



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule*) EN LA CALIDAD FISICOQUÍMICA,
SENSORIAL Y ENVEJECIMIENTO DE PAN.**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELISABETH DIAZENIA SUCAPUCA COAQUIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL D
E HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*)
POR HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodiu
m pallidicaule*) EN LA CALIDAD FISICOQ
UÍMICA, SENSORIAL Y ENVEJECIMIENT
O DE PAN.**

AUTOR

Elisabeth Diazenia Sucapuca Coaquira

RECuento DE PALABRAS

21465 Words

RECuento DE CARACTERES

106289 Characters

RECuento DE PÁGINAS

115 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

May 23, 2024 4:10 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 23, 2024 4:12 PM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

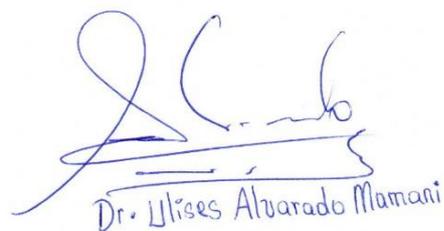
- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Roberto Quispe
INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
CIP. 108466



Dr. Ulises Alvarado Mamani

Resumen



DEDICATORIA

Principalmente, a Dios por darme la vida acompañarme durante todo este tiempo y otorgarme la sabiduría en todos los momentos difíciles, felices y seguir adelante con el propósito de concluir esta etapa de mi vida.

Con afecto y agradecimiento a mis queridos padres Vicente Sucapuca y Valeria Coaquira por su amor, la confianza y respaldo incondicional brindado en todo el trayecto de mi formación profesional hasta llegar a concluirla.

A mi querido hijo Jerome, a mi apreciada hermana Lelis por su aliento y su apoyo, una dedicatoria especial a la memoria de mis abuelitos Jesús y Margarita que me inculcaron valores y enseñanzas

A mis queridos sobrinos Jessy, Javier y Elvis por su aliento en el proceso de elaboración de mi tesis.

Elisabeth Diazenia Sucapuca Coaquira



AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me ha dado la vida y ha estado presente en cada paso de mi camino, brindándome sabiduría, inteligencia y voluntad para alcanzar las metas que me he propuesto. Agradezco de todo corazón a mi madre y mi padre por su amor incondicional y su apoyo constante, gracias a ellos mis sueños se han hecho realidad.

Con respeto y gratitud, quiero reconocer a la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, así como al personal docente y administrativo, cuya invaluable contribución ha sido fundamental en mi formación profesional.

En especial, quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ing. M.Sc. Saire Roenfi Guerra Lima, mi director y asesor de tesis, por su apoyo incondicional. Agradezco sus valiosos aportes, correcciones, comentarios y sugerencias que fueron fundamentales durante el desarrollo de mi investigación.

Agradezco también a los distinguidos miembros del jurado: Ing. D.Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy, Ing. Juan Quispe Ccama y D.Sc. Carmen Gisela Mindani Cáceres, por su respaldo en mi trabajo de investigación. Sus valiosas sugerencias, recomendaciones, correcciones y orientación han sido de gran ayuda.

Quiero reconocer al equipo a cargo de los laboratorios, representados por el Téc. Pablo Condori y la Lic. Mary Coila, por su apoyo y las facilidades brindadas durante la realización de mi investigación.

Mi agradecimiento también se extiende al Maestro Panadero Elber Vilca Tapia, por su colaboración, sugerencias y por compartir su experiencia en el campo de la panadería.

Elisabeth Diazenia Sucapuca Coaquira



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. CAÑIHUA.....	21
2.2.1. Denominación	22
2.2.2. Clasificación taxonómica	22
2.2.3. Descripción botánica	22
2.2.4. Valor nutricional	24
2.2.5. Compuestos bioactivos.....	25



2.2.6.	Variedad de cañihua.....	27
2.2.7.	Harina de Cañihua.....	30
2.3.	EL TRIGO.....	31
2.3.1.	Clasificación taxonómica del trigo.....	31
2.3.2.	Características de la planta de trigo.....	32
2.3.3.	Descripción botánica del trigo.....	32
2.3.4.	Composición química de la harina de trigo.....	33
2.3.5.	Composición nutricional del trigo.....	34
2.4.	EL PAN.....	35
2.4.1.	Características del pan.....	35
2.4.2.	Composición nutricional del pan.....	36
2.4.3.	Insumos para la elaboración de pan.....	37
2.4.4.	Métodos de elaboración de pan.....	39
2.4.5.	Proceso de elaboración de pan.....	40
2.4.6.	Envejecimiento del pan.....	43
2.4.7.	Característica sensorial del pan.....	43
2.4.8.	Evaluación sensorial.....	43
2.4.9.	Tipos de análisis sensorial.....	44

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	46
3.2.1.	Materia prima.....	46
3.2.2.	Insumos.....	46
3.2.3.	Materiales.....	46



3.2.4. Equipos.....	47
3.2.5. Reactivo	49
3.2.6. Otros materiales	49
3.2.7. Software	50
3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	50
3.3.1. Proceso de obtención de harina de cañihua	50
3.3.2. Formulación para elaboración de pan	52
3.3.3. Proceso de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañihua	53
3.4. METODOLOGÍA DE LOS ANÁLISIS	57
3.4.1. Análisis de propiedades fisicoquímicas del pan	57
3.4.2. Evaluación de propiedades sensoriales de pan	60
3.4.3. Evaluación de envejecimiento del pan.....	60
3.4.4. Diseño experimental y análisis estadístico.....	62
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS.....	65
4.1.1. Resultado de color en la miga del pan	65
4.1.2. Resultado de textura.....	68
4.1.3. Resultado de acidez titulable.....	70
4.1.4. Resultado de potencial de Hidrogeno (pH).....	72
4.2. ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN.....	74
4.2.1. Resultados de aceptabilidad de color	74
4.2.2. Resultado de aceptabilidad de olor	75
4.2.3. Resultado de aceptabilidad de sabor	77



4.2.4. Resultado de aceptabilidad de textura.....	78
4.2.5. Resultado de aceptabilidad de apariencia	80
4.3. ENVEJECIMIENTO DE PAN.....	81
4.3.1. Resultado de actividad de agua (a_w)	81
4.3.2. Resultado de unidades formadoras de colonias de mohos	83
V. CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES	86
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	96

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 de mayo del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Principales componentes de la cañihua gris	25
Tabla 2 Contenido de fibra (g/100 g base seca).....	26
Tabla 3 Contenido de compuestos fenólicos (mg ácido gálico/100 g).....	27
Tabla 4 Capacidad antioxidante de granos andinos.....	27
Tabla 5 Intervalo de Composición química de harina de trigo.....	34
Tabla 6 Composición nutricional de la harina de trigo por 100 g	35
Tabla 7 Composición nutricional de pan de trigo y pan molde	37
Tabla 8 Formulaciones de pan con sustitución parcial de Cañihua.....	53
Tabla 9 Prueba de Fisher de color luminosidad (L*) de panes.....	66
Tabla 10 Prueba de Fisher de color tonalidad (a*) de panes	67
Tabla 11 Prueba de Fisher de color tonalidad (b*) de panes	68
Tabla 12 Prueba de Fisher para textura de los panes	69
Tabla 13 Prueba de Fisher para porcentaje de ácido láctico de los panes	71
Tabla 14 Prueba de Fisher para pH de los panes	73
Tabla 15 Prueba de Tukey de análisis sensorial de color	74
Tabla 16 Prueba de Tukey de análisis sensorial de olor de panes	76
Tabla 17 Prueba de Tukey del análisis sensorial del sabor de panes.....	77
Tabla 18 Prueba de Tukey de la textura de panes.....	79
Tabla 19 Prueba de Tukey de análisis sensorial de apariencia	80
Tabla 20 Prueba de Fisher para actividad de agua en panes.....	82
Tabla 21 Prueba de Fisher UFC Mohos de los panes	84



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cañihua sus componentes botánicos	24
Figura 2 Cañihua de la variedad Ramis	28
Figura 3 Cañihua de variedad cupi	29
Figura 4 Cañihua de variedad Illpa INIA 406	29
Figura 5 Diagrama de flujo de elaboración de harina de Cañihua.....	30
Figura 6 Diagrama de flujo de elaboración de pan.....	40
Figura 7 Diagrama de flujo para la obtención de harina de cañihua	50
Figura 8 Diagrama de flujo de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañahua.	54
Figura 9 Colores de miga de panes	57
Figura 10 Determinación de textura de los panes	70
Figura 11 Porcentaje de acidez titulable en panes	71
Figura 12 Determinación de pH en panes.....	73
Figura 13 Aceptabilidad de color de panes.....	75
Figura 14 Análisis sensorial de olor de panes.....	76
Figura 15 Análisis sensorial de sabor de panes	78
Figura 16 Análisis sensorial de textura de panes	79
Figura 17 Aceptabilidad de apariencia de panes	81
Figura 18 Determinación de actividad de agua en panes.....	83
Figura 19 Determinación ufc/g de Mohos en los panes.....	84



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Matriz de consistencia	96
ANEXO 2 Análisis de varianza (ANVA) de color luminosidad (L*) de pan	97
ANEXO 3 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar color (a*) en panes	97
ANEXO 4 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar color (b*) en panes	97
ANEXO 5 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar textura en pan	97
ANEXO 6 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar acidez titulable en pan	98
ANEXO 7 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar pH en pan	98
ANEXO 8 Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de color del pa	99
ANEXO 9 Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de olor del pan	99
ANEXO 10 Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de sabor del pan	100
ANEXO 11 Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de textura de pan	100
ANEXO 12 Análisis de varianza (ANVA) de evaluación sensorial de apariencia de pan	101
ANEXO 13 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar actividad del pan	101
ANEXO 14 Análisis de varianza (ANVA) para evaluar unidades formadoras de colonias (ufc/g) de Mohos en pan con sustitución parcial de Cañihua.	102
ANEXO 15 Resultados del análisis aceptación de color, olor, sabor, textura y apariencia del pan con sustitución parcial de Cañihua.	103
ANEXO 16 Encuesta de evaluación sensorial de pan	108



ANEXO 17	Proceso de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañihua	109
ANEXO 18	Evaluación de color en la miga de pan.....	109
ANEXO 19	Evaluación de textura del pan	110
ANEXO 20	Evaluación de acidez titulable	110
ANEXO 21	Evaluación de pH del pan.....	110
ANEXO 22	Evaluación de actividad de agua de panes	111
ANEXO 23	Evaluación de unidades formadoras de colonias de mohos	111
ANEXO 24	Informe de laboratorio de examen de actividad de agua (a_w) en panes con sustitución parcial de harina de cañihua.....	112
ANEXO 25	Informe de laboratorio de ensayo microbiológico N° 004-2024.....	113



ACRÓNIMOS

HC:	Harina de cañihua
HT:	Harina de trigo
a_w :	Actividad de agua
pH:	Potencial de hidrogeno
L^* :	Luminosidad
a^* :	Rojez
b^* :	Amarillez
μJ :	Microjoule
AACC:	Asociación estadounidense de químicos de cereales
AOAC:	Association of Official Analytical Chemists methods
%:	Porcentaje
MIDAGRI:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
FAO:	Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
ANVA:	Análisis de varianza
DBCA:	Diseño de bloques completamente al azar
LSD:	Diferencias mínimas significativas
SC:	Suma de cuadrados
gl:	Grados de libertad
TPA:	Análisis de perfil de textura
ufc:	Unidades formadoras de colonias
g:	Gramos
mL:	mililitros



min:	Minutos
h:	Hora
kg:	Kilo gramos
N:	Newton
°C:	Grados centígrados
T°:	Temperatura
Meq:	Mili equivalente
α :	Alfa
\leq :	Menor que o igual
cm^2 :	Centímetro cuadrado



RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua, en la calidad fisicoquímica, sensorial y envejecimiento del pan. Se emplearon diferentes ingredientes en formulaciones de los panes, harinas de trigo, harina de cañihua, azúcar, manteca, sal, levadura, mejorador y agua. Se evaluó cuatro porcentajes de harina de cañihua a 0, 5, 10 y 15%, envasado y sin envasar, almacenado a 0, 3 y 6 días; evaluación fisicoquímica de color, textura, acidez y pH; se evaluó atributos sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia con una prueba de aceptabilidad de 5 puntos con, 40 panelistas; se analizó el envejecimiento del pan, se determinó (a_w) y mohos (ufc/g). Se implementó un Diseño Completo al Azar (DCA) y Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) y análisis ANVA para comparar resultados y encontrar diferencias significativas. Los resultados mostraron que la luminosidad (L^*) tuvo un efecto significativo sobre la miga de pan, mientras que la textura fue significativa en el tratamiento de 15% almacenado por 6 días sin envase; el resultado de porcentaje de acidez es significativo en los tratamientos 10% y 15% almacenados por 6 días, sin envase; pH fue significativo el día 6. Las propiedades sensoriales del tratamiento del 15% fueron las más aceptadas por parte de los panelistas. En el envejecimiento de pan, a_w es significativa en los tratamientos de 10% y 15% sin envase el día 6 disminuyendo su a_w ; ufc/g de mohos varía en los días 3 y 6. Se concluye que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua influye en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y envejecimiento del pan, siendo el 5% el mejor tratamiento para la ciencia y el 15% para los panelistas.

Palabras claves: Cañihua, harina, pan, propiedades fisicoquímicas, sensorial.



ABSTRACT

This study evaluated the effect of the partial substitution of wheat flour by cañihua flour on the physicochemical, sensory and aging quality of bread. Different ingredients were used in bread formulations, wheat flour, cañihua flour, sugar, butter, salt, yeast, improver and water. Four percentages of cañihua flour were evaluated at 0, 5, 10 and 15%, packaged and unpackaged, stored at 0, 3 and 6 days; physicochemical evaluation of color, texture, acidity and pH; sensory attributes of color, odor, flavor, texture and appearance were evaluated with a 5-point acceptability test with 40 panelists; the aging of the bread was analyzed, determining (a_w) and molds (cfu/g). A Complete Randomized Design (CFD) and Complete Randomized Block Design (CFBD) and ANVA analysis were implemented to compare results and find significant differences. The results showed that lightness (L^*) had a significant effect on bread crumb, while texture was significant in the 15% treatment stored for 6 days without packaging; the result of percentage acidity is significant in the 10% and 15% treatments stored for 6 days, without packaging; pH was significant on day 6. The sensory properties of the 15% treatment were the most accepted by the panelists. In bread aging, a_w was significant in the 10% and 15% treatments without packaging on day 6, decreasing its a_w ; cfu/g of molds varied on days 3 and 6. It is concluded that the partial substitution of wheat flour by cañihua flour influences the physicochemical, sensory and aging properties of bread, being 5% the best treatment for science and 15% for the panelists.

