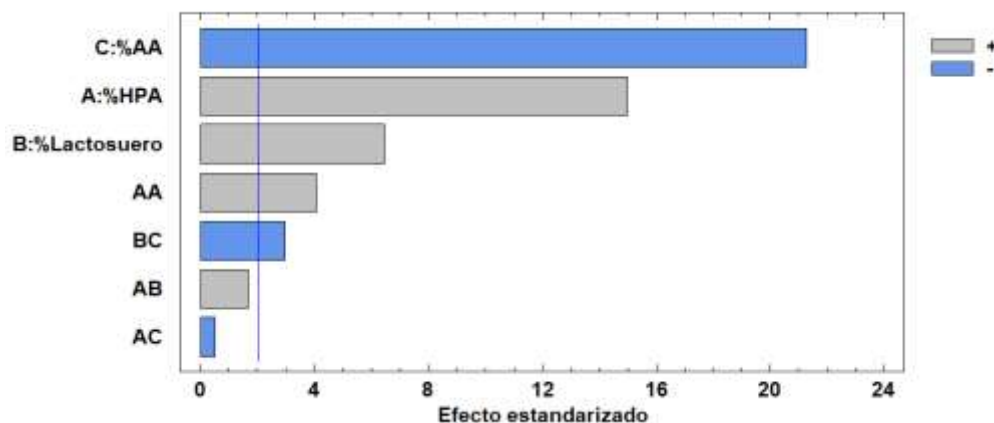
ANVA para la variable textura ($\text{dm}^2/\text{kgf.s}$) del pan de molde.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: %HPA	18549.70	1	18549.70	223.70	0.0000
B: %Lactosuero	3443.38	1	3443.38	41.52	0.0000
C: %AA	37608.70	1	37608.70	453.54	0.0000
AA	1375.39	1	1375.39	16.59	0.0004
AB	234.81	1	234.81	2.83	0.1044
AC	21.15	1	21.15	0.26	0.6178
BC	733.85	1	733.85	8.85	0.0063
bloques	219.47	2	109.74	1.32	0.2836
Error total	2156.01	26	82.92		
Total (corr.)	64342.40	35			

La tabla 24 de ANVA particiona la variabilidad de Textura en efectos separados para cada uno de los variables en estudio, sin embargo en la prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental nos muestra que la variable A (%Harina de pan de árbol), B (% de lactosuero), C (% de alfa amilasa), así como el cuadrado AA y BC, tienen el valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. Sin embargo, las interacciones AB y AC si presentaron diferencias significativas, es decir tiene valor-P mayores que 0.05, es decir si tienen efectos en el pan de molde.

Figura 21

Diagrama de Pareto de los efectos de los tratamientos en la textura.



De acuerdo a la figura 21, se observa que la variable A (% de harina de pan de árbol) tiene un efecto positivo en la textura de las muestras de pan de molde con harina sustituida, es decir a mayor concentración mayor es el incremento del valor de textura, es decir genera un pan de molde más duro; sin embargo, el incremento de alfa amilasa genera un efecto negativo es decir disminuye el valor de la textura a medida que se incrementa la concentración, haciendo a las muestras de pan de molde más suaves o blandas.

Este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos por (Mitma, 2011), en pan francés, quien empleo alfa amilasa y lactosuero para mejorar la textura, logrando resultados alentadores.

Para determinar el tratamiento con la textura más blanda, las muestras de pan de molde que resultaron del diseño factorial fueron sometidos a una prueba de ordenamiento de Tuckey con $\alpha = 0.05$, los resultados obtenidos se observan en la tabla 25.

Tabla 25

Comparación de medias de tuckey (textura).

Factor	N	Media	Agrupación
T11	3.00	421.45	A
T9	3.00	394.06	B
T7	3.00	394.06	B
T5	3.00	364.87	C
T12	3.00	364.87	C
T3	3.00	364.87	C
T1	3.00	335.68	D
T10	3.00	335.68	D
T4	3.00	297.73	E
T8	3.00	296.75	E
T6	3.00	295.89	E
T2	3.00	295.36	E
T0	3.00	291.89	E

De acuerdo a los resultados podemos mencionar que el tratamiento con mayor textura de corteza fue el tratamiento T11 (15% HPA, 30%L, 0.01% AA); sin embargo, en el estudio se buscó las muestras con los tratamientos que presenten la menor textura, es decir los panes de moldes más suaves; los tratamientos con esas características fueron T0 (Testigo-100% harina trigo) con 291.89 dm²/kgf.s, T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) con 295.36 dm²/kgf.s y el T6 (10% HPA, 20%L, 0.03% AA) con 295.89 dm²/kgf.s, estos tratamientos fueron los mejores en textura de la miga por obtener las menores medias

de textura (291.89 $\approx$ 297.73), siendo similares estadísticamente, es decir la textura de las migas alcanzados son iguales estadísticamente.

4.3.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó para ver el efecto de los tratamientos en la preferencia en sabor, olor y color por el pan de molde elaborado a partir de la mezcla de harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa, estas preferencias en los panelistas se observan en la tabla 26.

Tabla 26

Evaluación sensorial del sabor, olor y color del pan de molde.

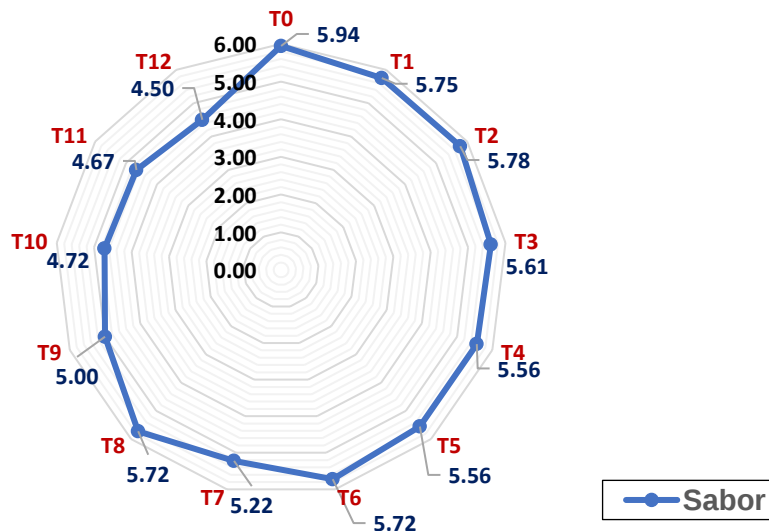
Nº	Tratamientos	Sabor	Olor	Color
1	T0	5.94	6.00	6.11
2	T1	5.75	5.78	6.00
3	T2	5.78	5.78	5.94
4	T3	5.61	5.50	5.72
5	T4	5.56	5.22	5.78
6	T5	5.56	5.33	5.78
7	T6	5.72	5.44	5.78
8	T7	5.22	5.61	5.67
9	T8	5.72	5.28	5.72
10	T9	5.00	5.00	5.22
11	T10	4.72	4.67	4.94
12	T11	4.67	5.61	4.89
13	T12	4.50	5.67	4.72

a) Evaluación sensorial del sabor

En la tabla 26 y en la figura 22, se muestran los resultados de la evaluación sensorial del sabor, por parte de los panelistas, mediante la escala hedónica de 7 puntos, comprobando que los panes de molde sustituidos elaborados con el tratamiento T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) y el T1 (5% HPA, 20%L, 0.01% AA) los que alcanzaron las mayores medias (5,78) y (5,75) entre Me gusta, bueno y Me gusta mucho, muy bueno; sin embargo, no se logró superar al testigo (T0) que alcanzo la media de 5,94.

Figura 22

Variación de la puntuación del atributo sabor en los panes de molde.



Del perfil sensorial de los panes de molde sustituidos por harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa, de la Figura 22, se estableció que los panes de molde elaborados con las diferentes formulaciones para cada tratamiento, presentaron un nivel de aceptación levemente inferior al 5% y 10% de sustitución; sin embargo, a porcentajes mayores (>10%) se nota un ligero efecto en el sabor.

Para determinar los efectos de las variables en estudio en el sabor, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, cuyos resultados se observan en la tabla 27.

Tabla 27

Análisis de varianza del atributo sabor.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	51.62	4.3013	9.43	0.00
Error	221	100.78	0.456		
Total	233	152.39			

De acuerdo a los resultados de la tabla 27, se observa que si existe diferencias significativas ($P < 0.05$), entre tratamientos, por consiguiente, por lo que es necesario hacer una prueba múltiple de medias de tuckey con un nivel de confianza del 95%.

Los resultados de la prueba múltiple de medias de tuckey de las muestras de pan de molde de los tratamientos en estudio se observa en la tabla 28.

Tabla 28

Comparación de medias de tuckey atributo sabor.