Key words: Cañihua, flour, bread, physicochemical properties, sensory.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los alimentos horneados, como el pan, son alimentos esenciales, ampliamente consumidos en todo el mundo. La producción de pan se lleva a cabo en tres fases principales: amasado, fermentación y horneado (Gancarz et al. 2021), su preparación se basa principalmente en el uso de harina de trigo (*Triticum aestivum*) siendo esta una harina tradicional e importante para la elaboración de pan gracias a sus características distintivas para hornear, la extensibilidad de la masa y la estructura viscoelástica, atribuidas a la presencia de su proteína principal el gluten, (Grudas, 2003).

Sin embargo, debido al creciente interés en alternativas alimenticias más saludables, la mayoría de los usuarios han evaluado la saludabilidad de los productos de panificación en función de características como la granulosidad del grano, la integralidad y el contenido de fibra (Sandvik et al. 2018). Se ha explorado la viabilidad de sustituir parcialmente la harina de trigo convencional por opciones alternativas.

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), un grano andino de alta densidad nutritiva, ha surgido como una alternativa viable para parcialmente reemplazar la harina de trigo en la producción de pan. Se ha observado que la harina de cañihua exhibe propiedades fisicoquímicas distintivas que afectan las características sensoriales del producto final. Sin embargo, la investigación sobre su impacto en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y de envejecimiento del pan es limitada. Este estudio busca llenar este vacío de conocimiento al proporcionar datos relevantes sobre el potencial de la harina de cañihua como sustituto del trigo en la panificación. Se espera que estos hallazgos impulsen el desarrollo de opciones de pan más saludables y nutricionalmente equilibradas para los consumidores conscientes de su dieta. Por lo tanto, es crucial



Investigar la parcial sustitución de harina de trigo por harina de cañihua, y evaluar su efecto en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y de envejecimiento del pan, así como en otros tipos de pan elaborados con granos andinos alternativos.

Este estudio se origina a partir del interés en explorar alternativas a la harina de trigo, el componente fundamental en la fabricación de pan, debido a su influencia en la nutrición y su restricción de acceso en algunas áreas del Perú. La harina de cañihua emerge como una opción promisoriosa para la panadería, dado su notable perfil nutricional y su capacidad de adaptarse a entornos desafiantes (Moscoso et al. 2021).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) sobre la calidad fisicoquímica, sensorial y envejecimiento del pan

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua sobre la calidad fisicoquímica (Color, textura, acidez y pH) del pan.

Determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua sobre la propiedad sensorial (Color, olor, sabor, textura y apariencia) del pan.

Determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua en el envejecimiento (actividad de agua a_w y análisis microbiológica mohos) del pan.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el estudio realizado por Guardado et al., (2020), para analizar las características cromáticas de la miga y la corteza del pan, se empleó un enfoque objetivo para medir las puntuaciones de color utilizando un colorímetro en tres rebanadas de pan con formulaciones de harina distintas, lo cual se asemeja a la metodología aplicada en el presente estudio.

Por otro lado, Ibadapo et al., (2020), evaluaron las propiedades de calidad de un pan funcional elaborado a partir de mezclas de harina de trigo, mijo malteado y okara. En su metodología, se utilizaron mediciones de color tanto para la miga como para la corteza del pan utilizando el sistema de color CIE $L^* a^* b^*$, con tres repeticiones por muestra, lo cual es similar al enfoque metodológico empleado en el presente estudio.

El estudio realizado por Gonzales et al., (2020), tuvo como propósito examinar los efectos de sustituir parcialmente dos tipos de harina de trigo (con bajo y alto contenido de ceniza) con harina de vaina peruana de mezquite en diferentes proporciones (0%, 5%, 10% y 15%) en la calidad nutricional y el envejecimiento de los panes. Para evaluar los indicadores de envejecimiento del pan, se realizaron mediciones de la actividad de agua (a_w) y la consistencia de la miga en los días 1, 3 y 5 post-horneado, utilizando un método de evaluación similar al empleado en la presente investigación.

El objetivo del estudio por Zhao et al., (2021), fue examinar los efectos de la suplementación con polvo de suero de tofu en las características fisicoquímicas y funcionales del pan elaborado con harina de trigo. Para evaluar el impacto en los valores



de color de las muestras de pan, se empleó un colorímetro junto con el sistema de color de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). Los parámetros de diferencia de color total, croma (C^*), ángulo de tonalidad (h°), índice de color (CI) e índice de amarillamiento (YI) fueron convertidos en valores L^* , a^* y b^* .

En el estudio llevado a cabo por Liu et al.,(2022), se analizaron las características químicas, sensoriales y la digestibilidad in vitro del pan de trigo enriquecido con hongos comerciales y silvestres de Yunnan. Durante el estudio, se elaboraron diferentes muestras de pan de trigo enriquecidas con polvo de hongos en proporciones de 0, 5, 10 y 15 g por cada 100 g de harina de trigo. La elaboración del pan con champiñones siguió un método similar al 10-10.03 de la Asociación Estadounidense de Químicos de Cereales (AACC).

En el estudio realizado por Pecyna et al., (2023), se investigaron las características físicas y antioxidantes del pan sin gluten al agregar inflorescencia de cáñamo. Durante el estudio, se evaluaron los parámetros sensoriales del pan con un panel de 72 consumidores no entrenados, con edades comprendidas entre los 22 y los 56 años. Estos consumidores evaluaron el sabor, aroma, textura y niveles generales de aceptabilidad del pan.

Zegarra et al., (2019), realizaron un estudio centrado en la producción de un pan libre de gluten mediante el uso de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), evaluando su aceptabilidad sensorial. La evaluación sensorial del pan se llevó a cabo con la participación de un grupo de 76 panelistas, quienes asignaron calificaciones del 1 (desagrado total) al 5 (agrado total) según atributos como volumen, color, aroma, sabor y textura del pan.

En la investigación realizada por Quintana (2020), investigó las propiedades fisicoquímicas del pan en el que se sustituyó parcialmente la harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Para analizar la



textura física del pan, se empleó el método 74-10A de la Asociación Estadounidense de Químicos de Cereales (AACC), utilizando un texturómetro para aplicar fuerza al pan, medida en Newton por centímetro cuadrado (N/cm²).

El estudio de (Vidaurre, 2020), se enfocó en desarrollar panes libres de gluten utilizando harinas de cultivos andinos. Se sustituyó parcialmente la harina de quinua en diferentes proporciones (10, 30, 50%), harina de kiwicha en diferentes proporciones (10, 30 y 50 %) y harina de tarwi en diferentes proporciones (10, 20 y 30%). Durante la investigación, se evaluaron los contenidos de proteínas, grasas, fibra y minerales, así como la textura del pan.

Gutierrez (2022), elaboró pan con una sustitución parcial de harina de quinua y tarwi. En su estudio, determinó el pH de la miga del pan siguiendo la metodología AACC 02-52.01, la cual será empleada de manera similar en la presente investigación.

2.2. CAÑIHUA

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una dicotiledónea perteneciente al género *Chenopodium*; se desarrolla a alturas de 3500 - 4200 m.s.n.m. y es condescendiente a tiempos largos de sequía y a temperaturas que oscilan entre - 10 °C y 28 °C. Se desarrolla en suelos franco-arcillosos salinos pH entre 4, 8 y 8,5 (Mujica et al., 2002).

Es un alimento muy nutritivo de nuestros antepasados que se ha cultivado en el altiplano peruano y boliviano; es un grano andino que puede iniciar su germinar a 5 °C, florecer a 10 °C incluso en suelos rocosos y de baja fertilidad, y las semillas se desarrollan a una temperatura de 15 °C. (Carrasco, 2009)



2.2.1. Denominación

El botánico suizo Paul Aellen en el año 1929 crea la denominación de la cañihua “*Chenopodium pallidicaule* Aellen”. En el departamento de Puno, se le reconoce con diferentes nombres según el idioma local como “Kañihua o Cañihua” en quechua y “Kañawa” en aymara (Apaza, 2010).

2.2.2. Clasificación taxonómica

El grano de la Cañihua se enmarca dentro de la siguiente categoría taxonómica, conforme a la adaptación de (Apaza, 2010).

Reino: Plantae

División: Angiospermophyta

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen

2.2.3. Descripción botánica

La cañihua es una planta que varía en tamaño entre 20 y 70 cm. Tanto el tallo en su parte superior como las hojas presentan manchas de tonalidades rojas y amarillas, las cuales se intensifican en la base de la planta, mientras que las



inflorescencias están recubiertas de vesículas blancas o rosadas (MIDAGRI , 2018).

- **Hojas**

De disposición alterna con pericíolos cortos y delgados, las láminas son gruesas y tienen una forma de romboidal. En la cara inferior de las hojas, se observan tres nevaduras bien definidas que convergen después de la inserción del pericíolo. (Tapia, 2007) Cuando llegan a la madurez fisiológica, adquieren tonos amarillentos, morados, rosados y anaranjados gracias a la presencia de pigmentos como la antocianina, la betacianina y las xantofilas en diferentes variedades (Oliveira, 2018).

- **Inflorescencia**

Son conspicuas, presentan racimos axilares o terminales y se localizan completamente ocultas por el follaje (Oliveira , 2018). Las flores se agrupan formando espigas; la especie posee flores hermafroditas y, debido a la estructura cerrada de la flor, la cañihua se autopoliniza durante el periodo de fertilidad (FAO, 2012).

- **Fruto**

El perigonio generalmente envuelve el fruto, mostrando un tono gris comúnmente, mientras que el pericarpio es extremadamente delgado y transparente. La semilla de Cañihua es diminuta, con un tamaño que oscila entre 1 y 1.2 mm, y presenta un color que puede variar desde tonalidades castaño claro hasta café oscuro o negro, acompañado de una epidermis muy fina (Tapia, 2007).

- **Tallo**

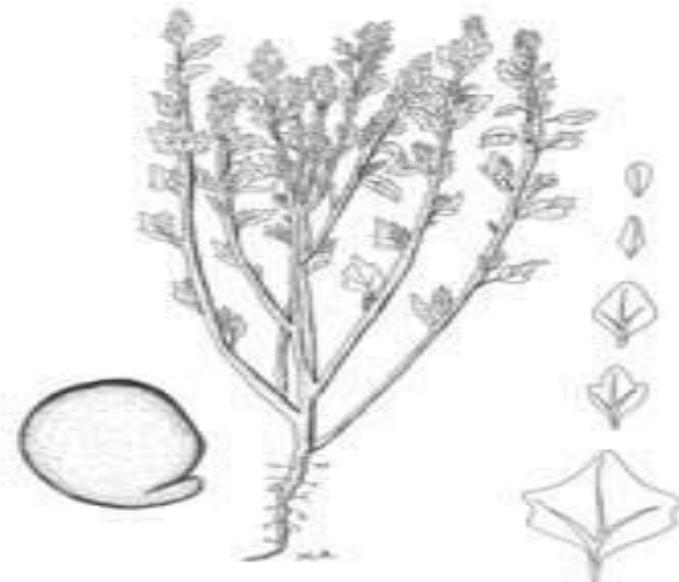
Cuando se observa en un corte trasversal, es de forma redonda y se encuentra revestido con pequeñas vesículas peludas. La altura de la planta de

Cañihua puede variar entre 20 y 70 cm, (Oliveira , 2018) el tallo puede presentar dos posibles características: puede ser erecto y con poca ramificación, como en el caso de la variedad Saiwa, o algo postrado y más ramificado, como en la variedad Lasta (Tapia, 2007).

En la Figura 1 se muestra los componentes botánicos de la cañihua.

Figura 1

Cañihua sus componentes botánicos



Fuente: Tapia, (2007).

2.2.4. Valor nutricional

La investigación ha comprobado que la cañihua, quinua y Kiwicha poseen un valor nutritivo elevado, superior al de otros cereales de uso diario en la canasta familiar como el arroz, el maíz, trigo y avena; la cañihua tiene más proteína entre (15 y 19 %) según la variedad (Begazo & Bravo, 2020).

En la Tabla 1, se muestra los principales componentes de la cañihua gris como son proteína, grasas, carbohidratos, fibra, ceniza y humedad.

Tabla 1

Principales componentes de la cañihua gris

COMPONENTE (g/100 g)	Cañihua
Proteínas	14.0
Grasas	4.5
Carbohidratos	64.0
Fibra	9.8
Ceniza	5.4
Humedad	12.2

Fuente: Salinas (2017).

2.2.5. Compuestos bioactivos

Los alimentos, tanto de origen animal como vegetal, contienen una diversidad de sustancias que pueden ser categorizadas en nutrientes, compuestos esenciales o antinutrientes, y compuestos bioactivos. Estas sustancias desempeñan un papel fundamental en la promoción de la salud y la prevención de enfermedades (Zegarra, 2018).

a) Fibra

La cañihua se caracteriza por presentar un contenido notablemente elevado de fibra dietética, particularmente en su forma insoluble (Carrasco, 2009). En la actualidad, se está prestando mayor atención a las fibras alimentarias debido a su contribución al proceso digestivo.

En contraste con la quinua y la kiwicha, la cañihua exhibe una mayor cantidad de fibra insoluble, lo cual puede estar asociado con la presencia de

perigonios que rodean al grano y que no han sido eliminados por completo debido a la morfología estrellada de la cañihua (Tapia, 2000).

En la Tabla 2, se muestra el contenido de fibra de cañihua, Quinua y Kiwicha.

Tabla 2

Contenido de fibra (g/100 g base seca)

	Fibra total	Fibra insoluble	Fibra soluble
Cañihua	18.7 – 21.9	15.6 – 18.7	2.3 – 4.1
Quinua	10.4 – 11.5	6.1 – 7.4	3.2 – 5.3
Kiwicha	10.9 – 11.3	8.5 – 9.3	1.9 – 2.4

Fuente: (Zegarra, 2018)

b. Compuestos fenólicos

El nivel de compuesto fenólicos en la cañihua es elevado; estos compuestos tienen un papel significativo para proteger las plantas contra el estrés oxidativo y desempeña una función análoga en el organismo del ser humano. (Zegarra, 2018)

La variedad Cupi de cañihua contiene una cantidad más elevada de compuestos liposolubles e hidrosolubles, como luteína, carotenoides, betalaínas y polifenoles, en comparación con la quinua roja (Carrasco, 2009).

La Tabla 3, muestra la cantidad total de compuestos fenólicos en la cañihua y quinua.

Tabla 3*Contenido de compuestos fenólicos (mg ácido gálico/100 g)*

VARIEDAD DE CAÑIHUA				
Compuesto	Cupi	Illpa	Ramis	Puka cañihua
fenólico	78.29 ± 0,54	81.10 ± 0.90	77.39 ± 0.87	73.53 ± 0.37

Fuente: Carrasco , (2009).

c. Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos que retardan la oxidación de una sustancia, previenen la formación de radicales libres perjudiciales para el cuerpo y estimulan los procesos internos de recuperación celular (Escobar 2012).

En la Tabla 4, se presenta la actividad antioxidante de la cañihua, quinua y kiwicha.

Tabla 4*Capacidad antioxidante de granos andinos*

Capacidad antioxidante (µg /g masa seca)	
Kiwicha	660.37
Cañihua	1509.80
Quinua	2400.55

Fuente: Carrasco, (2009).

2.2.6. Variedad de cañihua

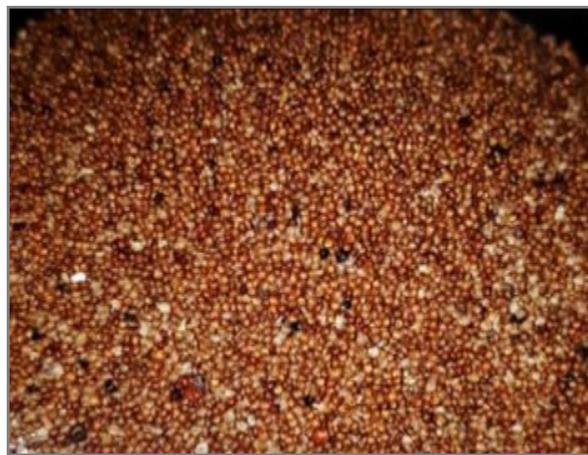
El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) reconoce tres variedades: Ramis, Cupi e Illpa INIA 406 (Apaza,2010; (INIA 2004). A continuación, se describen las características más destacadas de estas variedades:

- **Variedad Ramis**

El aspecto del perigonio en la madurez fisiológica es semi abierto, el color de la envoltura externa registrado en la madurez fisiológica es gris oscuro y el diámetro del grano andino sin la envoltura externa alcanza de 1.1 a 1.2 mm (Apaza,2010). La Figura 2 muestra el color de los granos de la variedad Ramis de cañihua.

Figura 2

Cañihua de la variedad Ramis



Fuente : Mamani, (2021).

- **Variedad Cupi**

El perigonio presenta un color gris crema suave en la madurez, mientras que el epispermo tiene un tono café claro, con un diámetro del grano sin la envoltura externa que oscila entre 1.0 y 1.1 mm (Apaza, 2010). En la figura 3 se muestran los granos de cañihua de la variedad Cupi.

Figura 3

Cañihua de variedad cupi



Fuente: (Apaza 2010)

- **Variedad Illpa INIA 406:**

El pericarpio presenta un color gris claro, mientras que el grano tiene un tono marrón claro (INIA, 2004). El diámetro del grano, sin considerar la envoltura externa, varía entre 1.0 y 1.1 mm (Apaza, 2010).

En la Figura 4, se muestran los granos de cañihua de la variedad Illpa INIA 406.

Figura 4

Cañihua de variedad Illpa INIA 406



Fuente: Apaza, (2010)

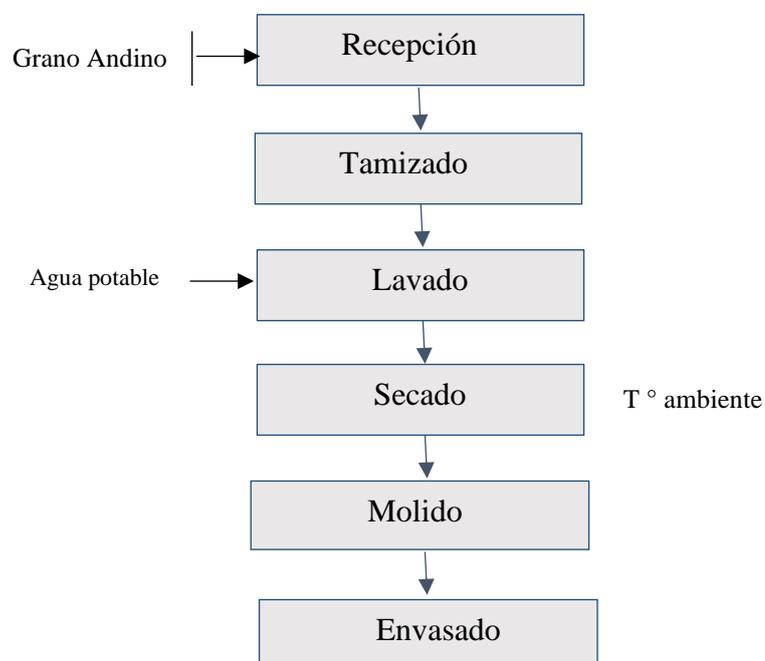
2.2.7. Harina de Cañihua

La cañihua es ampliamente reconocida como un grano andino, aunque no pertenece al grupo de las gramíneas, sino que produce semillas que pueden ser molidas para obtener harina (Abderrahim et al., 2012). El proceso de obtención de harina de cañihua implica tamizar los granos para eliminar impurezas, lavarlos con abundante agua, secarlos y tamizarlos nuevamente, para finalmente molerlos en un molino. Esta harina se consume en forma de papilla o se mezcla con harina de trigo para elaborar panes y pasteles, siendo parte del patrimonio culinario local (Repo et al., 2010; Abderrahim et al., 2012).

En la Figura 5, se muestra el diagrama de flujo de proceso de obtención de harina de cañihua.

Figura 5

Diagrama de flujo de elaboración de harina de Cañihua



Fuente: Zegarra et al., (2019).



2.3. EL TRIGO

El trigo (*Triticum aestivum*) es un tipo de grano derivado de una planta herbácea clasificada dentro de la familia Gramínea y el género *Triticum*. Su origen se remonta a la antigua civilización de Mesopotamia y se destaca como uno de los cereales más ampliamente consumidos a nivel global, principalmente debido a su contenido de gluten y su versatilidad en aplicaciones en la industria de la panificación, repostería y otros usos (Cauvain & Young, 2009).

2.3.1. Clasificación taxonómica del trigo

El trigo pertenece al reino Vegetal y a la división Angiospermae (Solano, 2000). A continuación, se describe una clasificación taxonómica general del trigo común (*Triticum aestivum*), es una de las variedades de trigo más ampliamente cultivadas:

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae (Gramiceas)

Subfamilia: pooideae

Tribu: Triticeae

Género: *Triticum*

Especie: *Triticum aestivum*

Fuente : Solano, (2000).



2.3.2. Características de la planta de trigo

La característica fundamental de la planta radica en su utilidad dual como forraje y grano. La tolerancia a las sequías y es mayor durante su periodo Juvenil; en esta etapa, la planta de trigo necesita condiciones frías (INIA, 2003).

2.3.3. Descripción botánica del trigo

- **Raíz**

La mayor parte de la raíces se ubican a una profundidad que va desde 0 hasta 25 cm, con la capacidad de alcanzar hasta 150 cm (Choque, 2005), Su crecimiento está influenciado por diversos factores como la diversidad, fase de crecimiento, la composición del suelo, la profundidad del nivel freática y otros componentes.

- **Tallo**

Los tallos se presentan en posición erecta, son cilíndricos, huecos y cuentan con entrenudos de menor tamaño que los presentes en el trigo de primavera, la variación depende de la variedad de trigo, (Sucapuca, 2018), pueden alcanzar alturas que oscilan entre 50 y 100 cm, demostrando una capacidad notable de producir macollos de manera eficiente.

- **Hojas**

La hoja adopta una forma lanceolada, de color verde intenso, con un ancho aproximado de 0.70 cm y una longitud que varía entre 14 y 25 cm (ATLAS, 2004). Presenta aurículas pilosas y una lígula membranosa de tonalidad blanca. Cada planta puede desarrollar entre 4 y 6 hojas en total.



- **Inflorescencia**

Consiste en una espiga compuesta por un eje central o raquis con entrenudos cortos, en este raquis se disponen entre 20 y 30 espiguillas de manera alternada y con una disposición laxa o compacta. Cada espiguilla contiene nueve flores envueltas por glumas, glumelas y glomérulos.

- **Flor**

La flor del trigo es hermafrodita. Está conformada por agrupaciones florales o espiguillas distribuidas a lo largo de ambos lados del eje. Al separar una espiguilla, se aprecia que está cubierta por dos brácteas conocidas como glumas (Choque, 2005).

- **Fruto**

Desde un perspectiva botánico, la denominación del fruto de trigo es “Cariopside”, clasificado como un fruto seco y desprovisto de envoltura (Choque, 2005). En cuanto al grano, presenta una forma ovoide con bordes redondeados y un color blanco.

2.3.4. Composición química de la harina de trigo

El trigo está compuesto por diversos nutrientes, tales como carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (Gutiérrez, 2022).

En la Tabla 5, se detalla la composición química de la harina de trigo.

Tabla 5*Intervalo de Composición química de harina de trigo*

Componentes	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	8	18
Proteína (%)	7	18
Ceniza (%)	1.5	2
Lípidos (%)	1.5	2
Fibra cruda (%)	1.7	3.4
Almidón (%)	60	68.9
Carbohidratos (%)	68	87

Fuente: Alasino ,et al. (2008).

2.3.5. Composición nutricional del trigo

Durante el proceso de elaboración de productos horneados, la harina de trigo desempeña un papel vital al contribuir a la formación de la masa y otorgar estructura a productos como panes y galletas. La formación de gluten se produce al mezclar la harina de trigo con agua, y este también posee la capacidad de retener el gas generado durante la fermentación (Zapata, 2010).

En la Tabla 6, se presenta la composición nutricional de la harina de trigo por cada 100 g.

Tabla 6*Composición nutricional de la harina de trigo por 100 g*

Componentes	Cantidad
Energía (Kcal)	336
Agua (g)	14.5
Proteína (g)	8.6
Grasa (g)	1.5
Carbohidratos (g)	73.7
Fibra (g)	3.0
Ceniza (g)	1.7
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	224
Hierro (mg)	4.6
Tiamina (mg)	0.30
Riboflavina (mg)	0.08
Niacina (mg)	2.85
Ácido ascórbico reducido (mg)	4.8

Fuente: (Gomez , 2017)

2.4. EL PAN

El pan es un alimento básico ampliamente consumido en todo el mundo. Se obtiene al hornear una masa y es susceptible al deterioro. Por lo general, los ingredientes principales del pan incluyen harina de trigo, agua, sal, levadura, azúcar, manteca, entre otros, como agentes leudantes (Zhao Lu & Ameer, 2021).

2.4.1. Características del pan

Las características del pan de trigo pueden variar según la receta específica y el proceso de fabricación, cuando el pan este recién horneado y después del almacenamiento en frío, y es menos propenso a cambios inducidos por el almacenamiento en la consistencia de la miga de pan (Corrado et al., 2022). Las características internas del pan están dadas generalmente por el número, tamaño



y la distribución de los espacios en la miga, que cambiará según el tipo de pan que se prepare; cada espacio está rodeado por una red de hilos interconectados (Cauvain & Young, 2015).

Para el consumidor es indispensable las características del pan, tono, sabor y consistencia; cualidades que se dan durante el proceso de horneado, las cuales son reacciones de calor dadas por la reacción de Maillard; también las reacciones enzimáticas y fermentación de levadura influye directamente en el gusto de la miga del pan (Bigne, 2018). Es de mucha importancia también la consistencia de la miga del pan que es afectada por las características fisicoquímicas de la masa, las cuales son la consistencia y flexibilidad, factores que están directamente vinculados a los aspectos de gusto y facilidad de masticación que son determinados por la evaluación de las propiedades físicas (García, 2011).

2.4.2. Composición nutricional del pan

La composición química del pan puede experimentar ligeras variaciones de acuerdo a la receta específica y los ingredientes utilizados, el pan tiene un alto contenido carbohidratos cada 100g de pan contiene 66.52 g de carbohidratos (Sibakov, 2015).

En la Tabla 7, se detalla la composición nutricional de pan de trigo y pan molde.

Tabla 7

Composición nutricional de pan de trigo y pan molde

Composición en gramos (g/100g)	Pan de trigo	Pan de molde
Carbohidratos	66.2	69.2
Agua	24.4	20.8
Proteína	7.2	6.8
Grasa total	0.2	2.5

Fuente: MINSA,(2017)

2.4.3. Insumos para la elaboración de pan

- **Harina de trigo**

Constituye un componente esencial en la preparación del pan, siendo predominantemente responsable de otorgar cuerpo, almidón y estructura a la masa, principalmente debido a su contenido de gluten, una proteína que confiere elasticidad y flexibilidad, aspectos fundamentales para la estructura del pan. Además, se integra homogéneamente con los demás ingredientes (Acosta, 2013).

- **Agua**

Es esencial en proceso de elaboración del pan y se utiliza para mezclar, homogenizar mediante la hidratación de los ingredientes, activa la levadura e influye en la textura del pan.