Factor	N	Media	Agrupación		
T0	18	5.9444	A		
T2	18	5.7778	A		
T1	18	5.7500	A		
T6	18	5.7222	A	B	
T8	18	5.7222	A	B	
T3	18	5.6111	A	B	
T4	18	5.5556	A	B	
T5	18	5.5556	A	B	
T7	18	5.2222	A	B	C
T9	18	5.0000		B	C
T10	18	4.7222			C
T11	18	4.6667			C
T12	18	4.5000			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

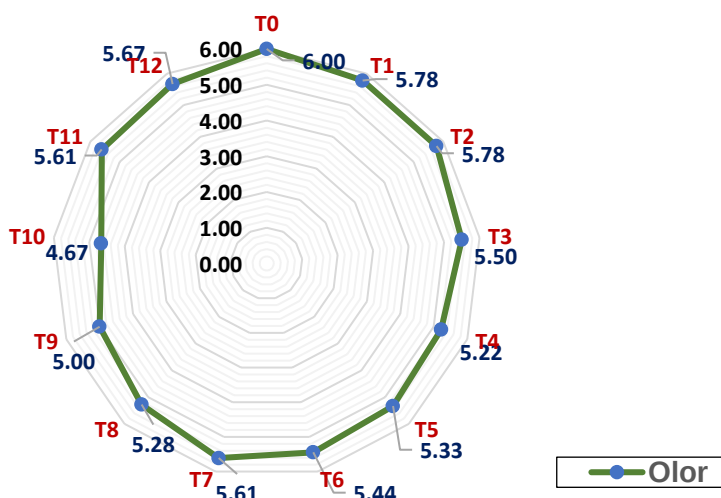
Los resultados de la tabla 28, nos indican que a sustituciones del 5% y 10% de harina de pan de árbol, sus efectos en el sabor son leves, siendo estadísticamente iguales los primeros 8 tratamientos, sin embargo, no superan al tratamiento testigo T0 quien alcanza el máximo valor de 5.94; además se confirman del incremento del efecto en el sabor del pan de molde a partir de una sustitución de harina de pan de árbol >10%; sin embargo estos resultados son mejores a los obtenidos por (Hoyos & Palacios, 2015) en la elaboración de pan de molde de maíz y garbanzo.

b) Evaluación sensorial del olor

Los resultados de la evaluación sensorial del olor de las muestras de pan de molde en estudio, fueron analizados y sus resultados se puede observar en la tabla 29 y figura 23.

Figura 23

Variación de la puntuación del atributo olor en los panes de molde.



Los resultados de la figura 18, nos muestra que los tratamientos en estudio que contienen mayor porcentaje de lactosuero (30%), alcanzan mayores ponderaciones sensoriales como los tratamientos calificativos, siendo el mayor valor 5.78 alcanzado por los tratamientos T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) y el T1 (5% HPA, 20%L, 0.01% AA). Estos resultados concuerdan con lo manifestado por (Parra, 2009), quien manifiesta que el lactosuero reduce los valores de pH, mejorando su olor y realza el sabor en la panificación.

La cuantificación de los efectos de las variables olor en estudio, se realizó a través de un análisis de varianza, los resultados de los efectos se observan en la tabla 29.

Tabla 29

Análisis de varianza del atributo olor.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	27.54	2.2949	4.760	0.000
Error	221	106.44	0.4816		
Total	233	133.98			

De acuerdo a los resultados de la tabla 29, podemos indicar que existe diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), es decir las variables en estudio tuvieron efectos positivos en cuanto al olor de los panes de molde, en tal sentido para determinar

los mejores tratamientos se sometieron a una prueba de comparación de medias de tuckey, cuyos resultados se muestran en la tabla 30.

Tabla 30

Comparación de medias de tuckey atributo olor.

Factor	N	Media	Agrupación			
T0	18	6.000	A			
T1	18	5.778	A	B		
T2	18	5.778	A	B		
T12	18	5.667	A	B	C	
T7	18	5.611	A	B	C	
T11	18	5.611	A	B	C	
T3	18	5.500	A	B	C	
T6	18	5.444	A	B	C	
T5	18	5.333	A	B	C	D
T8	18	5.278	A	B	C	D
T4	18	5.222		B	C	D
T9	18	5.000			C	D
T10	18	4.667				D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a los resultados podemos indicar que el lactosuero mejoro el olor en el pan de molde sustituido debido a que estadísticamente los tratamientos T1, T2, T12, T7, T11, T3, T6, T5 y T8 son iguales, es decir tienen muy similar olor, por lo que se observa en la prueba de tuckey ($P \leq 0.05$) para tratamientos (niveles de sustitución), en donde el nivel de sustitución de Lactosuero al 30% tuvo un valor de 5.77 calificado como “me gusta, esta bueno”, y Me gusta mucho, muy bueno.

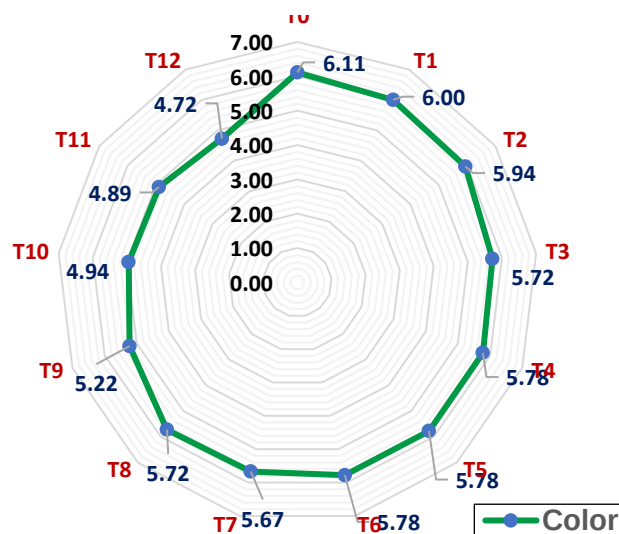
La razón principal de este efecto se fundamenta en lo manifestado por (Parra, 2009), quien dice que el lactosuero reduce los valores de pH, mejorando su olor y realza el sabor en la panificación, así mismo en la actualidad se está aprovechando las propiedades funcionales de sus proteínas, especialmente aquellas relacionados a ciertos aromas y sabores (Silva R. , 2013).

c) Evaluación sensorial del color

Los resultados de la evaluación sensorial del color de los tratamientos en el estudio de pan de molde sustituido, fueron evaluados y sus resultados se observan en la tabla 30 y figura 24.

Figura 24

Variación de la puntuación del atributo color en los panes de molde.



La figura 24, nos permite observar el comportamiento de los tratamientos en estudio, en tal sentido el incremento de mayor porcentaje de harina de pan de árbol (15%), genera mayores efectos en la intensidad del color debido a la reacción de maillard, es decir incide de manera negativa en la intensidad del color captado por el evaluador, por consiguiente alcanzan menores valores de ponderación sensorial durante el proceso de calificación; sin embargo el tratamiento que alcanzó el mayor valor en la escala hedónica fue: T1 (5% HPA, 20%L, 0.01% AA), con un valor de 6,00; seguido por el tratamiento T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA), con valor de 5,94, los demás tratamientos alcanzaron valores menores en la escala hedónica.

Para determinar al mejor tratamiento de sustitución en pan de molde de harina de pan de árbol, lactosuero y alfa amilasa, los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza al 95% de confianza, cuyos resultados obtenidos se pueden apreciar en la tabla 31.

Tabla 31

Análisis de varianza del atributo color.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	12	44.94	3.745	8.38	0
Error	221	98.72	0.4467		
Total	233	143.66			

De acuerdo a los resultados de la tabla 31, podemos indicar que existe diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), es decir las variables en estudio especialmente la harina de pan de árbol y la lactosa tuvieron efectos de reducir las valoraciones hedónicas del atributo olor en los panes de molde, debido al incremento de los azúcares y lactosa que contribuyeron a incrementar la reacción de maillard, en tal sentido para determinar los mejores tratamientos se sometieron a una prueba de comparación de medias de tuckey, cuyos resultados se muestran en la tabla 32.

Tabla 32

Comparación de medias de tuckey atributo color.

Factor	N	Media	Agrupación			
T0	18	6.111	A			
T1	18	6.000	A			
T2	18	5.944	A	B		
T6	18	5.778	A	B		
T5	18	5.778	A	B		
T4	18	5.778	A	B		
T8	18	5.722	A	B		
T3	18	5.722	A	B		
T7	18	5.667	A	B	C	
T9	18	5.222		B	C	D
T10	18	4.944			C	D
T11	18	4.889				D
T12	18	4.722				D

El análisis del color presento diferencias significativas grupales, siendo la sustitución del 5% y 10% de harina de pan de árbol las más aceptadas, por consiguiente, presenta diferencias significativas entre tratamientos (A), logrando alcanzar una mayor ponderación hedónica, siendo el pan de molde menor ponderado en color el tratamiento T12 (15% HPA, 30%L, 0.03% AA) con 15% de contenido de harina de pan de árbol, en su formulación.

Este comportamiento en los resultados se debe a que la harina de pan de árbol presenta una coloración crema, por consiguiente a mayor porcentaje de sustitución este afecta el color del pan de molde por la reacción de Maillard durante el horneado, sin embargo el uso de lactosuero debido a su color blanquecino cremoso hace que en cierto grado mejore el color de manera muy tenue en comparación con el testigo (Pan de molde de

harina de trigo); este resultado concuerda con lo reportado por (Güemes, Totosa, Hernandez, Soto, & Aquino, 2009; Solís, 2013), quienes determinaron valores de a^* de 1.33 en sustituciones del 30% de lactosuero en pan de molde, indicando que esta tonalidad se debe a la presencia de lactosa y proteínas que aceleran la reacción de Maillard.

4.3.5. Análisis químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal del mejor tratamiento se pueden apreciar en la tabla 33, donde se presenta las evidencias de comparación con el testigo.

Tabla 33

Análisis químico proximal del mejor tratamiento del estudio (b. h.).