- **Sal**

Fortalece la estructura del gluten aumentando la fuerza y la tenacidad (Acosta, 2013) mejora el tono de la miga del pan, regula la fermentación y mejora el sabor del pan al realzar otros sabores y ayuda a la conservación.



- **Levadura**

La levadura actúa como agente leudante al inducir la fermentación de la masa, provocando su aumento de volumen. La levadura, específicamente la especie *Saccharomyces cerevisiae*, transforma los azúcares y almidones en dióxido de carbono y alcohol durante la fermentación, lo que resulta en la expansión de la masa y la textura esponjosa del pan (Mesas et al., 2002).

- **Azúcar**

Es un alimento para la levadura, ayuda en la fermentación uniforme, intensifica el sabor dulce, permite la retención de la humedad (Acosta, 2013). Permite que el pan no se endurezca más rápido.

- **Manteca Vegetal**

Es importante en el trascurso del proceso de preparación del pan, proporciona un efecto en la mezcla de polímeros comprimidos, influye también en el sabor (Rivas y Martínez, 2011), pero su mayor función es retarde el endurecimiento del pan esto generalmente hace que varía la proporción de su adición según al clima de cada ciudad en lugares a mayor altitud y ambiente seco la adición de manteca será mayor para que el pan no se seque rápido.

- **Mejorador**

Se trata de un aditivo alimentario comúnmente denominado como mejorador de pan, destinado a mejorar las propiedades físicas y organolépticas del producto final, así como a prolongar su conservación. Los elementos que componen los mejoradores incluyen emulsionantes, oxidantes, azúcares, enzimas, estabilizantes, entre otros (Vilbo, 2011).



2.4.4. Métodos de elaboración de pan

Se identifica tres métodos distintos para la elaboración de pan, y la elección entre ellos suele depender del tipo determinado de pan que se tenga la intención de producir, así como el tipo de levadura que se utilizará para el proceso (Callejo, 2002).

- **Directo**

Se utiliza levadura comercial, ya sea fresca o instantánea, y la masa requiere un reposo de aproximadamente 45 minutos (Zegarra, 2018). Este método no es óptimo para procesos de división automatizada o mecanizada de la masa.

- **Mixto**

Este método se distingue por utilizar tanto levadura comercial o masa madre, como un periodo de reposo máximo para la masa de 20 minutos. Se aplica especialmente en la producción de pan convencional (Callejo, 2002).

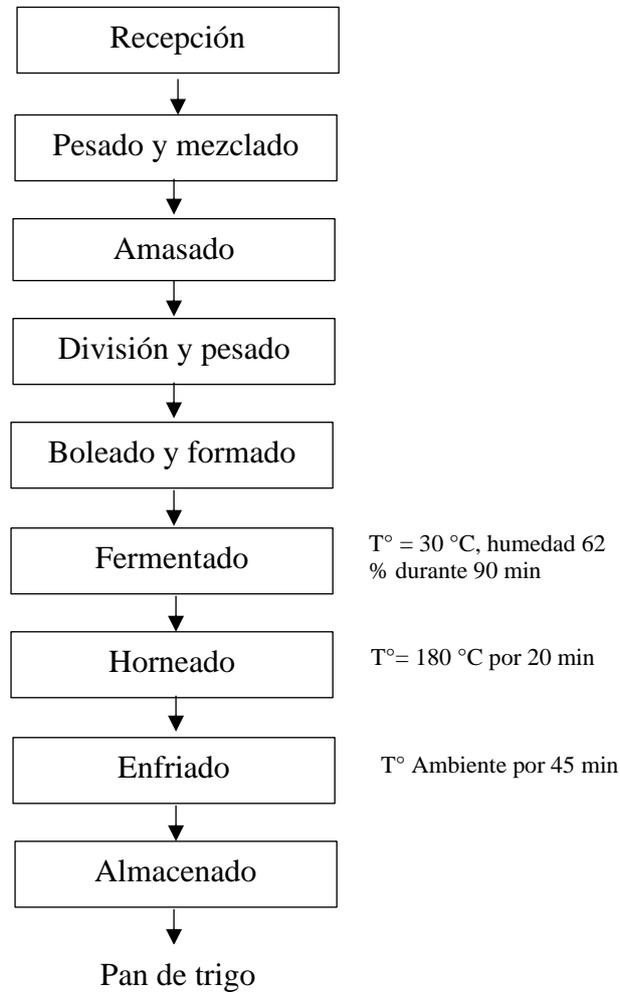
- **Esponja**

Se caracteriza por la preparación de una masa en estado líquido; inicialmente se agrega el 30 o 40% de harina, levadura y agua a esta mezcla (Zegarra, 2018). Después de una hora de reposo, se incorpora la segunda porción de harina y agua. Este procedimiento se utiliza frecuentemente en la producción de pan de molde.

2.4.5. Proceso de elaboración de pan

Figura 6

Diagrama de flujo de elaboración de pan



Fuente: Mesas et al.,(2002).

Descripción del diagrama de flujo de elaboración de pan consta de las siguientes etapas:

a. Pesado y mezcla de insumos

Los ingredientes básicos como la harina de trigo, levadura, manteca, mejorador de pan, sal y agua se pesan y mezclan para crear las condiciones ideales



para el proceso de amasado (Gutierrez, 2022). Este procedimiento es crucial ya que afecta la extensibilidad, elasticidad y la estructura del pan (Cutipa, 2014).

b. Amasado

Tiene por objetivo a través del trabajo mecánico o físico combinar los ingredientes como harina de trigo, agua, manteca, levadura y sal primero se empieza con los insumos secos luego la grasa y al final incorporamos agua dentro del bol, que contiene una paleta de mezcla se mueven siguiendo un patrón definido (Cauvain & Young, 2015). Para desarrollar el gluten de la harina que proporciona elasticidad y estructura al pan.

c. División y pesado

La masa una vez elaborada y evaluado su elasticidad adecuada, se fragmenta en partes de un peso predefinido según al tipo de pan a elaborar (Rosentrater & Evers, 2018).

d. Boleado y formado

Después de la división, la masa exhibe una apariencia irregular, una textura rugosa y se percibe pegajosa al tacto. Por esta razón, se redondea la masa, con el propósito de conferirle estructura, una forma esférica en una superficie seca (Zegarra, 2018).

e. Fermentado

Durante esta etapa, las levaduras actúan sobre los azúcares fermentables, produciendo dióxido de carbono y etanol. La fermentación se realiza en una cámara con condiciones controladas de temperatura y humedad para lograr el tamaño deseado y una textura esponjosa del pan (Rosentrater & Evers 2018).



f. Horneado

Durante el horneado, los gases atrapados dentro de la masa se expanden, mientras que el agua y el etanol presentes se evaporan. Las levaduras continúan activas hasta que la masa alcanza cierta temperatura, generando CO₂ y contribuyendo a la expansión de la masa. Además, durante este proceso se produce la reacción de Maillard, que influye en el color, sabor y aroma del pan (Edel y Rosell, 2007).

Durante el proceso de horneado de la masa, predomina principalmente la reacción de Maillard, las cuales generan color en el pan al formar melaoidinas. No obstante, se ha observado que estos compuestos no solo afectan el color, sino que también desempeñan un papel significativo en la influencia del sabor y el aroma. Esta reacción comienzan con la condensación de azúcares reductores y aminoácidos, ya sea en forma libre o polimerizada como proteína (Edel y Rosell, 2007). A este fenómeno también se le atribuye las reacciones de caramelización de los azúcares que se desarrollan a temperaturas elevadas.

g. Enfriado

Se realiza con la finalidad de que la corteza del pan se endurezca correctamente, después del horneado del pan se deja enfriar por 60 min (Quintana, 2020).

h. Almacenado

Para su conservación los panes son envasados en bolsas selladas y colocadas en un lugar fresco, seco y limpio a temperatura de ambiente (Zegarra, 2018).

2.4.6. Envejecimiento del pan

En la etapa de almacenado, el pan atraviesa cambios físicos y químicos es decir el pan pierde gradualmente su frescura, los principales indicadores de su envejecimiento incluyen la disminución de la elasticidad de la miga, la cuantificación de la actividad del agua, la textura de la miga y la presencia de unidades formadoras de colonias (ufc/g) de levaduras y mohos (Gonzales-Barron et al., 2020).

2.4.7. Característica sensorial del pan

Las características visibles y sensibles del pan se especifican como el color de la corteza, apariencia de la miga, olor y sabor, cada una de estas características dependen mucho del horneado adecuado (Acosta, 2013).

- **Color de corteza:** La corteza del pan debe tener un color uniforme, sin quemaduras ni falta de color (Li et al. 2023).
- **Apariencia de miga:** La miga del pan debe ser esponjosa, elástica, porosa, uniforme y no pegajosa (Acosta, 2013).
- **Olor:** Debe tener un olor característico a pan, agradable.
- **Sabor:** Debe tener un sabor característico a pan horneado, ligeramente salado y agradable.

2.4.8. Evaluación sensorial

Es el proceso mediante el cual se analiza un alimento utilizando los sentidos del ser humano, una de sus ventajas radica en que el individuo que realiza la degustación también lleva a cabo la evaluación, utilizando sus propios instrumentos de análisis que son los cinco sentidos (Acosta, 2013).



2.4.9. Tipos de análisis sensorial

El análisis sensorial se lleva a cabo según los objetivos de la investigación, donde se pueden seleccionar entre tres categorías de pruebas sensoriales. Estas categorías se dividen en evaluaciones centradas en el producto, como las pruebas discriminativas y descriptivas, y aquellas orientadas al consumidor, como las pruebas afectivas (Anzaldúa, 1994).

- **Análisis descriptivo:**

Esta prueba permite la definición y medición objetiva de las cualidades y características de un alimento, describiendo de forma discriminada las propiedades sensoriales (Acosta, 2013). Los evaluadores se entrenan durante varias sesiones para evaluar un conjunto específico de características, generalmente entre diez y quince. Por lo general, participan diez personas en cada sesión de evaluación.

- **Análisis discriminativo:**

Se utiliza principalmente en la industria alimentaria para determinar si existen diferencias entre dos productos (Acosta, 2013). La preparación de los evaluadores requiere menos tiempo que en el análisis descriptivo, y suelen participar al menos treinta personas.

- **Análisis del consumidor:**

También conocido como test hedónico, consiste en evaluar si al consumidor le gusta o no el producto. En este caso, se utilizan evaluadores no entrenados y las pruebas se diseñan de manera directa y simple para obtener resultados estadísticos (Sancho, 2002).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el departamento de Puno, situado en las coordenadas Latitud sur $70^{\circ}01'18''$; Longitud oeste $15^{\circ}50'15''$ y una altitud de 3820 metros sobre el nivel del mar (Quispe, 2021). Las actividades se realizaron en los siguientes lugares:

- El proceso de obtención de harina de cañihua se llevó a cabo en la empresa molinera "Juliaca" en la provincia de San Román.
- En la panificadora de la Universidad Nacional del Altiplano, en el distrito de Salcedo, se realizó el proceso de elaboración del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua.

Los análisis de los tratamientos se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, de la siguiente manera:

- Laboratorio de Microbiología: para el análisis de acidez, pH y unidades formadoras de colonias (ufc/g) de mohos en panes.
- Laboratorio de poscosecha: para la determinación de textura y color.
- Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos: donde se determinó la actividad de agua (aw).
- Laboratorio de poscosecha: para la evaluación sensorial de panes.



3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

- Cañihua: se empleó variedad Ramis que fueron adquiridos del supermercado de la ciudad de Puno.
- Harina de trigo: marca Blanca Nieve procedente de la empresa Alicorp.
- Agua potable

3.2.2. Insumos

- Azúcar: rubia marca casa grande de la empresa de Alicorp.
- Manteca vegetal: marca la Famosa de la empresa Alicorp
- Mejorador marca Unipan
- Sal yodada marca Marisur
- Levadura seca marca Okendo Instatant
- Aceite marca Sao

3.2.3. Materiales

- Tamiz N° 2 (1.5 mm) de acero inoxidable
- Cuatro recipientes de plástico
- Carro porta bandejas
- Bandejas de acero Inoxidable
- Jarra de plástico de la marca Rey de capacidad 2 litros
- Vasos de precipitación de 5 mL y 10 mL de pyrex
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL y 500 mL de pyrex
- Fiola de 50 y 100 mL de pyrex
- Pipetas 1 mL, 5 mL y 10 MI



- Tubo de ensayo de 10 mL y 5 MI
- Cuchillo de acero inoxidable
- Mechero de alcohol
- Placas Petri de 47 mm de diámetro
- Gradillas
- Probetas de 10 mL y 20 MI
- Soporte universal
- Varillas de vidrio
- Vernier
- Pisas de acero inoxidable
- Tijera de acero inoxidable

3.2.4. Equipos

- Balanza de plataforma de marca EXELTOR, modelo BR150E de capacidad 100 kg
- Molino de martillo de la marca SUR ANDINO
- Balanza de la marca BAMPER, de capacidad de 20 kg
- Balanza digital de la marca REFRICO, de capacidad 15 kg a 0.005 kg
- Cortadora manual de la marca NOVA, de la empresa INDUSTRIAS S.A. de una capacidad de 3 kg
- Horno eléctrico de la marca NOVA, modelo Max 2000 serie 8800/8700 de la empresa INDUSTRIAS S.A.
- Cámara de fermentación de la marca NOVA, de la empresa INDUSTRIAS S.A.