Componentes	T0 (Testigo)		T2 (5% HT, 20% L., 0.03% amilasa)	
	(g)	SD	(g)	SD
Humedad	33.99	± 0.2119	30.207	± 0.3483
Proteínas	9.16	± 0.1044	10.955	± 0.1724
Grasa	2.03	± 0.0579	4.005	± 0.0325
Ceniza	1.66	± 0.0235	1.821	± 0.0551
Fibra	0.18	± 0.0222	0.210	± 0.0060
Carbohidratos	52.82	± 0.2171	52.617	± 0.5867

De acuerdo con los resultados de la tabla 33, se puede afirmar que el contenido de humedad (30.207 g) y el contenido de carbohidratos (52.617 g) en el pan de molde del mejor tratamiento T2 (5% Harina de pan de árbol, 20% de lactosuero y 0.03% de α -amilasa), tiende a disminuir en comparación con el T0 (Testigo), este comportamiento se fundamenta en que la incorporación de fibra de las harinas sucedáneas a la harina de trigo afecta el tiempo de desarrollo de la masa, ya que interfiere en la asociación de las proteínas para la formación de la red de gluten, y a que la velocidad de absorción de agua de la fibra es relativamente lenta (Lai, Hosney, & Davis, 1989).

Sin embargo, el contenido de humedad del pan de molde en estudio 30.28%, resulto ser mayor que la humedad (25.86%) obtenida en la elaboración de pan de molde con harina de pan de árbol por (Alvárez, 2016). Este resultado concuerda con lo esperado, debido a que el efecto principal de las amilasas sobre la masa es el aumento de la velocidad de fermentación, facilitada por la mayor producción de gas y por el ligero

reblandecimiento de la masa producido por la liberación del agua absorbida por los gránulos de almidón atacados. Esto hace mejorar mucho el volumen y la textura de la miga (Biocon, 2017). En cuanto al contenido de proteínas del mejor tratamiento T2 (5% Harina de pan de árbol, 20% de lactosuero y 0.03% de α -amilasa), este se incrementó de 9.16 g en el T0 (testigo) a un 10.95 g en el T2. Este comportamiento concuerda con los 9.52 g de proteínas obtenidos por (Alvárez, 2016); sin embargo, en el pan de molde del estudio resultó superior, debido al sinergismo ente la harina de pan de árbol y el lactosuero utilizado en el estudio.

En cuanto al contenido de grasas, cenizas y fibra estos se incrementaron en comparación con el testigo (T0), comportamiento normal debido a que la harina de pan de árbol y el lactosuero contribuyeron al incremento de proteínas en el pan de molde.

4.3.6. Análisis microbiológico

En la Tabla 34, se presenta las evidencias en relación a las pruebas microbiológicas realizadas a las muestras T0 y T2 de los tratamientos en estudio luego de 12 días de almacenamiento que permitieron obtener los resultados microbiológicos.

Tabla 34

Análisis microbiológico – muestra pan de molde con harina de pan de árbol.

Parámetros	Unid.	Muestra	Resultado T°. Amb.
Numeración de mohos	UFC/g	T0	< 10
		T2	< 20
Numeración de levaduras	UFC/g	T0	< 10
		T2	< 10

La tabla 34, reporta el análisis microbiológico del recuento de mohos y levaduras (UFC/g), luego de 12 días de su elaboración, con el objetivo de determinar la calidad microbiológica de las muestras T0 y T2, resultando que, en numeración de mohos, las muestras T0 (< 10) y T2 (<20), resultado menor al valor m (<100), por consiguiente, cumplen con la Norma RM N°591-2008/MINSA (MINSA, 2008, 27 de agosto). Para el caso de la numeración de levaduras los resultados fueron similares, cumpliendo con el límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. Este resultado garantiza el posible consumo del pan de molde con harina de pan de árbol, sin representar un riesgo para la salud humana.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó las características tecnológicas del pan de molde a través del análisis reológico de la masa panaria, determinándose como mejor tratamiento al T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) con un valor de 23 puntos. En la evaluación del volumen el mejor tratamiento fue el T2 con un valor de 2.80 ml/g de volumen específico y en la evaluación de textura del pan de molde el mejor tratamiento fue el T2 con un valor de 295.36 dm²/kgf.s de textura, comparados con el testigo T0 (Testigo) que alcanzo el valor de 23,70 puntos, 2.925 ml/g de volumen específico y 291.89 dm²/kgf.s de textura, determinándose la variable A (% de harina de pan de árbol) tiene un efecto negativo en el análisis reológico de la masa, el volumen y la textura del pan de molde; la interacción AC tiene efecto negativo en el volumen e incrementa la textura del pan de molde a mayor porcentaje de sustitución, mientras que la alfa amilasa tiene efecto positivo en la textura al hacer más suave al pan de molde.
2. Se evaluó las características sensoriales del pan de molde en los atributos color, olor y sabor, determinándose que los mejores tratamientos fueron el tratamiento T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) con un valor de 5,78 puntos en sabor, 5,78 en olor y 5,95 puntos en color, seguido del tratamiento T1(5% HPA, 20%L, 0.01% AA) con un valor de 5,75 puntos en sabor, 5,78 en olor y 6,00 puntos en color, resultando estadísticamente iguales comparados con el testigo T0. Por consiguiente, se puede definir que el pan de molde puede tolerar una sustitución del 5% de harina de pan de árbol, 20% de lactosuero y 0.03% de la enzima alfa amilasa que le permite obtener un producto de calidad aceptable, similar estadísticamente al testigo T0.
3. Se determino la composición químico proximal del mejor tratamiento T2 (5% Harina de pan de árbol, 20% de lactosa y 0.03% de α -amilasa) determinándose el contenido de humedad de 30.20% y carbohidratos de 52.61%, estos valores son menores en comparación con el testigo T0 (100% harina de trigo). Sin embargo, en cuanto al contenido de proteínas (10.95%), grasa (4.00%), cenizas (1.82%) y fibra (0.21%) resultaron superiores al testigo T0 (100% harina de trigo). Por lo que se puede concluir que resulta adecuado la sustitución con harina de pan de árbol, uso de lactosuero y amilasa por que mejora el contenido de proteínas.

4. Se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol, alfa amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde, determinándose que en las características tecnológicas el T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) dio los mejores resultados generando un efecto positivo la alfa amilasa en el volumen y la textura; asimismo los resultados fueron similares en las características sensoriales de sabor, olor y color, resultando el mejor tratamiento el T2 (5% HPA, 20%L, 0.03% AA) en comparación con el testigo (100% harina de trigo). A mayor porcentaje de sustitución de la harina de pan de árbol mayor efecto negativo en el sabor, del mismo modo a mayor porcentaje de lactosuero mayor efecto positivo en el olor y finalmente a mayor porcentaje de alfa amilasa mayor efecto positivo en el color.

RECOMENDACIONES

1. Efectuar estudios en panificación con masa precocidas de semillas de pan de árbol para determinar sus diferencias nutricionales.
2. Evaluar su uso como harina de pan de árbol en la elaboración de desayunos instantáneos.
3. Realizar estudios de su aprovechamiento de su almidón para uso textil y para la elaboración de alcohol para uso industrial.
4. Verificar su uso medicinal del fruto de pan de árbol como antihipertensivo y como un producto bueno para controlar la diabetes.
5. Realizar investigaciones de la harina de pan de árbol utilizando otros productos horneados como galletas, fideos, kekes y pastelería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (2000). *Approved Methods of the AACC*. (10th Edition ed.). St. Paul, USA: American Association of Cereal Chemists. Obtenido de [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1488371](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1488371)
- Acuña, G. (2005). Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum sativum* L.) por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.) en la elaboración de pan de labranza y su evaluación físico químico. *Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial*. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Recuperado el 15 de 12 de 2022, de <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/80/21%272%2700157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, p. (2010). *Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (Manihot esculenta crantz) variedad valencia, factibilidad de usos en productos de panadería*. Obtenido de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/69/68.
- Aider, M. H. (2009). Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3), 334-341.
- Alvárez, R. (2016). Proceso de obtención de harina de frutipan (*Artocarpus altilis*) y su utilización en pan de molde. *Tesis para obtener el título de Ingeniero Alimentario*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Recuperado el 10 de 06 de 2020, de file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/65729_1%20Pan%20ed%20molde%20harina%20de%20pan%20de%20arbol.pdf
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Gaithersburg: Editorial William Horwitz.
- Apaestegui, L. (2011). Determinación de los parámetros adecuados para el enlatado de semillas de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) en salmuera acidificada. *Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado el 06 de 10 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Pan%20de%20arbol/FIA-193%20Conserva%20de%20pan%20de%20arbol.pdf>
- Apaéstegui, R. (2011). Determinación de los parámetros adecuados para el enlatado de semilla del pan de árbol (*Artocarpus altilis* Fosberg) en salmuera acidificada. *Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado el 02 de 12 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Pan%20de%20arbol/FIA-193%20Conserva%20de%20pan%20de%20arbol.pdf>
- Argueta, A. (2008). Determinación de la aceptabilidad de galletas para niños en edad escolar elaboradas a partir de harina de semilla de pan (*Artocarpus altilis*) en el municipio de San Lorenzo del departamento de Suchitepéquez. *Tesis para optar el título de Ingeniero Zootenista*. Universidad de San Carlos de Guatemala, San Lorenzo, Guatemala.
- Arp, C., Correa, M., & Ferrero, C. (2018). High-Amylose resistant starch as a functional ingredient in breads: a Technological and Microstructural Approach. *Food Bioprocess Technol* 11, 2182–2193. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2168-4>
- Benítez, A. (2011). Desarrollo del proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol del pan (*Artocarpus camansi*) y determinación de una mezcla nutritiva con harina de soya (*Glycine max* L.) para uso humano. *Proyecto de tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado el 5 de 10 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2->

- Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Pan%20de%20arbol/CD-3407%20Harina%20de%20pan%20de%20arbol.pdf
Biocon. (05 de 2017). *Enzimas en panificación*. Recuperado el 10 de 12 de 2021, de <http://biocon.es/wp-content/uploads/2017/05/V2-BIOCON-guia-de-panificaci%C3%B3n-con-enzimas.pdf>
- Callejas, J., Prieto, F., Reyes, C., Marmolejo, S., & Mendez, M. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta universitaria*, 11-18. Obtenido de <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/304/282>.
- Callejas, Prieto, G., Reyes, C., Marmolejo, S., & Méndez, M. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta universitaria*, 22(1), 11-18.
- Callejo, M. (2002). *Industrias de Cereales y Derivados*. Madrid.: AMV-Mundi-Prensa. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>
- Carrasco, Q. (2010). Elaboración y evaluación nutritiva de la harina de fruta del pan (*Artocarpus altilis*) obtenida por proceso de deshidratación. *Tesis para optar el título de Bioquímico farmacéutico*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Recuperado el 02 de 10 de 2020, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Pan%20de%20arbol/3-56T00243%20Harina%20de%20pan%20de%20arbol%20ok.pdf>
- Castillo, M. (2007). Aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) para la obtención de un derivado alimenticio (Harina). *Proyecto de investigación para optar el grado de ingeniero industrial*. Universidad de Magdalena, Santa Marta. Recuperado el 16 de 10 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/II-00016%20Harina%20de%20pan%20de%20arbol.pdf>
- Cauvain, P., & Young, L. (2011). *Fabricación de Pan*. Zaragoza: Acribia. S.A.
- CHOPIN. (2019). Herramienta versátil para el control de calidad. *Chopin Technologies*, 37. Recuperado el 08 de 10 de 2020, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/mixolab-workshop.pdf>
- Clair, L. (2012). Nuevas soluciones reológicas. *Chopin Technologies*, 21. Recuperado el 12 de 09 de 2020, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/2016-03-16-LC-CHOPIN-Mixolab-ACTME-Espana%20FINAL.pdf>
- Cueva, E., & De-Loayza, T. (2018). Galleta laminada y dulce fortificada a partir de *Artocarpus altilis* (Pan de árbol). *Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado el 12 de 06 de 2023, de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6748/Diana_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Días, C. (2015). *Obtención y estudio de concentrados de proteínas séricas y subproductos de clarificación procedentes de suero de quesería y suero desproteínizado de origen ovino*. Santiago de compostela, España. Recuperado el 12 de 09 de 2022, de <http://dspace.usc.es/bitstream/10347/9525/1/b19639041.pdf>.
- Edel, A., & Rosell, C. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba, Argentina: Toward a Media History of Documents. Recuperado el 10 de 06 de 2023, de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/17118/1/libro%20panificacion-2007.pdf>

- Elías, J., García, C., Pérez, R., & Yauris, C. (2021). Caracterización Físicoquímica de Pan con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Quinoa (*chenopodium quinoa willd*) y Kiwicha (*amaranthus caudatus l.*) Germinadas. *Sendas*, 2(2), 69-83. Recuperado el 22 de 03 de 2022, de <https://revistas.infoc.edu.pe/index.php/sendas/article/download/64/158?inline=1>
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2014). Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. En S. Espín, E. Villacrés, & B. Brito, *Raíces y Tubérculos Andinos* (págs. 91-116). CIPOTATO.
- FAO. (10 de 10 de 2022). *Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0u.htm>
- FEN. (12 de 12 de 2013). *Pan de molde*. Obtenido de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/panmolde.pdf>
- Flecha, M. (2015). *Procesos y técnicas de panificación*. Madrid: ASEMPAN.
- Foegeding, E., & Luck, P. (2002). *Whey protein products*. New York: Academic Press. Recuperado el 05 de 10 de 2022
- Foegeding, E., & Luck, P. (2002). *Whey protein products*. (B. L. Caballero, Ed.) New York: Academic Press.
- FOOD TECH. (05 de 09 de 2022). *La importancia del pH de los alimentos*. Obtenido de <https://www.terrafoodtech.com/la-importancia-del-ph-de-los-alimentos/>
- Frazier, W. (2008). *Microbiología de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia SA. .
- García, A., & Mechán, L. (2022). Optimización de las características texturales y sensoriales del pan de molde a base de harina de Prosopis pallida, Amaranthus caudatus y almidón de papa. *Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias*. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, Chichayo, Perú. Recuperado el 6 de 10 de 2022, de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/10699/Garc%C3%ADa_Ar%C3%A1mbulo_Roberto_%20Jahir%20y%20%20Mech%C3%A1n_Llontop_Jessica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García-García, D. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.* *Tesis de grado optar al título de especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado el 20 de 06 de 2023, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7767/107475.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GIMIM. (01 de 10 de 2021). *Escaldado de alimentos ¿Qué es y para qué sirve?* . Obtenido de <https://gimim.com/blog/2021/10/01/escaldado-de-alimentos-que-es-y-para-que-sirve/#:~:text=El%20proceso%20de%20escaldado%20requiere,pasteurizaci%C3%B3n%2C%20o%20la%20esterilizaci%C3%B3n%20comercial.>
- González-Martínez, C., Albors, A., & Chafer, M. C. (2005). *Efecto de la adición de suero de leche en polvo en la calidad físicoquímica y sensorial del yogurt*. Valencia, España: Dpto. de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Alimentación.
- Gonzalo, F., & Gil, S. (2012). *Fruticultura: La producción de fruta: Frutas de clima templado y subtropical*. Ediciones UC. Recuperado el 06 de 10 de 2022, de <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1djmcm4>
- Güemes, N., Totosaús, A., Hernández, J., Soto, S., & Aquino, E. (2009). Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo "concha" fortificados con proteínas de suero de leche. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 70-75. Recuperado el 06 de 10 de 2020, de <https://www.scielo.br/j/cta/a/b9pNphy3MFjgRXZPCvQ66rc/?format=pdf&lang=es>
- Guemes-Vera, N., Díaz, M., Soto-Simental, S., Reyes-Santamaría, M., Quintero-Lira, A., & Totosaús-Sánchez, A. (2010). Análisis de perfil de textura en masas y panes dulces de harina trigo fortificadas con lactosuero. *VII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* (págs. 127-131). Hidalgo: Instituto de Ciencias Agropecuarias.

- Gutierrez, C. (2022). "Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi". *Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Lima, Perú. Recuperado el 06 de 10 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/gutierrez-castillo-carla-pamela%20metodologia.pdf>
- Hadnadev, T., Torbica, A., & Hadnadev, M. (2011). Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crop a assessed by Mixolab. *Proc. Food Sci.*, 328.
- Handa, S., Khanuja, S., & Longo, G. (2008). Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. *International centre for science and high technology*. Recuperado el 06 de 12 de 2022, de http://agritech.tnau.ac.in/horticulture/extraction_techniques%20_medicinal
- Harinas Bufort SL. (05 de 11 de 2022). *Harinas Bufort*. Obtenido de <https://www.harinasbufort.com/harinas>
- Hernández, G., & Majem, S. (2009). *Libro blanco del pan*. Editorial medica Panamericana. . Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=HcjQ7OBGvy8C&printsec=frontcover&dq=PA+N&hl=es&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMIw4zfgrWkyAIVh4sNCh0Vkg1F#v=onepage&q=PAN&f=false>
- Hernández, O. (2014). Influencia del α -amilasa sobre las características texturales del pan de agua producto autóctono de Pamplona (N. de S.). @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, 12(1), 32-39. Recuperado el 16 de 02 de 2023, de <file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023%20x%20sustentar/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-alfa%20amilasa/921-4654-1-PB%20amilasa%20en%20pan.pdf>
- Hernández-Rojas, M., & Vélez-Ruíz, J. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Select. Ing. Alim*, 8(2), 13-22. Recuperado el 22 de 01 de 2023
- Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Bastianelli, D., & Lebas, F. (2017). Breadfruit (*Artocarpus altalis*). *Feedipedia*, 14:33. Recuperado el 22 de 02 de 2023, de <https://www.feedipedia.org/node/523>
- Hong-Wei, X., Zhongli, P., Li-Zhen, D., El-Mashad, H., Xu-Hai, Y., Mujumdar, A., . . . Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching - A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 101-127. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>
- Hoseney, C. (1988). *Principles of Cereal science and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 2° ed. (10). Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Hoyos, S., & Palacios, P. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitucion de harina de trigo en productos de panificación. *Trabajo para optar el grado de bachiller en Ingeniería de alimentos*. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Recuperado el 06 de 10 de 2020, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/Biblio-Proceso%20del%20Pan/CB-0529111%20Fibra%20de%20pi%C3%B1a%20en%20panificaci%C3%B3n.pdf>
- IA Alimentos. (14 de 06 de 2023). *Guía completa de aditivos para panificación*. Obtenido de <https://www.revistaialimentos.com/es/noticias/guia-completa-de-aditivos-para-panificacion-conozca-los-beneficios-y-oportunidades>
- Ibrahim, F., Babiker, E., Yousif, N., & Tinay, A. (2005). Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. *Food Chemistry*, 92(2), 285-292.
- INACAL. (1988). *NTP 206.004-1988 Pan de molde: Pan blanco, integral y tostadas*. . Lima: INACAL.

- INACAL. (25 de 06 de 2021). *NTP 206.004 2021 Panaderia, Pasteleria, Galleteria. Pan de molde. Requisitos*.
- INCAP. (20 de 06 de 2019). *Raíces y tubérculos*. Recuperado el 12 de 10 de 2022, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Raices%20y%20tuberculos.pdf
- Jelen, P. (2003). *Whey processing. Utilization and Products*. (J. F. H. Roginski, Ed.) London, UK: Academic Press.
- Jones, A., Ragone, D., Tavana, N., Bernotas, D., & Murch, S. (21 de 04 de 2011). Beyond the Bounty: Breadfruit (*Artocarpus altilis*) for food security and novel foods in the 21st Century. *Ethnobotany Research and Applications*, 129–149. Recuperado el 16 de 12 de 2021, de <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/478>
- Khan Academy. (10 de 02 de 2023). *Introducción a las macromoléculas*. Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/chemistry-of-life/introduction-to-biological-macromolecules/a/introduction-to-macromolecules>
- Lai, C., Hoseney, R., & Davis, A. (1989). Effects of wheat bran in breadmaking. *Cereal Chem.*, 66(3), 217-219. Recuperado el 10 de 05 de 2023
- Lara, A. (10 de 02 de 2018). *GUÍA DE CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/GU%C3%8DA%20%20DE%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20ALIMENTOS%20DIPLOMADO%20(1).pdf
- León, L., & Urbina, C. (2015). Formulación, evaluación nutricional y sensorial del pan de molde integral enriquecido con quinua (*chenopodium quinoa*), cañihua (*chenopodium pallidicaule*) y chia (*salvia hispánica l.*). *Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú. Recuperado el 22 de 02 de 2023, de file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023%20x%20sustentar/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/30729.pdf
- Londoño, M. (2006). Aprovechamiento del suero ácido de queso doble crema para la elaboración de quesillo utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. *Perspectivas en nutrición humana. Revista Perspectivas en Nutrición Humana*, 1(16), 11-20.
- Mancebo, C., Martínez, M., Merino, C., De la Hera, E., & Gómez, M. (2017). Efecto de aceite y manteca en la calidad del pan de arroz: relación entre la reología de la masa y características de calidad. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 597-606. Recuperado el 12 de 10 de 2020
- Mesas, J., & Alegre, M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313. Recuperado el 12 de 06 de 2023, de file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023%20x%20sustentar/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/Biblio-Proceso%20del%20Pan/72430508%20Pan.pdf
- MINSA. (2008, 27 de agosto). *RM N°591-2008/MINSA. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Diario Oficial el Peruano.
- MINSA. (15 de 03 de 2011). *Norma Sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería-RM N°1020-2010*. Recuperado el 06 de 10 de 2022, de file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/Biblio-control%20calidad%20pan/NORMA%20DE%20PANADERIAS.pdf
- Mironeada, S., Gutt, S., Gutt, G., & Codina, G. (2011). Rheological behaviour of wheat flour dough during mixing and heating. *Annals and proceedings of DAAAM International*, 22(1), 25.
- Mitma, H. (2011). Efecto de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de la textura y calidad nutricional del pan francés. *Tesis para optar el título de Ingenieria en*

- Industrias Alimentarias*. Universidad San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. Recuperado el 8 de 10 de 2020
- Morton, J. (1987). Árbol del pan. *Artocarpus Altilis*. Las frutas de climas calidos. *Journal*, 25-39. Recuperado el 12 de 10 de 2022, de <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/breadnut.html>
- NOVA. (2018). *Panaderia comercial*. Lima: Nova.
- NOVA. (06 de 12 de 2020). *Nova escuela*. Obtenido de <https://novaescuela.edu.pe/>
- NTP 106.004. (06 de 10 de 2016). *PANADERÍA, PASTELERÍA Y GALLETERÍA. Pan francés. Requisitos*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ntp-pan-francespdf-6-pdf-free.html>
- NTP 206.004. (23 de 09 de 1988). *Pan de molde: Pan de blanco, pan integral y sus productos tostados*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/53-ntp-206004-pan-de-molde-blancointegral-y-tostadopdf-5-pdf-free.html>
- Ortiz, L. (2017). Aceptabilidad de la harina de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en preparaciones caseras, por amas de casa y profesionales expertos en alimentos, en Lima 2017. *Para optar el titulo de Licenciada en Nutrición*. Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. Recuperado el 20 de 02 de 2022, de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1328/Ericka_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105, 1-14.
- Panesar, P., Kennedy, J., Ghandi, D., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105, 1-14. Recuperado el 15 de 12 de 2022
- Parra, R. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 4967-4982. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>
- Parrota, A. (14 de 06 de 1994). *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. *Panapén Breadfrui pana de pepitas breadnut*. Recuperado el 14 de 10 de 2022, de <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Artocarpusaltilis.pdf>
- Parrota, A. (1994). *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. *Panapén Breadfrui*,. (F. S. Department of Agriculture, Editor) Obtenido de <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Artocarpusaltilis.pdf>
- Ponce-Ramírez, J., Málaga, J., Huamani, L., & Chuqui, D. (2016). Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés. *Agroindustrial Science*, 185-194. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1275/1203>
- Rengifo, L. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de semilla de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. *Tesis para optar el titulo de Ingeniero en Industrias Alimentarias*. Universidad Privada Antenor Orrego,, Trujillo, Perú. Recuperado el 10 de 12 de 2022, de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3157>
- Roberts, L. (2015). Breadfruit and breadnut orchard establishment and management. *Food and agriculture organization of the United Nations*. Recuperado el 06 de 10 de 2022, de <http://www.fao.org/3/ai4757e.pdf>
- Sabelotodo. (08 de 12 de 2016). *Fruta del pan*. Recuperado el 22 de 06 de 2022, de <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/frutadepan.html>
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, 123 - 131. Recuperado el 13 de 12 de 2022, de https://sites.google.com/a/unitru.edu.pe/sci-agropecu/publicacion/scagropv3n2/scagrop03_123-131
- Sikarwar, M., Jia Hui, B., Subramaniam, K., Devi Valeisamy, B., Kar Yean, L., & Balaji, K. (08 de 2014). A Review on *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (breadfruit). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(8), 91-97. doi:10.7324/JAPS.2014.40818
- Silva, L. (2013). *Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos*. Superintendencia de industria y comercio Banco de patentes,.

- Silva, R. (2013). Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos. *Superintendencia de industria y comercio Banco de patentes*, 122.
- Solanki, R., & Nagori, B. (2012). New method for extracting phytoconstituents from plants. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 03(10). Obtenido de www.ss-journals.com
- Solís, S. (2013). Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. *Proyecto de investigación para optar el grado de Ingeniero en Agroindustria Alimentarias*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Recuperado el 06 de 05 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/Biblio-Lactosuero/63%20Lactosuero%20en%20pan.pdf>
- Somashekhar, M., Nayeem, N., & Sonnad, B. (2013). A Review on Family Moraceae (Mulberry) With a Focus on Artocarpus Species. *World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences.*, 2(5), 2614-2621. Recuperado el 20 de 12 de 2022
- SPIN. (14 de 06 de 2023). *Información técnica del complejo enzimático Alfa amilasa fungal*. Obtenido de <file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023%20x%20sustentar/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/Normas/Alfa%20Amilasa,%20Ficha%20Tecnica.pdf>
- Taricuarima, G. (2021). Determinación de las características físico químicas y sensoriales de la conserva de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) con dos diferentes líquidos de cobertura en pucallpa. *Tesis para optar el título de Ingeniería Agroindustrial*. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4978/B69_UNU_INGENIERIA%20AGROINDUSTRIAL_2021_T_GRECIA_TARICUARIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tejero, F. (12 de 02 de 2023). *Asesoría técnica en panificación: Los mejorantes en panificación*. Obtenido de <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/los-mejorantes-en-panificacion/>
- Vásconez, N. (2015). Estudio del efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de papa china para la elaboración de pan. *Tesis para optar el título de ingeniero Agroindustrial*. Universidad Tecnológica Equinoccial., Ecuador. Recuperado el 15 de 09 de 2020
- Vasquez, L., Verdu, S., Islas, A., Barat, J., Graú, R., & Casillas, R. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. *Investigación y Ciencia*, 25(71), pp. 19-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/674/67452917003/html/>
- Velasquez, L. (2011). Evaluación de vida en anaquel de pan con sustitución parcial de harina de oca. *Tesis para obtener el título de ingeniero Agroindustrial*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Wayne, G. (2013). *Panadería y Repostería*. México DF: Limusa S.A.
- Wit, J. (2003). *Dairy ingredients in non-dairy foods*. New York: Wiley.
- Yumbla, A. (2010). Mejoramiento del proceso productivo en la obtención de pan de molde mediante la metodología de las 5 S. *Previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 18 de 11 de 2022, de <file:///G:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/2-Pan%20de%20molde%20con%20harina%20de%20pan%20de%20arbol%20Cristian/biblio-Elab%20Pan%20molde/0%20%E2%80%9CMEJORAMIENTO%20DEL%20PROCESO%20PRODUCTIVO%20EN%20LA%20OBTENCI%C3%93N%20DE%20PAN%20DE%20MOLD>

ANEXOS

Anexo 1

Acción de los emulgentes en masas panarias.

ACCIÓN DE LOS EMULGENTES				
Emulgente	Código	Abreviatura	Efecto	Dosis normal de uso
Monoglicérido destilado	E-471	MGL	▪ Tolerancia ▪ Mejora la textura de la miga ▪ Aumenta la fuerza en la masa ▪ Impulso en el horno ▪ En las masas batidas airea el batido	2-5 g/kg de harina
Monoglicérido esterilizado con ácido diacetil tartárico	E-472 e)	DATEM	▪ Tolerancia ▪ Aumento de la fuerza y extensibilidad en las masas ▪ Masas secas ▪ Facilita la mecanización ▪ Corteza crujiente ▪ Volumen en el pan	2-5 g/kg harina
Lecitina	E-322		▪ Tolerancia ▪ Fuerza ▪ Volumen	Limitado 4-8 g/kg de harina
Estearil-2-lactilato sódico	E-481	SCL	▪ Miga tierna ▪ Flexibilidad en la miga ▪ Suavidad en la corteza ▪ Volumen	2-5 g/kg de harina
Estearil-2-lactilato cálcico	E-482	SSL	▪ Volumen ▪ Suavidad en la corteza ▪ Flexibilidad en la miga ▪ Conservación de la frescura del pan ▪ Evita el colapso en el pan de molde	2-5 g/kg de harina

Nota. Tomado de (Tejero, 2023).