- Amasadora sobadora a espiral de la marca NOVA, modelo Nova 50; capacidad 80 kg, voltios 220; ciclos 6.0 Hz. de la empresa INDUSTRIAS S.A.
- Selladora manual de la marca SAFARI, del modelo TYPE: PFS-300 potencia 400 W y 220 voltios, 60 Hz
- Horno esterilizador marca OVEN TOASTER, esterilizador de aire caliente, con control de temperatura de 0 °C a 200 °C de voltaje 220 v, 1200 watts y 50 a 60 Hz
- Balanza analítica SARTORIUS, modelo CP323S; con sistema de pesaje Single-cell; dimensión de plato 60 mm
- Autoclave de marca VWR, modelo 25X-2; voltaje de 240 volts; amperio 4.38 amps y potencia 50/60 Hz
- Contador de colonias marca POX 302, modelo BIOTECHNOLOGIES.
- Texturómetro de marca BROOKFIELD, modelo CT3-4500; elección de cinco rangos de carga hasta 50 kg; velocidad: 0.01-0.1 mm/s en incrementos de 0.01 mm/s; 0.1- 100 mm/s en incrementos de 0.1 mm/s; precisión de +- 0.1 %; %; C TA4/1000 sonda cilíndrica de 38,1 mm de diámetro, 20 mm de largo y mesa de apoyo
- Termómetro: rango de 0 a 100 mm; resolución de 0,01 mm y precisión a menos de 0,1 mm; rango de medición de temperatura: 20 °C a 120 °C.
- Incubadora de laboratorio de marca GEMMY INDUSTRIAL, modelo IN-601; potencia de 220 v; 60 Hz y 1.8 Amperios
- pH chimetro de marca Milwaukee
- Colorímetro de marca PCE Lo 100/a



- Medidor de actividad de agua en punto de rocío de la marca AQUALAB; modelo 4TE, SN: S40002581 rango de voltaje 100-240 V AC, 47-63 Hz
- Hygro- termómetro 20 % -99 % rF/rh, 0 °C-50 °C
- Stomacher de marca OSTER, 220 V voltios, potencia 60 Hz y potencia de 500 W
- Cámara digital
- Laptop Dual-core i7

3.2.5. Reactivo

- Agua destilada
- Fenolftaleína al 1 %
- Solución de NaOH 0.1 N
- Agar OGYE (para cultivar Levaduras y Mohos)
- Alcohol
- Hipoclorito de sodio NaClO

3.2.6. Otros materiales

- Papel aluminio
- Papel kraft
- Algodón
- Empaques de polietileno
- Fosforo
- Marcador
- Cinta masking
- Detergente líquido

3.2.7. Software

- Programa estadístico InfoStat/E, versión 2020.
- Programa estadístico SPSS Statistics, Versión 22

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

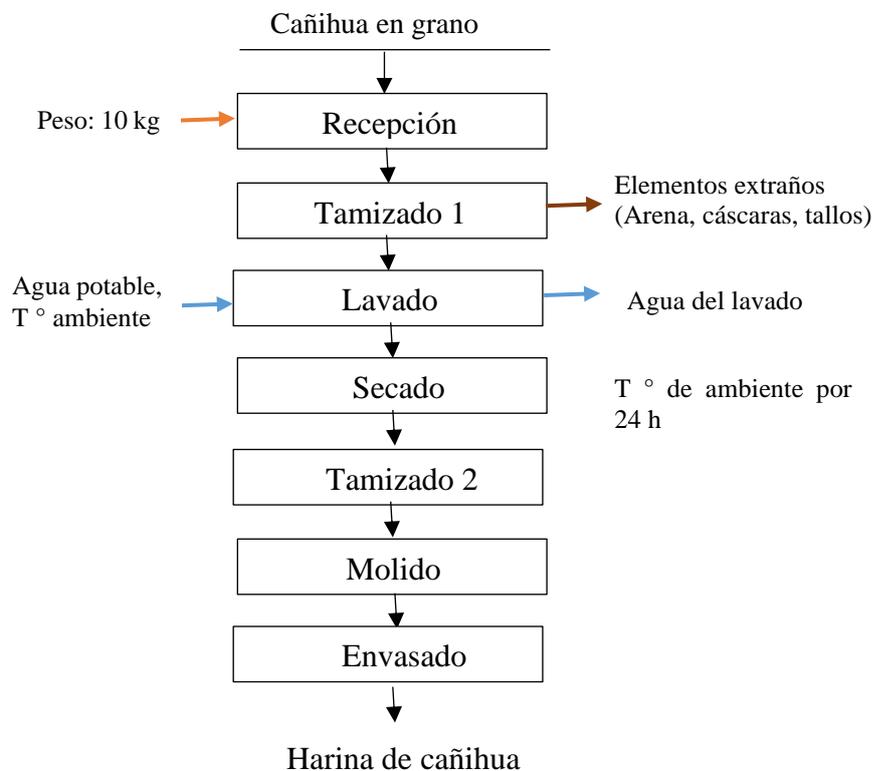
El presente trabajo de investigación se llevó a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento.

3.3.1. Proceso de obtención de harina de cañihua

En la Figura 7, se presenta el diagrama de flujo de obtención de cañihua.

Figura 7

Diagrama de flujo para la obtención de harina de cañihua



Fuente: adaptado de Zegarra et al., (2019).



En seguida se detalla la descripción del diagrama de flujo de obtención de harina de cañihua.

a. Recepción

En esta etapa consistió en la recepción de la materia prima es decir la cañihua de la variedad Ramis se adquirió 10 kg del supermercado de la ciudad de Puno. Luego se pesaron en una balanza de plataforma de capacidad de 100 kg para continuar en la siguiente etapa de tamizado 1.

b. Tamizado 1

En esta etapa se realizó el tamizado en seco manualmente con zarandeos del grano andino con el fin de eliminar las impurezas de la cañihua como (arena, cáscaras, tallos y entre otros), para ello se empleó un tamiz N° 2 (1.5 mm) de acero inoxidable.

c. Lavado

El procedimiento de lavado se llevó a cabo mediante un proceso manual de inmersión en agua potable, utilizando tinajas de plástico limpias. Durante este proceso, los granos de cañihua se remojaron durante 10 minutos y se frotaron para eliminar el perigonio y la episperma, que es la capa externa que recubre los granos de cañihua. Este proceso de lavado se repitió dos veces utilizando agua a temperatura ambiente para asegurar la eliminación de cualquier suciedad presente en los granos de cañihua. Después de cada enjuague, la cañihua se separó del agua y se colocó en otro recipiente para el proceso de secado. Este procedimiento se realizó siguiendo las recomendaciones de (Quiroga, et al., 2018; Mindani, 2024).

d. Secado

El proceso de secado se realizó de acuerdo a lo propuesto por (Cutipa, 2014) que consistió en secado natural donde se colocó la cañihua en una tela



limpia sobre una parihuela y dejarlo secar bajo la acción de a la energía solar temperatura de ambiente, removiéndolo con una paleta de madera limpia, cada hora para que el secado sea uniforme dicho proceso se realizó por 24 h, hasta que los granos queden secos, este proceso se realiza para quitar la humedad del grano andino para su preservación.

e. Tamizado 2

Una vez seca los granos de cañihua se volvieron a zarandear manualmente en el tamiz N° 2 (1.5 mm) de acero inoxidable nuevamente por las impurezas que pudieron quedar en el grano andino como cascaras, tallos entre otros.

f. Molido

La cañihua fue llevado a un molino de Martillo a la ciudad de Juliaca, donde se realizó el pesado en una balanza de plataforma de capacidad 100 kg, después fue molino para reducir el tamaño del grano andino por un periodo de 15 min Con el fin de obtener harina de cañihua.

g. Envasado

La harina de cañihua se empacó y selló utilizando una bolsa fabricada con polietileno de baja densidad, con el propósito de preservarla para su uso futuro.

3.3.2. Formulación para elaboración de pan

En la Tabla 8, se detallan los distintos tratamientos formulados, que consisten en mezclas con diferentes niveles de sustitución parcial de harina de cañihua (HC) por harina de trigo (HT) en porcentajes específicos. Los tratamientos incluyen: tratamiento T1 (0% HC /100 % HT, Testigo), Tratamiento T2 (5% HC / 95% HT), tratamiento T3 (10 % HC/90 % HT) y tratamiento T4 (15% HC/85% HT). La selección de estos tratamientos se basó en la experiencia previa y en la revisión de la literatura relevante.

Tabla 8

Formulaciones de pan con sustitución parcial de Cañihua

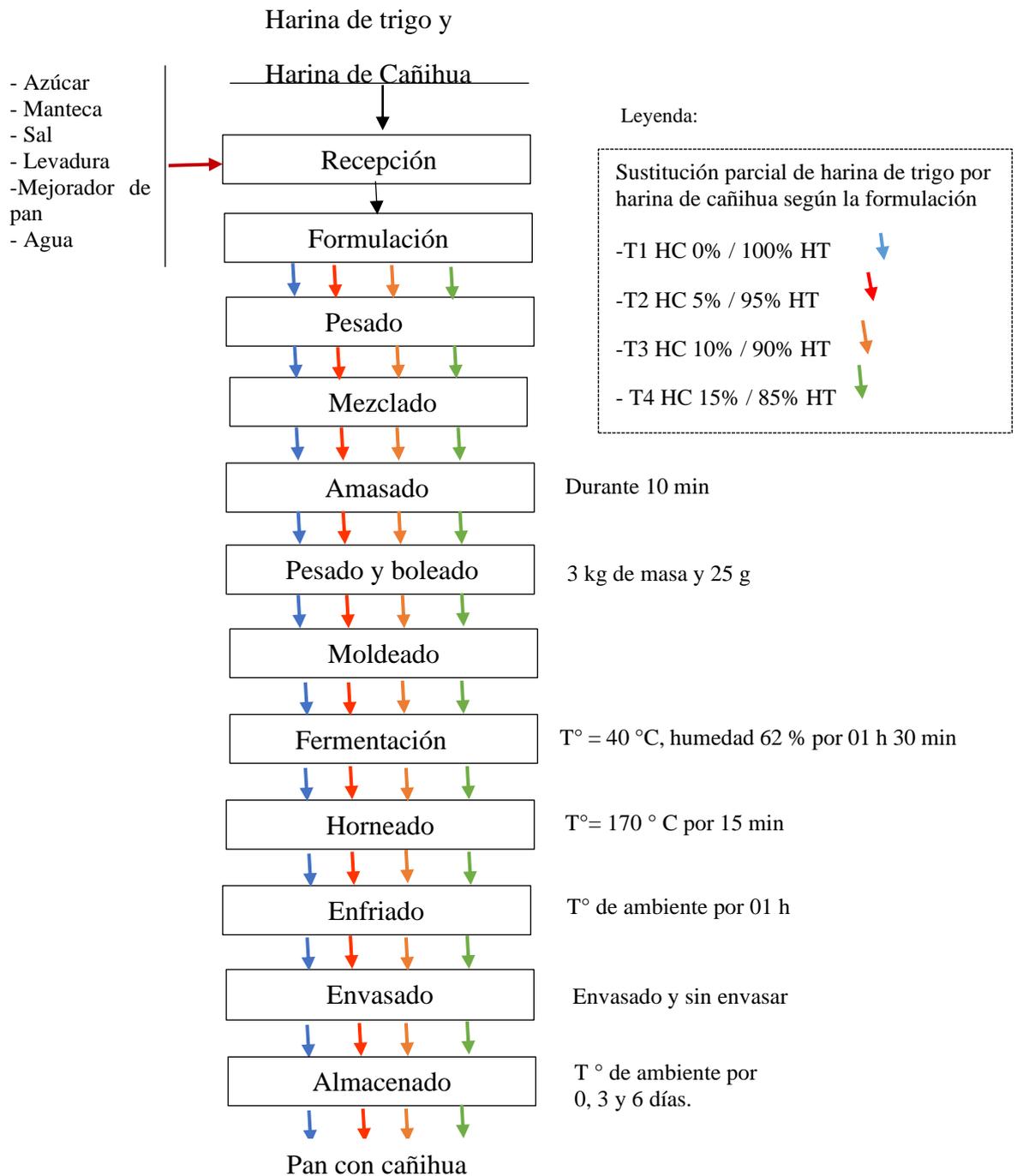
Insumos	Formulaciones							
	T1		T2		T3		T4	
	(0% HC/100% TH)		(5% HC/95% HT)		(10% HC/90%)		(15% HC/85%)	
peso (g)	g	%	g	%	g	%	g	%
Harina de cañihua	0	0	150	5	300	10	450	15
Harina de trigo	3000	53.47	2850	48.47	2700	43.47	2550	38.47
Azúcar	300	5.34	300	5.34	300	5.34	300	5.34
Manteca	180	3.22	180	3.22	180	3.22	180	3.22
Sal	60	1.08	60	1.08	60	1.08	60	1.08
Levadura	40	0.71	40	0.71	40	0.71	40	0.71
Mejorador de pan	30	0.53	30	0.53	30	0.53	30	0.53
Agua (2000 mL)	2000	35.65	2000	35.65	2000	35.65	2000	35.65
Total %	5610	100	5610	100	5610	100	5610	100

3.3.3. Proceso de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañihua

La Figura 8, presenta el diagrama de flujo que detalla las etapas para la producción de pan utilizando una formulación que incluye tanto harina de cañihua (HC) como harina de trigo (HT), con una sustitución parcial de la primera por la segunda.

Figura 8

Diagrama de flujo de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañihua.



Fuente : Zegarra et al. (2019), Adaptación propia.

Descripción del diagrama de flujo de elaboración de pan de trigo con sustitución parcial de harina de cañihua:



- a) **Recepción:** Se llevó a cabo la adquisición de la materia prima y se realizó un control de calidad de los insumos, incluyendo harina de trigo (HT), harina de cañihua (HC), manteca vegetal, azúcar refinada, sal yodada refinada, levadura seca y agua (Tian et al., 2021).
- b) **Formulación:** Se prepararon las formulaciones según lo especificado en la Tabla 8 para los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4), que implican distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de cañihua. Los demás insumos, como el agua, azúcar, manteca, levadura, sal y mejorador de pan, se agregaron en la misma proporción a todos los tratamientos.
- c) **Pesado:** Se procedió a pesar la materia prima y los insumos de acuerdo con la formulación utilizando una balanza digital calibrada para determinar el rendimiento.
- d) **Mezclado:** En la siguiente etapa una vez pesado la materia prima e insumos fue mezclado en la amasadora espiral de la marca NOVA, primero los insumos secos la harina de trigo, cañihua molida, mejorador de pan, levadura a una velocidad 1 por un 3 min posterior a eso se le adiciona la sal, azúcar y manteca una vez mezclado al final se le adiciona gradualmente el agua y aumentar la velocidad 2 hasta que la mezcla quede uniforme.
- e) **Amasado:** Durante la etapa del amasado, se aumenta la velocidad de la amasadora según la homogeneidad de la mezcla, por aproximadamente 10 min donde la flexibilidad de la masa es la que determina si ya se encuentra bien para el boleado.