Anexo 2

Fruto y semillas del pan de árbol.



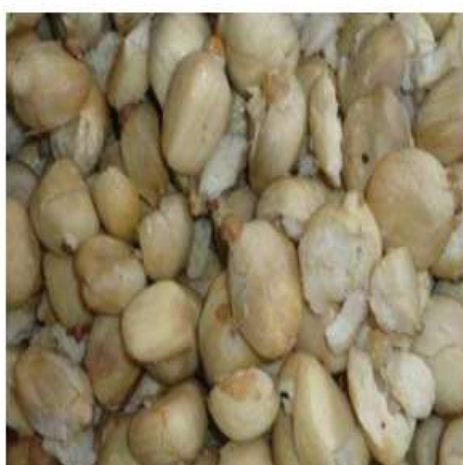
Fruto del pan de árbol



Semillas del fruto



Cáscara de las semillas



Semillas descascaradas

Anexo 3

Harina de semillas de pan de árbol.



Anexo 4

Proceso de elaboración del pan de molde 1.



Foto 1: Moldes tipo Pullman empleados en la elaboración del pan de molde.



Foto 2: Amasadora empleada en la elaboración de pan de molde.



Foto 3: Amasado de las formulaciones en estudio.



Foto 4: Formación de la liga de la masa panaria.

Anexo 5

Proceso de elaboración del pan de molde 2



Anexo 6

Fotos de los productos obtenidos en el estudio.



Foto 1: Muestras de los mejores tratamientos de pan de molde sustituido.



Foto 2: Tesista con las muestras de pan de molde.



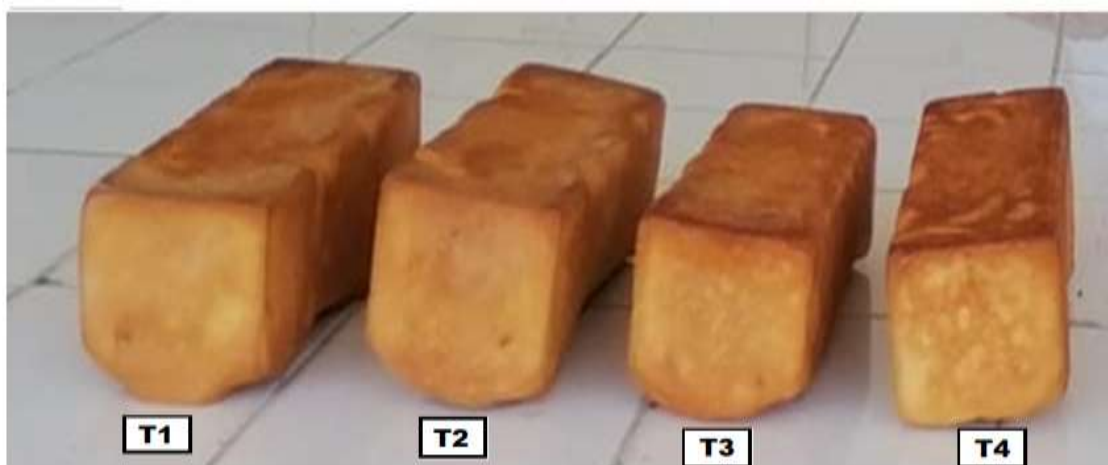
Foto 3: Muestra del testigo (T0) en pan de molde.



Foto 4: Proceso de boledo de la masa en la elaboración de pan de molde.

Anexo 7

Pan de molde tratamientos en estudio.



Anexo 8

Resultados de la variable respuesta Volumen específico (mL/g).

STATGRAPHICS Centurion - anwapan de molde1.sgp - [anwapanmolde2.stx]

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Herramientas Ver Ventana Ayuda

Libro de Datos StatAdvisor StatGallery StatReporter Comentarios del StatFolio Atributos de Diseño Fact Analizar Experimento - Vi

	BLOQUE	#BPA	#Lactosero	#AA	VolEs	Col_6
		#	#	#	mL/g	
1	1	5	20	0.01	2.768	
2	1	10	20	0.01	2.695	
3	1	15	20	0.01	2.727	
4	1	5	30	0.01	2.721	
5	1	10	30	0.01	2.793	
6	1	15	30	0.01	2.765	
7	1	5	20	0.03	2.767	
8	1	10	20	0.03	2.801	
9	1	15	20	0.03	2.536	
10	1	5	30	0.03	2.795	
11	1	10	30	0.03	2.925	
12	1	15	30	0.03	2.624	
13	2	5	20	0.01	2.761	
14	2	10	20	0.01	2.696	
15	2	15	20	0.01	2.723	
16	2	5	30	0.01	2.718	
17	2	10	30	0.01	2.781	
18	2	15	30	0.01	2.776	
19	2	5	20	0.03	2.767	
20	2	10	20	0.03	2.798	
21	2	15	20	0.03	2.533	
22	2	5	30	0.03	2.787	
23	2	10	30	0.03	2.902	
24	2	15	30	0.03	2.626	
25	3	5	20	0.01	2.77	
26	3	10	20	0.01	2.689	
27	3	15	20	0.01	2.725	
28	3	5	30	0.01	2.707	
29	3	10	30	0.01	2.778	
30	3	15	30	0.01	2.772	
31	3	5	20	0.03	2.773	
32	3	10	20	0.03	2.802	
33	3	15	20	0.03	2.523	
34	3	5	30	0.03	2.777	
35	3	10	30	0.03	2.882	
36	3	15	30	0.03	2.614	
37						
38						
39						
40						
41						
42						

anwapanmolde2

Anexo 9

Resultados de la variable respuesta Textura (dm2/kgf.s).

STATGRAPHICS Centurion - Anvapan molde2.sgp - [anvatextura2.stx]

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Pronósticos CEP DDE SnapStats! Herramientas Ver Ventana Ayuda

Libro de Datos

StatAdvisor
StatGallery
StatReporter
Comentarios del StatFolk
Atributos de Diseño Fact
Analizar Experimento - Tr

	BLOQUE	%EPA	%Lactosuero	%AA	Textura	Col_e
		%	%	%	dm2/kgf.s	
1	1	5	20	0.01	331.89	
2	1	10	20	0.01	360.75	
3	1	15	20	0.01	389.61	
4	1	5	30	0.01	360.75	
5	1	10	30	0.01	389.61	
6	1	15	30	0.01	418.47	
7	1	5	20	0.03	297.835	
8	1	10	20	0.03	300.144	
9	1	15	20	0.03	331.89	
10	1	5	30	0.03	294.372	
11	1	10	30	0.03	294.372	
12	1	15	30	0.03	360.75	
13	2	5	20	0.01	335.432	
14	2	10	20	0.01	364.6	
15	2	15	20	0.01	393.768	
16	2	5	30	0.01	364.6	
17	2	10	30	0.01	393.768	
18	2	15	30	0.01	422.936	
19	2	5	20	0.03	292.263	
20	2	10	20	0.03	293.138	
21	2	15	20	0.03	335.432	
22	2	5	30	0.03	297.514	
23	2	10	30	0.03	296.055	
24	2	15	30	0.03	364.6	
25	3	5	20	0.01	339.71	
26	3	10	20	0.01	369.25	
27	3	15	20	0.01	398.79	
28	3	5	30	0.01	369.25	
29	3	10	30	0.01	398.79	
30	3	15	30	0.01	422.936	
31	3	5	20	0.03	295.991	
32	3	10	20	0.03	296.877	
33	3	15	20	0.03	339.71	
34	3	5	30	0.03	301.308	
35	3	10	30	0.03	299.831	
36	3	15	30	0.03	369.25	
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						

anvatextura2 B C

Anexo 10

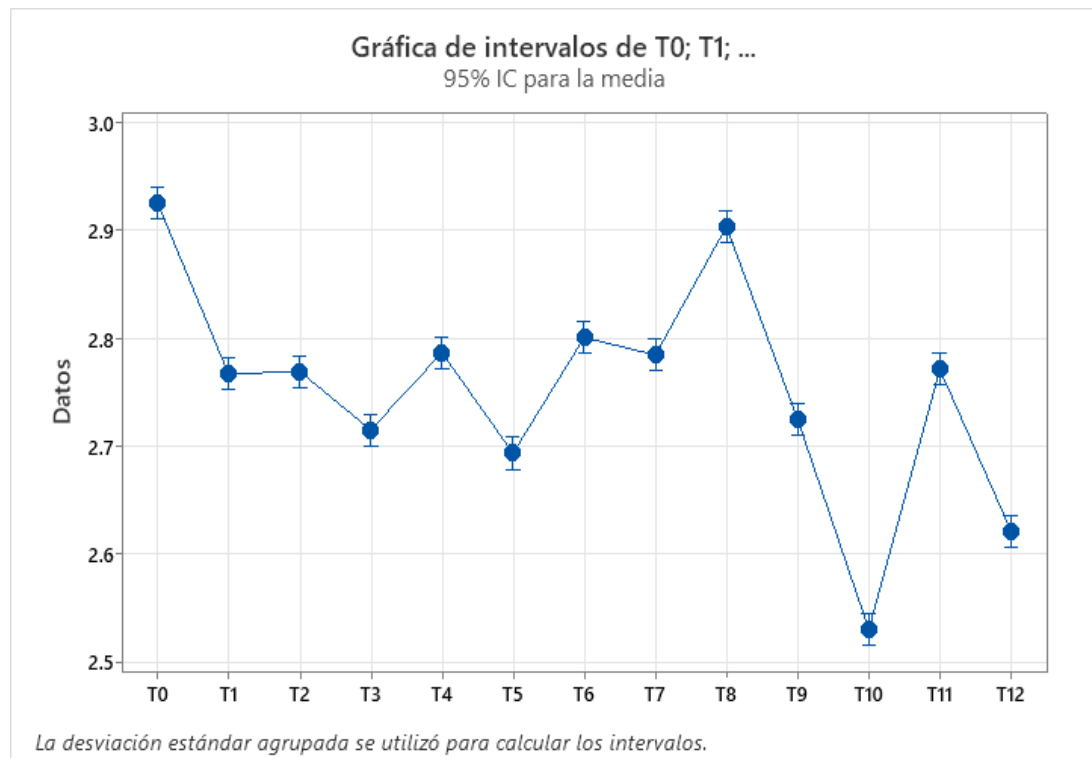
Medias de los tratamientos para el estudio de volumen específico.