- f) **Pesado y boleado:** La masa fue dividida en porciones iguales y luego formada en bollos con una forma específica para ser colocados en bandejas de acero inoxidable.
- g) **Fermentación:** Para el inicio del proceso de fermentación el coche de las bandejas con bollitos de pan es llevado a la cámara de fermentación de la marca NOVA, a una temperatura de 40 °C con una humedad de 62% durante una hora y media. Con la finalidad de que los bollitos de pan aumenten de tamaño estándar después es sacado de la cámara de fermentación para su horneado.
- h) **Horneado:** El coche de bandejas con los bollitos de pan es llevado al horno eléctrico de la marca NOVA, a una temperatura de 170 °C durante 15 min. Simultáneamente, para la cocción de la masa para ser transformados en panes.
- i) **Enfriado:** Después del horneado, el coche con las bandejas de panes se retira del horno se deja enfriar a temperatura ambiente durante aproximadamente 01 h con la finalidad de que el pan tenga la textura adecuada.
- j) **Envasado:** Después de que el pan se haya enfriado, se procede a empaquetarlo en bolsas de polietileno de alta densidad y sellarlas. Las otras muestras de pan no fueron envasadas.
- k) **Almacenado:** Los panes envasados y no envasados fueron almacenados por 0, 3 y 6 días a temperatura de ambiente, en un lugar fresco, seco y limpio.

3.4. METODOLOGÍA DE LOS ANÁLISIS

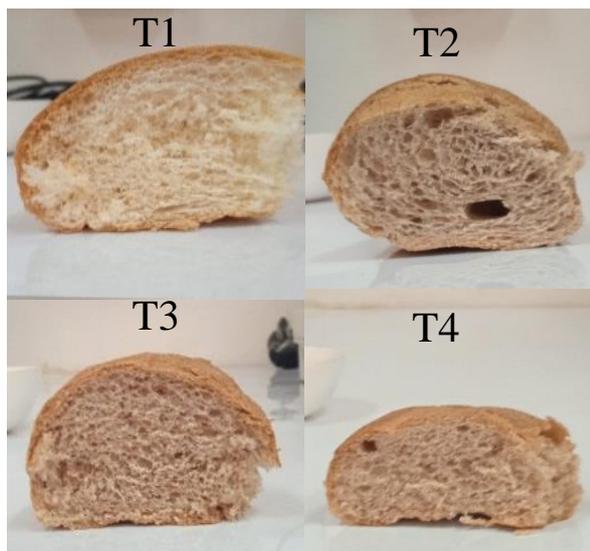
3.4.1. Análisis de propiedades fisicoquímicas del pan

- **Determinación de color en miga de pan**

Se empleó la metodología propuesta por Guardado et al., (2020) para evaluar el color de la miga del pan. Esta metodología implica en cortar el pan en tres rodajas en un tablero con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, luego medir los parámetros de color utilizando un colorímetro PCE Lo 100/a, ver en el (Anexo 18) y tomar lectura. Este dispositivo se basa en tres coordenadas de color específicas denominadas Luminosidad L^* ($L^*= 0$ representa el negro y $L^*=100$ representa el blanco), a^* ($-a^*$ tonalidad verde y $+a^*$ tonalidad roja) y b^* ($-b^*$ tonalidad azul y $+b^*$ tonalidad amarilla), anotar los resultados obtenidos. En la Figura 6 se muestra el color de la miga de los panes por tratamientos.

Figura 9

Colores de miga de panes





- **Determinación de textura**

Se utilizaron cubos de pan de 3 x 3 x 3 cm (Largo x ancho x alto) cortadas cuidadosamente por un cuchillo de acero inoxidable sobre un tablero. Los análisis de textura se realizaron para la determinación de dureza en los tratamientos de pan, con el equipo texturómetro de la Marca BROOFFELD, modelo CT3-4500; se utilizó los siguientes accesorios C TA4/1000 sonda cilíndrica de 38,1 mm de diámetro, 20 mm de largo. Colocar el accesorio a utilizar en el procedimiento, elegir una mesa de apoyo con la que se desea trabajar ajustar hasta a quedar a una distancia cercana al accesorio, considerar el tamaño de la muestra.

Encender el texturómetro, para ajustar la metodología a emplear (Prueba, deformación y velocidad); cortar tres rebanadas de pan por muestra de 3 cm de espesor después de haber sido almacenado el pan durante 0, 3 y 6 días envasado y si envasar el pan; colocar la muestra en la mesa de apoyo en la parte central de la rebanada (Zhao et al., 2021), presionamos el botón START, esperar que el equipo comience con el procedimiento de compresión y lectura los resultados donde se obtienen los valores de resistencia de corte en Work (trabajo) en microjoule (μ J). Ver en el (Anexo19).

- **Determinación de acidez titulable**

La determinación de acidez titulable se refiere al contenido de ácidos presentes en el pan. Para cuantificar el porcentaje de ácido láctico, se utilizó el método volumetría, que consiste en pesar 10 g de muestra de pan en una balanza analítica de marca SARTORIUS, modelo CP323S; en un vaso precipitado agregar 90 mL de agua destilada luego introducimos la muestra de pan en una stomacher de la marca OSTER y el agua destilada tapamos y licuamos. Una vez licuada la muestra tomar 9 mL del sobrenadante de la alícuota con una pipeta de capacidad



de 10 mL en un vaso precipitado de 25 mL; en equipo de determinación de acidez. Titular la solución de NaOH 0,1 N y agregar tres gotas de fenolftaleína en el vaso precipitado con la muestra, y llevarlo al equipo de titulación de acidez y agregar lentamente el hidróxido de sodio hasta que ocurra la reacción química donde se torne de un ligero rosa y anotar el gasto de NaOH. Los resultados obtenidos se expresan en forma de porcentaje de ácido láctico (A.O.A.C. 2000).

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V * N * meq}{\text{Volumen de muestra}} * 100 \quad (1)$$

Donde:

V: Volumen de gasto del hidróxido de sodio

N: Normalidad del hidróxido de sodio

Meq: mili equivalente del ácido predominante de la muestra

- **Determinación de pH**

Para determinar el pH del pan, se empleó un potenciómetro de marca MILWAUKEE, modelo Mi 150, el cual se ajusta utilizando dos soluciones Buffer de pH (4 y 7), de acuerdo a las instrucciones y guías proporcionadas por (Jemiria et al., 2020). Para llevar a cabo la medición, se pesa la muestra 10 g de pan y luego en un vaso precipitado se le agrega 90 mL de agua destilada, es introducido al Stomacher licuar hasta que la mezcla estaba homogénea (Gutierrez, 2022) después fue extraído 10 mL en un vaso precipitado, procediendo luego a medir directamente su pH de la muestra de pan tomar nota.

3.4.2. Evaluación de propiedades sensoriales de pan

- **Propiedades sensoriales**

Se llevaron a cabo pruebas de evaluación sensorial de cuatro variantes de pan con sustitución parcial de harina de cañihua, designadas como tratamiento T1 (0% HC/100% HT), T2 (5% HC/95% HT), T3 (10% HC/90% HT) y T4 (15% HC/85% HT). Se realizó una degustación y encuesta con la participación de 40 panelistas no entrenados. Cada panelista recibió simultáneamente cuatro muestras codificadas de pan, acompañadas de un vaso de agua y cuatro hojas de encuestas, con el fin de calificar el color, olor, sabor, textura y apariencia del pan de cañihua en una escala hedónica de 5 puntos (Zegarra et al., 2019). Se utilizó la encuesta adjunta (Anexo 16), que consiste en una escala hedónica de 5 puntos, que a continuación se detalla.

Aceptación sensorial	Valoración
Me gusta mucho	5
Me gusta poco	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta ligeramente	2
Me disgusta mucho	1

3.4.3. Evaluación de envejecimiento del pan

- **Determinación de actividad de agua (a_w)**

Primero se pesa 2 g de la miga de pan utilizando una balanza analítica de la marca METTLER TOLEDO modelo AL204. Este proceso se repitió para las ocho muestras de pan, siguiendo los mismos pasos. Una vez obtenidos los 2 gramos de muestra, se colocaron en un platillo y se introdujeron en el equipo



correspondiente (Gonzales-Barron et al., 2020). La medición de la actividad de agua (a_w) se llevó a cabo mediante una lectura directa después de aproximadamente 15 minutos, a una temperatura de 24,96 °C, utilizando el medidor de actividad de agua del punto de rocío de la marca AQUA LAB 4TE, ver (Anexo 22). Los resultados fueron registrados meticulosamente.

- **Determinación de mohos**

La muestra de pan fue cortada en un tablero con un cuchillo de acero inoxidable. Después, se pesa 10 g de la muestra en una balanza analítica de marca SARTORIUS, modelo CP323S y se retira la muestra con una pinza donde fue colocada en vaso precipitado estéril junto con 90mL de agua destilada que fue medida en una probeta de 100mL, La mezcla es introducida a un stomacher de marca OSTER para ser licuado hasta obtener una mezcla homogénea. A continuación, se extrajo 1mL de la mezcla y se añadió a un tubo de ensayo que contiene 9mL de agua destilada, resultado en una dilución de 10^{-1} . Se realizó una segunda dilución de 10^{-2} y una tercera dilución de 10^{-3} siguiendo el mismo procedimiento.

Luego, se tomó con la pipeta 1 mL de cada dilución y se colocó en placas Petri estéril que contengan medio de cultivo OGYE (Flores, 2019); que fue preparada de la siguiente forma se pesó 8,88 g de agar OGYE en polvo para 240mL de agua destilada, introducirlo en un matraz erlenmeyer tapar con láminas de papel aluminio, agitar hasta homogenizar la mezcla, llevarlo esterilizar a una temperatura de 120 °C , enfriar y distribuir en las placas Petri una aproximado de 10mL de cultivo antes de que se gelatinice, ver (Anexo 23). Las placas son rotuladas con un marcador para ser identificadas y se incubo a una temperatura de

27 °C durante 7 días. Al finalizar este período, se verificará si hay crecimiento de mohos y se procedió al conteo de unidades formadoras de colonias.

3.4.4. Diseño experimental y análisis estadístico

- **Para el primer objetivo**

La determinación del efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua sobre la calidad fisicoquímica textura, color, acidez y pH de pan; se realizó un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 4 x 2 x 3 con tres repeticiones (porcentaje de harina de cañihua: 0%, 5%, 10% y 15%, envase: envasado y sin envase, tiempo de almacenamiento: 0 días, 3 días y 6 días). Los análisis estadísticos se utilizaron el software InfoStat/E versión 2020e. Para el análisis de datos se utilizó ANVA, con una prueba de comparación de Fisher con una medida de significancia ($p \leq 0.05$).

A continuación, se detallan la ecuación adaptada de (Ibañez 2009) del diseño experimental realizado en esta prueba:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i=1,2,\dots,p \text{ (Niveles de factor A)} \\ j=1,2,\dots,q \text{ (Niveles de factor B)} \\ k=1,2,\dots,r \text{ (Repeticiones)} \end{array} \right. \quad (2)$$

Donde:

γ_{ijk} : variable respuesta del k-ésimo

μ : constante común, media perteneciente a las observaciones

α_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j : Efecto del j-ésimo tratamiento

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de interacción del i-ésimo de factor A, j-ésimo factor B.

ε_{ik} : Efecto del error experimental

a. Descripciones variables

- **Variables independientes**

- Porcentaje de harina de cañihua y harina de trigo (0% HC/100%HT, 5% HC/95% HT, 10% HC/90%HT y 15% HC/85% HT)
- Envasado (envasado y sin envasar)
- Días de almacenamiento (0, 3 y 6 días)

- **Variables dependientes**

- Propiedades fisicoquímicas (Textura, Color, acidez y pH)
- Propiedades sensoriales (Color, sabor, olor, textura y apariencia)
- propiedades de envejecimiento del pan (ufc/g de mohos y actividad de agua a_w)

- **Para el segundo objetivo**

Se llevaron a cabo análisis estadísticos empleando el software SPSS versión 22, tal como se menciona en (Zhao et al. 2021). Se utilizó un diseño de bloque completo al azar (DBCA) para determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua en las propiedades sensoriales del pan, incluyendo color, sabor, olor, textura y apariencia. El análisis de varianza (ANVA) se aplicó, junto con la prueba de comparación de Tukey, con un nivel de significancia establecido en $p \leq 0.05$. Se llevó a cabo una encuesta con la participación de 40 panelistas no entrenados, quienes evaluaron las propiedades sensoriales del pan utilizando una escala hedónica de 5 puntos. Se proporciona la ecuación del diseño estadístico utilizado en el análisis sensorial, según lo detallado en (Ibañez, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta de aceptación sensorial

μ : Media general

T_i : Efecto de tratamientos (T1, T2, T3 y T4)

β_j : Es el efecto del bloque j- enésimo de panelistas

ε_{ij} : Efecto de error experimental

- **Para el tercer objetivo**

Para determinar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua en el envejecimiento se analizó actividad de agua (a_w) y análisis microbiológico (*Mohos*) en pan. Se realizó tres repeticiones por muestra, los análisis estadísticos se realizaron en el software InfoStat/E 2020e. Para el análisis de datos se utilizó ANVA de un diseño completo al azar (DCA), con una prueba de comparación de Fisher con una medida de significancia ($p \leq 0.05$)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i=1,2,\dots,p \text{ (Niveles de factor A)} \\ j=1,2,\dots,q \text{ (Niveles de factor B)} \\ k=1,2,\dots,r \text{ (Repeticiones)} \end{array} \right. \quad (4)$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable respuesta del k-enésimo

μ : constante común, media perteneciente a las observaciones

α_i : Efecto del i-enésimo tratamiento

β_j : Efecto del j-enésimo tratamiento

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de interacción del i-enésimo de factor A, j-enésimo factor B.

ε_{ik} : Efecto del error experimental

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS

4.1.1. Resultado de color en la miga del pan

- **Resultados de luminosidad (L^*) en la miga del pan**

Del ANVA para el color de la miga de pan en la luminosidad (L^*), ver (Anexo 2), afectaron significativamente entre las cuatro formulaciones de pan. En cuanto al envasado y sin envasar y almacenado del pan por 0, 3 y 6 días si hubo diferencia significativa en el día 0 de los tratamientos.

En la Tabla 9, se muestra los resultados de luminosidad en la miga de pan prueba de Fisher de un ($\alpha \leq 0.05$), indica que la muestra de control de pan T1 (0% HC/100% HT), tiene un promedio de (L^*) de 58.63 este resultado es mayor que el de los tratamientos que contienen harina de cañihua en diferentes porcentajes de cañihua T3 (10% HC /90 % HT) obtuvo 50.23, T2 (5%HC/95% HT) obtuvo 46.98 y T4 (15%HC /85% HT) tuvo 45.58. Según Abad, (2023) en su estudio realizado en pan molde enriquecido con Kiwicha y cañihua, analizo la luminosidad en corteza e interior de cada formulación de pan molde, donde la muestra T1 (control) de miga de pan tuvo un resultado de luminosidad de (73.67) es mayor que los panes molde (T2, T3 y T4) que contenían harina de kiwicha y cañihua.

Gutierrez,(2022), realizó una mezcla parcial de harina de trigo y granos andinos fue las harinas de quinua y tarwi donde en el tratamiento (control) F2 que contenía 100% harina de trigo, obtuvo una ligera superioridad de 73.54 de

luminosidad y los panes sustituidos con harina de quinua y tarwi fue cercana al tratamiento F2. El color de los productos horneados depende de varios factores, como los compuestos de color intrínsecos relacionados a los insumos y reacciones de Maillard y caramelizarían por el tratamiento térmico sufrido durante la cocción (Gularte, 2011), la corteza y miga de pan sustituidos parcialmente con harina de garbanzo germinado fueron oscureciendo la miga y corteza del pan que disminuyendo el valor de luminosidad L^* (Guardado et al., 2020).

Tabla 9

Prueba de Fisher de color luminosidad (L^) de panes*

Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T1	58.63	18	1.99	a
T3	50.23	18	1.99	b
T2	46.98	18	1.99	b
T4	45.58	18	1.99	b

Se muestra los resultados de promedio en Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

- **Resultados de (a^*) en miga del pan**

El análisis estadístico ANVA del resultado de (a^*) en la miga de pan de cuatro de cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), almacenados por (0, 3 y 6 días), envasado y sin envasar, ver (Anexo 3) No hay diferencia significativa en (a^*) entre los tratamientos en la miga de pan.

En la Tabla 10, se muestra los resultados de la prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) para analizar el color (a^*) en la miga de pan con cuatro formulaciones diferentes de pan el tratamiento T4 fue de 4.94, T1 fue de 4.16, T3 de 4.04 y T2 obtuvo 3.73, se indica que no hay mucha diferencia entre los cuatro tratamientos entre sí (Abad, 2023), determinaron valores de 0.64 (a^*) en el T1 control y 1.90 (a^*) en el T2 son valores menores al de nuestros resultados esto es debido a la materia prima que

utilizaron que fueron panes hechos a base de harina de trigo, harina de kiwicha y cañihua que influyen también en el color del pan. Ibidapo et al., (2020), considera al color como uno de los indicadores de calidad que influye en su aceptabilidad, y depende de los ingredientes principales como tipo de harina que se le añade y condiciones de almacenamiento.

Tabla 10

Prueba de Fisher de color tonalidad (a) de panes*

Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T4	4.94	18	1.56	a
T1	4.16	18	1.56	a
T3	4.04	18	1.56	a
T2	3.73	18	1.56	a

Se muestra los resultados de promedio en Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

- **Resultados (b*) en la miga del pan**

El resultado ANVA de resultado (b*) en la miga de pan con cuatro formulaciones diferentes, donde se indica que no hay un efecto significativo en las formulaciones de pan (T1, T2, T3 y T4), días de almacenamiento (0, 3 y 6 días) y envasados y sin envasar los resultados varían ligeramente ver (Anexo 4).

En la Tabla 11, se muestra la prueba de Fisher para (b*) de la miga de pan sustituido parcialmente con harina de cañihua, en la miga de pan sustituido con harina de cañihua los cuales fueron 12.61 para T4, 11.51 para T1 (control), 9.53 para el T3 y 9.36 para el T2. donde en los resultado para (b*) no hay un efecto significativo entre las muestras. Abad.,(2023), en su estudio realizado menciona que en la coordenada (b*) se aprecia el color amarillo, el resultado que obtuvo en la miga de pan en la muestra control (T1), 15.11 (b*) y similares datos en sus muestras (T2, T3 y T4). Resultados ligeramente mayores al nuestro.

Tabla 11*Prueba de Fisher de color tonalidad (b*) de panes*

Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T4	12.61	18	1.4	a
T1	11.51	18	1.4	a
T3	9.53	18	1.4	a
T2	9.36	18	1.4	a

Se muestra los resultados de promedio en Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

4.1.2. Resultado de textura

Del ANVA se obtuvo que tiene un efecto significativo entre los tratamientos T1 (0% HC/100% HT), T2 (5% HC/95%HT), T3 (10% HC/90% HT) y T4 (15% HC/ 85% HT), en el almacenamiento por (0, 3 y 6 días) y envasado y sin envasar ver (Anexo 5)

La Tabla 12, se muestra los tratamientos del análisis de textura donde 37.96mJ para el T2, 49.56mJ para el T3, 50.16mJ T1 (Control) y 59.78 para el T4 del pan sustituido parcialmente con harina de cañihua. Existe una diferencia en la textura del pan en el tratamiento T4 (15% HC/85%HT) almacenado por 6 días y sin envase a temperatura de ambiente de 19 °C y humedad relativa de 27%. Al respecto Abad, (2023) en el estudio que realizó del pan de molde enriquecido con kiwicha y cañihua menciona en sus resultados que en su muestra T4 (70% de harina de trigo, 20% de kiwicha y 10% de cañihua) obteniendo un valor de 67.12 (mJ) hay una diferencia mayor en su muestra control fue de 42.83 (mJ).

Guardado et al., (2020) refiere que en los resultados de su estudio los panes que sustituyó con un 10 % de harina de garbanzo integral y germinado tenían

similares parámetros de textura, pero cuando se le aumenta la adición de harina de garbanzo integral en un 20 % tiene un efecto significativo en la dureza y la masticabilidad del pan.

Tabla 12

Prueba de Fisher para textura de los panes

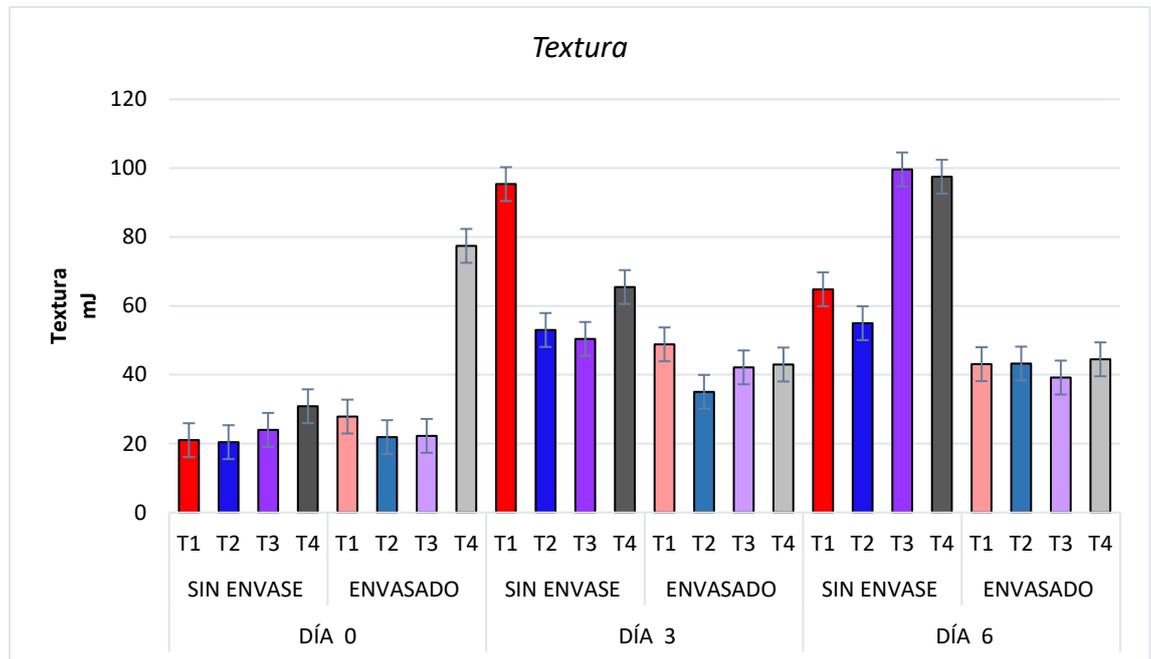
Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia	
T2	37.96	18	5.36	a	
T3	49.56	18	5.36	a	b
T1	50.16	18	5.36	a	b
T4	59.78	18	5.36		b

Se muestra los resultados de promedio en Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

Se puede apreciar aún mejor el resultado, en diagrama de barras en la Figura 10, donde el día 0 (día inicial) cuando recién se almaceno los panes con envase y si envase no hay mucha diferencia sola la muestra T4 (envasado) es mayor el trabajo que se utiliza el texturómetro que nos dio un resultado de 77.42 (mJ) micro julios; el día tres de almacenado los panes no se muestra gran diferencia entre envasados y no envasados; en el sexto día si hubo diferencia en las muestras T3, 93.63 (mJ) y T4, 97.5 (mJ) sin envasar era mayor que el resto de panes.

Figura 10

Determinación de textura de los panes



4.1.3. Resultado de acidez titulable

El ANVA para el contenido de acidez titulable en panes si hay efecto significativo en cuanto a los diferentes tratamientos T1 (0% HC/ 100% HT), T2 (5% HC / 95% HT), T3 (10% HC /90% HT) y T4 (15% HC/ 85% HT), días de almacenamiento (0, 3 y 6 días) y envase (envasado y sin envasado) ver (Anexo 6).

En la Tabla 13, muestra los resultados de la prueba de Fisher del porcentaje de acidez titulable de 0.27% para el tratamiento T1 (Contol), 0.32% para T2, 0.43% para T3 y 0.49% para T4 que hay diferencias entre las muestras T3 (10% HC) y T4 (15% HC) son diferentes a las muestras de T1 (0% HC) y T2 (5% HC).

Según el MINSA, (2010) indica en sus normas de panaderías; en criterios físico químicos en bizcochos y similares con y sin relleno. El parámetro de acidez (Expresado en ácido láctico) los límites máximos permisibles son de 0.70 %. En cuanto a las muestras de pan en los días almacenados se ha mantenido casi en el

límite permisible solo el tratamiento T4 (envasado) tercer día de almacenamiento, obtuvo un 0.72 % de ácido láctico y el mismo tratamiento T4 (envasado) el día 6 de almacenamiento obtuvo un 0.74 % de ácido láctico que ya no están en los límites permisibles.

Tabla 13

Prueba de Fisher para porcentaje de ácido láctico de los panes

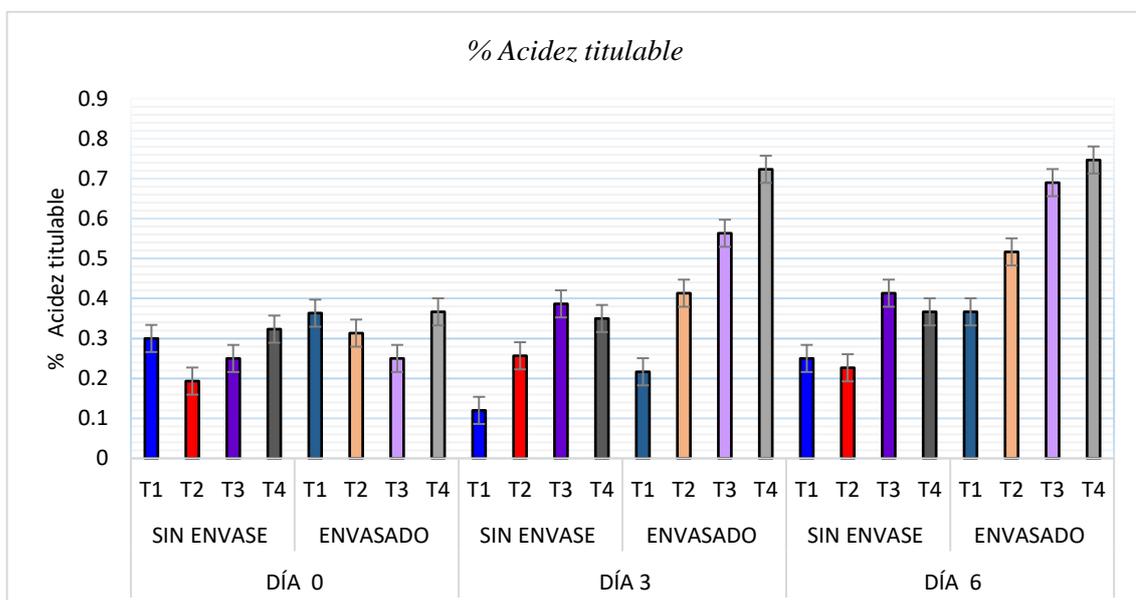
Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T1	0.27	18	0.03	a
T2	0.32	18	0.03	a
T3	0.43	18	0.03	b
T4	0.49	18	0.03	b

Se muestra los resultados de prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

En la Figura 11, se muestra los resultados del porcentaje de ácido láctico en el pan con sustitución parcial de harina de cañihua, donde se tiene las muestras (T1, T2, T3 y T4) sin envase y envasado; almacenados por (0, 3 y 6 días).

Figura 11

Porcentaje de acidez titulable en panes





La muestra T4 (envasado) en el día 3 de almacenado presento un porcentaje ligeramente alto al resto de las muestras que fue de 0.723 % de ácido láctico.

4.1.4. Resultado de potencial de Hidrogeno (pH)

En el ANVA nos indica diferencia significativa en el pH de los panes, en los días de almacenamiento de panes que están envasados y almacenados (0, 3 y 6 días). El tratamiento de pan T3 (envasado), almacenado por 6 días cambio ligeramente su pH a diferencia de las otras muestras ver (Anexo 7).

En la Tabla 14, se realizó la prueba de Fisher con ($\alpha \leq 0.05$) para el pH del pan donde se tuvo resultados de 5.97 para T4, 5.98 para T1, 5.98 para el T2 y 5.99 para T3 no hay diferencia significativa en el pH entre diferentes tratamientos de pan, el día 6 de almacenamiento varia ligeramente el pH. Los datos de las muestras varían ligeramente no influyen mucho en el pH. Zegarra (2018), refiere en su estudio de elaboración de pan para celíacos, el resultado que obtuvo en el contenido de pH fue de 6.10 para el pan de cañihua considera que el pan de sustituido parcialmente con harina de cañihua es ligeramente acido, en caso de los resultados obtenidos en la muestra T2 (10% HC) se tuvo un pH de 5,99 varían ligeramente.

En la investigación realizado por (Jemiria et al. 2020), en su muestra control de pan obtuvo 5.77 de pH y el pan sustituido parcialmente con micro algas verdes en un 3% tubo 6.01 de pH datos similares al pan con sustitución parcial de cañihua; las propiedades de calidad como el pH del pan son de gran importancia ya que ayuda a determinar la calidad y vida útil del producto final (Różyło, 2017).

Tabla 14

Prueba de Fisher para pH de los panes

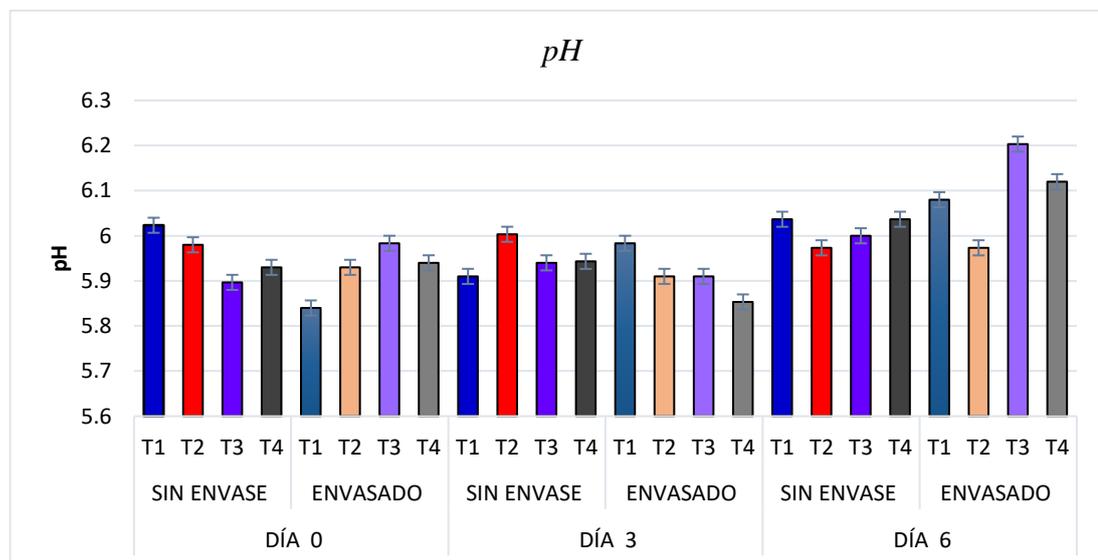
Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T4	5.97	18	0.02	a
T1	5.98	18	0.02	a
T2	5.98	18	0.02	a
T3	5.99	18	0.02	a

Se muestra los resultados de prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

La Figura 12, La determinación de pH en panes no varía mucho a pesar de los días de almacenamiento incluso incorporado las muestras de pan sin envasar y las que tienen envase en los días 1, 3 y 6 se han mantenido entre 5.85 y 6.2 pH.

Figura 12

Determinación de pH en panes



4.2. ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN

4.2.1. Resultados de aceptabilidad de color

Del ANVA se obtuvo análisis sensorial de color de pan encuestado a 40 panelistas, tiene un efecto significativo en cuanto el color en las muestras de pan (T1, T2, T3 y T4) ver (Anexo 8).

En la Tabla 15, se muestra la prueba de Tukey donde 44.500 puntos obtuvo T1, 45.750 obtuvo T2, 46.250 puntos T4 y 46.250 puntos T3 de análisis sensorial de color de panes hay diferencia significativa, los resultados que tuvieron preferencia por parte de los panelistas de pan fueron T3 (10%HC/90%HT) y T4 (15% HC/85%HT). En la investigación realizada por Abad (2023). Analiza a cinco atributos sensoriales como son: olor, sabor, color, textura, aspecto general; donde en el resultado de color obtenido fue similar al tratamiento T1 (control) obtuvo mayor aceptabilidad de 4.13. En la investigación realizado por (Guardado et al. 2020) en la evaluación sensorias de panes sustituidos parcialmente con harina de garbanzos en cuanto al color en general que los panelistas no encontraron diferencia significativa.

Tabla 15

Prueba de Tukey de análisis sensorial de color

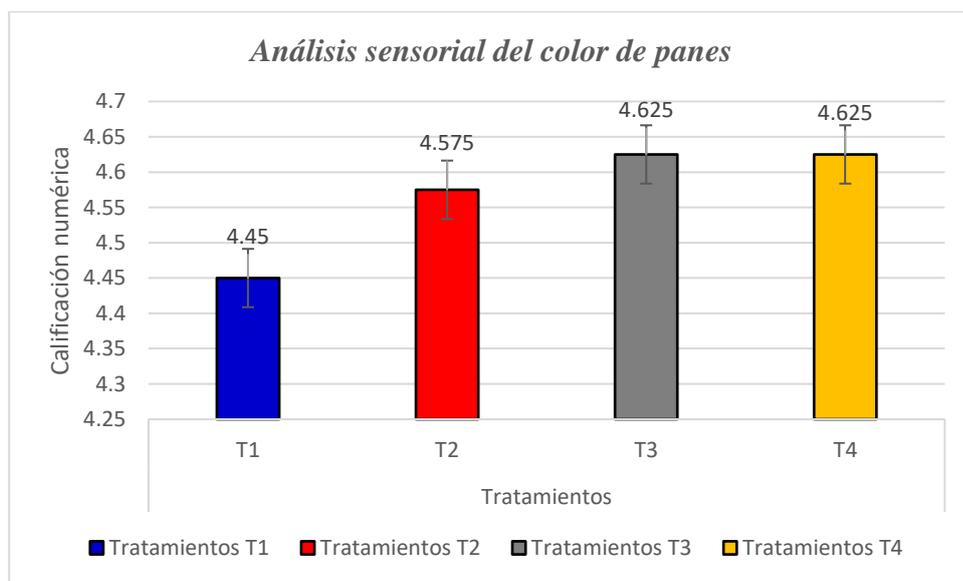
Tratamientos	N	Media
T1	40	44.500
T2	40	45.750
T4	40	46.250
T3	40	46.250
Sig.		0.413

Se muestra los resultados de promedio en Tukey ($\alpha \leq 0.05$)

En la figura 13. Se muestra el análisis sensorial de color de panes donde se tiene cuatro diferentes formulaciones: T1, T2, T3 y T4. En cuanto al color la muestra T3 (10%HC/85%HT) con un 4.625 y T4 (15%HC/85%HT) con unos 4.625 puntos tuvieron mayor aceptabilidad de parte de los panelistas.

Figura 13

Aceptabilidad de color de panes



4.2.2. Resultado de aceptabilidad de olor

Del ANVA de análisis sensorial de olor del pan encuestado a 40 panelistas, es significativo en cuanto el olor el tratamiento T3 (10%HC/90%HT), tuvo más preferencia por parte de los panelistas ver (Anexo 9).

En la Tabla 16, se muestra una prueba de Tukey del análisis sensorial del olor de los panes donde obtuvo 42.750 puntos el T4, 43.250 puntos para T2, 43.500 puntos para T1, y 46.000 puntos para T3, donde los panelistas calificaron de acuerdo a como percibían el olor de los panes, el tratamiento T3 (10%HC/90%HT) tuvo más preferencia por parte de los panelistas. Zegarra, (2018) afirma que los resultados obtenidos en su investigación en cuanto al olor

de los panes no existen diferencia significativa, afirma que sería un indicador de que el olor del pan es poco notorio en los encuestados.

Tabla 16

Prueba de Tukey de análisis sensorial de olor de panes

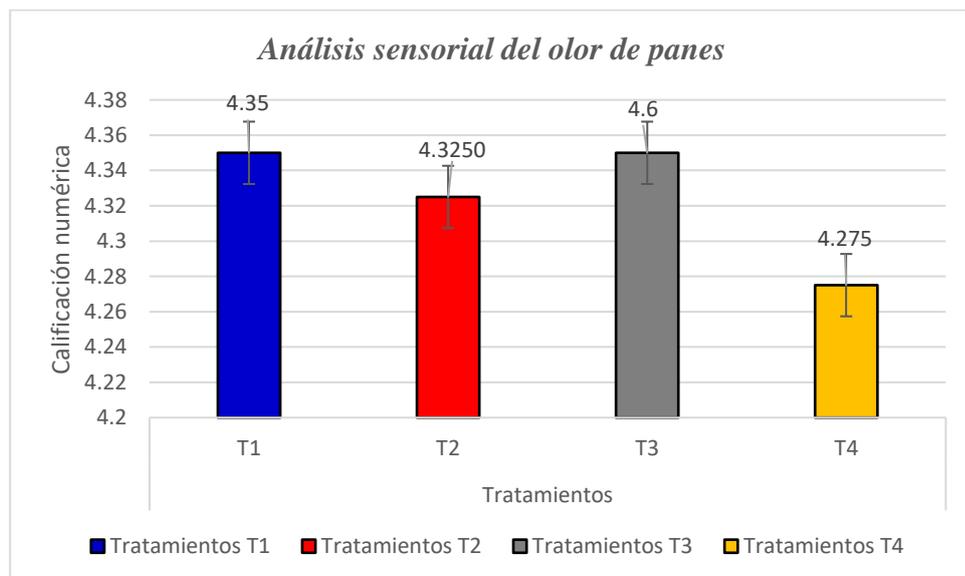
Tratamientos	N	Media
T4	40	42.750
T2	40	43.250
T1	40	43.500
T3	40	46.000
Sig.		0.086

Se muestra los resultados de promedio en Tukey ($\alpha \leq 0.05$)

En la Figura 14, se muestra el análisis sensorial de la aceptabilidad del olor de los panes de las muestras T1, T2, T3 y T4 el tratamiento T3 (10%HC/85%HT) tuvo mayor aceptabilidad en cuanto al olor de pan con un puntaje de 4.6 por parte de los panelistas.

Figura 14

Análisis sensorial de olor de panes



4.2.3. Resultado de aceptabilidad de sabor

Del ANVA de análisis sensorial de sabor de pan encuestado a 40 panelistas, si es significativo en cuanto los tratamientos del pan donde los preferidos por los panelistas fueron T3 (10%HC/90%HT) y T4 (15%HC/8%HT) ver (Anexo 10).

En la Tabla 17, se muestra una prueba de Tukey del análisis sensorial del sabor de los panes que, si hay diferencia significativa las muestras T2 con un puntaje de 42.500, T1 con un puntaje de 44.500, T3 tuvo un puntaje de 46.500 y T4 obtuvo un puntaje de 46.750. El tratamiento T4 (15%HC/85%HT) tuvo más aceptabilidad en cuanto al sabor que los otros tratamientos.

En la evaluación sensorial de sabor de los panes Zegarra (2018), en su caso el resultado no fue significativo entre sus formulaciones de pan donde obtuvo valores promedios de (3.05 a 3.37 Puntos). En el estudio realizado por (Guardado et al. 2020) en la evaluación sensorial de sabor los panelistas no lo apreciaron mucho esto debido al sabor del garbanzo, lo cual es importante también la sustitución parcial del tipo de harina con el que se va elaborar el pan, para mejorar su aceptabilidad para evitar su desacuerdo.

Tabla 17

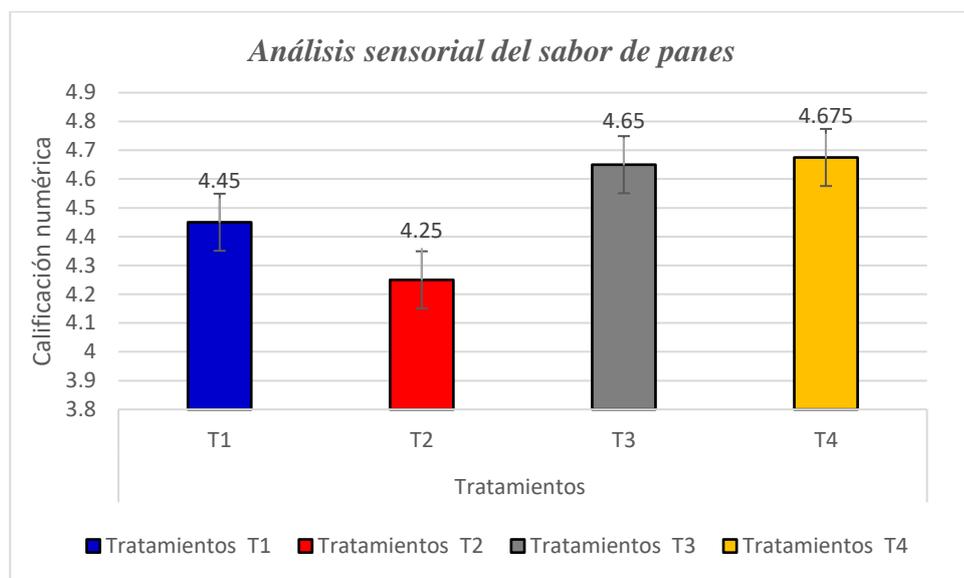
Prueba de Tukey del análisis sensorial del sabor de panes

Tratamientos	N	Media	
		