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0	3	2.92510	0.03410	(2.91040; 2.93980)
T1	3	2.76654	0.00468	(2.75184; 2.78124)
T2	3	2.76903	0.00375	(2.75433; 2.78373)
T3	3	2.71493	0.00738	(2.70023; 2.72963)
T4	3	2.78637	0.00935	(2.77168; 2.80107)
T5	3	2.69339	0.00371	(2.67869; 2.70809)
T6	3	2.80028	0.00169	(2.78558; 2.81498)
T7	3	2.78416	0.00818	(2.76946; 2.79886)
T8	3	2.90290	0.02130	(2.88820; 2.91760)
T9	3	2.72477	0.00191	(2.71007; 2.73947)
T10	3	2.53064	0.00652	(2.51594; 2.54534)
T11	3	2.77093	0.00515	(2.75624; 2.78563)
T12	3	2.62145	0.00634	(2.60675; 2.63615)

Desv.Est. agrupada = 0.0123849

Anexo 11

Gráfico de intervalos de los tratamientos de volumen específico.



Anexo 12

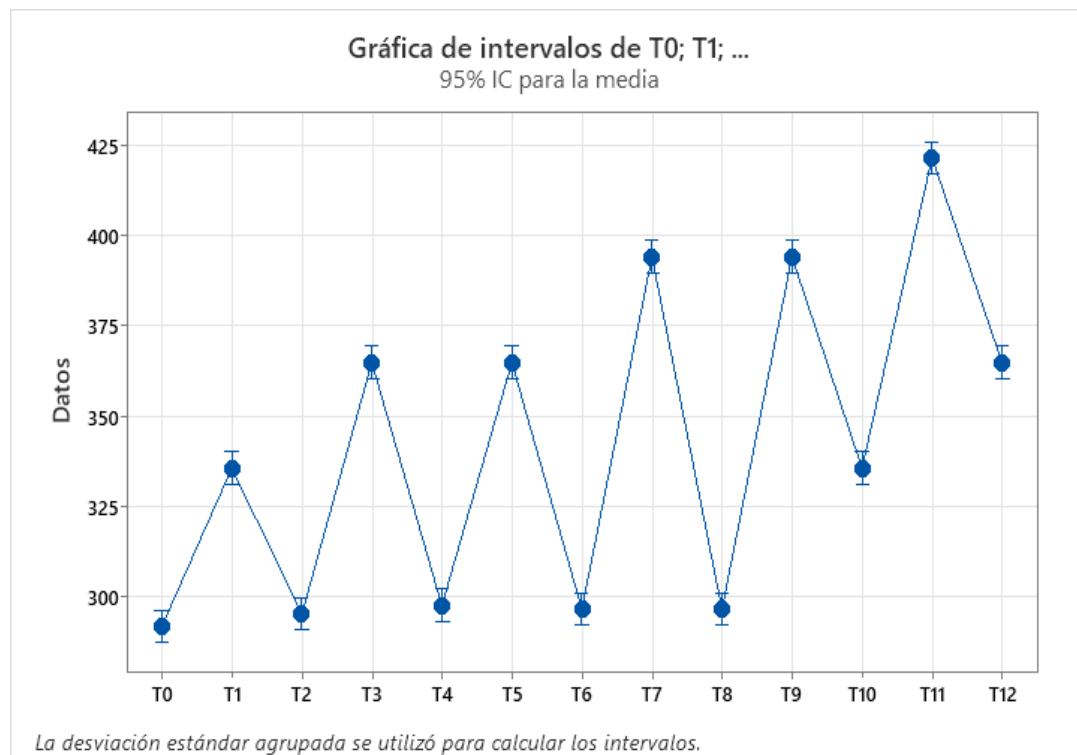
Medias de los tratamientos para el estudio de textura.

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0	3	291.89	3.41	(287.41; 296.38)
T1	3	335.68	3.92	(331.19; 340.16)
T2	3	295.36	2.84	(290.88; 299.85)
T3	3	364.87	4.26	(360.38; 369.35)
T4	3	297.73	3.47	(293.25; 302.22)
T5	3	364.87	4.26	(360.38; 369.35)
T6	3	296.72	3.51	(292.23; 301.21)
T7	3	394.06	4.60	(389.57; 398.54)
T8	3	296.75	2.80	(292.27; 301.24)
T9	3	394.06	4.60	(389.57; 398.54)
T10	3	335.68	3.92	(331.19; 340.16)
T11	3	421.45	2.58	(416.96; 425.93)
T12	3	364.87	4.26	(360.38; 369.35)

Desv.Est. agrupada = 3.77990

Anexo 13

Gráfico de intervalos de los tratamientos de textura.



Anexo 14

Formato de evaluación sensorial.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL (MÉTODO DE LA ESCALA HEDÓNICA)

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Pan de molde con harina de pan de árbol

Por favor marque (X), el término que mejor refleje su actitud hacia el producto en esta tarjeta de calificación:

Calificación	Término	muestra (A)		
		Sabor	Olor	Color
7	Me gusta muchísimo, excelente			
6	Me gusta mucho, muy bueno			
5	Me gusta, bueno			
4	Me gusta regularmente			
3	Ni me gusta ni me disgusta			
2	Me gusta poco			
1	No me gusta totalmente			

Observaciones: _____

Gracias

Anexo 15

Determinación de acidez total (AOAC, 942.15, 2000)

Procedimiento:

1. Pesar 10.0 g de la fruta y dispersar en 250.0 ml de agua libre de CO₂.
2. Tomar con pipeta volumétrica 25.0 ml de la dispersión preparada.
3. Agregar tres gotas de fenolftaleína 1% P/V.
4. Titular utilizando hidróxido de sodio 0.1 M VS hasta obtener un color rosa persistente.
5. Reportar como mililitros de álcali 0.1M /100 g ó 100 ml de la fruta.

Para el cálculo de porcentaje de ácido cítrico se hará uso de la ecuación siguiente:

$$\text{Porcentaje de ácido cítrico} = \frac{\text{mL de NaOH gastados} \cdot \text{M NaOH real} \cdot 0.045 \text{ g} \cdot 100}{\text{cantidad de muestra (mL)} \cdot \text{M NaOH teórico}}$$

$$\text{Porcentaje de ácido cítrico} = \frac{\text{mL de NaOH gastados} \cdot \text{M NaOH real} \cdot 0.045 \text{ g} \cdot 100}{\text{cantidad de muestra (mL)} \cdot \text{M NaOH teórico}} \quad (\text{Ec.8})$$

El resultado se reportará como porcentaje de acidez en términos de ácido cítrico (1.0 ml de hidróxido de sodio 0.1 M = 0.045 g de ácido cítrico).

Anexo 16

Cinética del secado de las semillas de pan de árbol.

Tiempo (min)	X2 (kg agua/kg sólido)	X1 (kg agua/kg sólido)
0	1.5631	1.5631
10	0.7785	0.8108
20	0.4931	0.5270
30	0.2611	0.2928
40	0.1500	0.1802
50	0.0968	0.1261
60	0.0835	0.1126
70	0.0615	0.0901
80	0.0483	0.0766

Anexo 17

Formulaciones de los tratamientos en estudio.

Formulación	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Harina de trigo	100.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	85.0%	85.0%	85.0%	85.0%
Harina de pan de árbol	0.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%
Sal	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Emulsionante	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Azúcar	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Lev fresca	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
Esencia vainilla blanca	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Manteca	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Leche en polvo	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
Agua	45.0%	25.0%	25.0%	15.0%	15.0%	25.0%	25.0%	15.0%	15.0%	25.0%	25.0%	15.0%	15.0%
Lactosuero	0.0%	20.0%	20.0%	30.0%	30.0%	20.0%	20.0%	30.0%	30.0%	20.0%	20.0%	30.0%	30.0%
Anti moho (Propionato cálcico)	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Mejorador enzimático	0.00%	0.01%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	0.03%
	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%	72.4%

Anexo 18

Resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor.

Panelistas	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Panelista 1	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00
Panelista 2	6.00	5.00	7.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	4.00	5.00	5.00
Panelista 3	7.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	4.00	5.00	6.00	5.00	5.00	4.00
Panelista 4	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	4.00	6.00	4.00	4.00
Panelista 5	6.00	5.00	7.00	6.00	5.00	5.00	6.00	4.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00
Panelista 6	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	7.00	6.00	5.00	5.00	4.00
Panelista 7	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Panelista 8	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	4.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
Panelista 9	6.00	7.00	5.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
Panelista 10	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	4.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 11	7.00	5.00	6.00	7.00	7.00	5.00	5.00	6.00	5.00	4.00	6.00	5.00	4.00
Panelista 12	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	7.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00
Panelista 13	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	4.00	4.00	5.00	4.00
Panelista 14	6.00	6.00	4.00	6.00	7.00	6.00	6.00	5.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00
Panelista 15	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00
Panelista 16	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	4.00
Panelista 17	6.00	5.00	4.00	6.00	7.00	6.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00
Panelista 18	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	4.00	5.00	4.00

Anexo 19

Resultados de la evaluación sensorial del atributo olor.

Panelistas	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Panelista 1	7.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	7.00
Panelista 2	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	4.00	5.00	5.00
Panelista 3	7.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	4.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 4	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	4.00	6.00	6.00	7.00
Panelista 5	7.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	4.00	5.00	5.00	5.00	7.00	5.00
Panelista 6	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	4.00	5.00	5.00	6.00	6.00	4.00	5.00	6.00
Panelista 7	6.00	4.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	4.00	4.00	6.00	6.00
Panelista 8	5.00	6.00	6.00	5.00	7.00	6.00	5.00	7.00	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00
Panelista 9	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00	6.00	6.00
Panelista 10	5.00	5.00	4.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 11	7.00	5.00	5.00	6.00	7.00	5.00	4.00	6.00	5.00	4.00	6.00	5.00	6.00
Panelista 12	5.00	4.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00
Panelista 13	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	4.00	4.00	5.00	6.00
Panelista 14	6.00	6.00	4.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	5.00	5.00	6.00	5.00
Panelista 15	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	7.00	5.00
Panelista 16	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 17	6.00	5.00	4.00	6.00	5.00	6.00	7.00	5.00	7.00	4.00	4.00	6.00	5.00
Panelista 18	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	4.00	5.00	5.00

Anexo 20

Resultados de la evaluación sensorial del atributo color.

Panelistas	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Panelista 1	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00
Panelista 2	6.00	7.00	5.00	7.00	5.00	7.00	5.00	6.00	6.00	5.00	4.00	5.00	5.00
Panelista 3	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	4.00	7.00	6.00	5.00	5.00	4.00
Panelista 4	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	4.00	4.00
Panelista 5	7.00	7.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00
Panelista 6	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 7	7.00	5.00	6.00	6.00	7.00	5.00	7.00	6.00	6.00	4.00	6.00	4.00	4.00
Panelista 8	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
Panelista 9	6.00	5.00	7.00	5.00	6.00	7.00	7.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
Panelista 10	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00
Panelista 11	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	4.00
Panelista 12	5.00	6.00	7.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00
Panelista 13	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	4.00	6.00	5.00	4.00
Panelista 14	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00
Panelista 15	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00
Panelista 16	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00
Panelista 17	6.00	6.00	7.00	6.00	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	6.00	5.00
Panelista 18	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	4.00	5.00	4.00

Anexo 21

Protocolo de análisis reológico Mixolab.



Av. Los Ingenieros N°112. Urb. Santa Raquel II Etapa, Lima. Fax +51 1 359-6307

PROTOCOLO DE ANÁLISIS REOLÓGICO MIXOLAB

a. Determinación del contenido en humedad de la mezcla de harina

Se determina el contenido en humedad de las muestras de harina siguiendo el método aprobado por AACC 44-15.02 (AACC International, 1999) a través de una termobalanza modelo XM 60 (Precisa Instruments, Switzerland), bajo el siguiente protocolo:

1. Se colocan 4 gramos de muestra en un soporte de aluminio.
2. Se someten a un secado a 130°C durante 15 minutos hasta que el software del aparato calcula el contenido en humedad comparando el peso de la muestra antes y después del proceso de secado.
3. Cada muestra de harina se mide por triplicado.

b. Protocolo de ensayo Mixolab - Protocolo ChopinWheat+

1. Se pesa una muestra de harina (W1) de 75 g y se coloca en la cubeta.
2. Se agrega 45 mL de agua, si la humedad de la harina es <14%, entonces se agrega un adicional de agua hasta alcanzar 14% de humedad en la harina o mezcla de harinas.
3. En la fase 1, se realiza un amasado a 80 rpm, a una temperatura de 30°C y por un tiempo de 8 minutos, procediendo a la primera lectura (C1), el cual es el indicador de adsorción de agua.
4. En la fase 2, se continua con el amasado incrementando la temperatura de 30°C hasta alcanzar los 66°C en un periodo de 9 minutos a una razón de 4°C/minuto, cuando la temperatura de la masa aumenta se observa una reducción del torque que corresponde al debilitamiento de la proteína. Aquí se realiza la segunda lectura (C2).
5. En la fase 3, se continua con el amasado incrementando la temperatura de 66°C hasta alcanzar los 90°C en un periodo de 7 minutos, el valor del torque (Nm) comienza a incrementarse al haber alcanzado la temperatura de masa en la que el almidón comienza a gelatinizarse, aquí se produce el valor máximo de consistencia. Aquí se realiza la tercera lectura (C3).
6. En la fase 4, se continua con el amasado manteniendo la temperatura de 90°C por un periodo de 6 minutos, para luego descender la temperatura hasta los 73°C en un periodo de 3 minutos, cuanto mayor es la disminución de la consistencia, mayor es la actividad amilásica. Aquí se realiza la cuarta lectura (C4).
7. En la fase 5 y última fase comienza debido al descenso de temperatura a razón de 4°C/min de la cubeta de amasado, hasta alcanzar los 51°C en un tiempo de 11 minutos. El aumento en el torque indica la forma en la que el almidón se retrograda a consecuencia de la bajada de temperatura y su consecuente cristalización (retro degradación del almidón). Aquí se realiza la quinta lectura (C5).


Ing. Blanca Roque Lima
CIR 167378

<http://www.granotec.com>

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.) α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde

Expositor: Joseph Christian Contreras Huaman
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2378414.

Resolución Decanal N° 002-2024-UNSCH-FIQM/D. Fecha: 04-01-2024.

~01~

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las nueve de la mañana con cinco minutos del día lunes ocho de enero del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Joseph Christian Contreras Huaman**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Mg. Edith Susan PILLACA MEDINA, bajo la Presidencia del Dr. Alfredo ARIAS JARA (Presidente Encargado de la Sustentación), Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente(e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.) α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde**, presentado por el Bachiller **Joseph Christian Contreras Huaman**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 002-2024- UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Joseph Christian Contreras Huaman**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente(e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Edith Susan PILLACA MEDINA, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente invitó al Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyo con esta etapa el Dr. Alfredo ARIAS JARA, en su condición de Presidente (e).

**UNSC**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSC-CU)

Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.) α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde**Expositor: Joseph Christian Contreras Huaman**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2378414.

Resolución Decanal N° 002-2024-UNSC-FIQM/D.

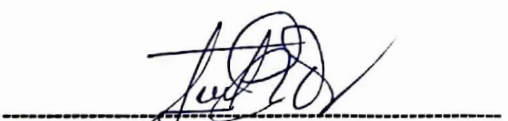
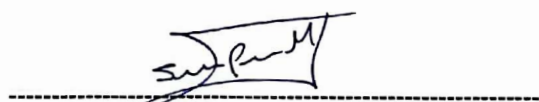
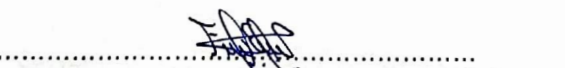
Fecha: 04-01-2024.

- 02-

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Joseph Christian Contreras Huaman**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


Dr. Alfredo ARIAS JARA
Presidente(e)
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro
Mg. Edith Susan PILLACA MEDINA
Miembro
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario – Docente



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, el Sr. Joseph Christian CONTRERAS HUAMAN egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Juan Carlos Ponce Ramírez, la Tesis: Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.), α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 28% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha marzo 15 de 2024 e Identificador de la Entrega N° 2321194063.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, marzo 18 de 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
E.F.P. DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing° Antonio J. Marcos Alejandro
DIRECTOR

c.c. Archivo digital.
Constancia N° 103

Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (*Artocarpus altilis* F.), α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde

por Joseph Christian Contreras Huaman

Fecha de entrega: 15-mar-2024 09:19a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2321194063

Nombre del archivo: Contreras_Joseph_Tesis_Final_Marzo_2024.pdf (2.07M)

Total de palabras: 24976

Total de caracteres: 116379

Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pan de árbol (Artocarpus altilis F.), α amilasa y lactosuero, en las características tecnológicas y sensoriales de pan de molde

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

3%

4

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

3%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

2%

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

7

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

2%

core.ac.uk

8	Fuente de Internet	1 %
9	idoc.pub Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1 %
12	apiprod.revistaalimentos.com Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	fdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
15	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
16	go.gale.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.ecured.cu Fuente de Internet	<1 %
19	apptransparencia.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	revistas.unisimon.edu.co Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repository.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<1 %
26	krishikosh.egranth.ac.in Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.unia.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	catarina.udlap.mx Fuente de Internet	<1 %

31	Submitted to tec Trabajo del estudiante	<1 %
32	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.uniandes.edu.co Fuente de Internet	<1 %
35	biocon.es Fuente de Internet	<1 %
36	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
38	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
39	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
41	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

43

Submitted to Universidad de Pamplona

Trabajo del estudiante

<1 %

44

bibliotecas.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

Submitted to espam

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo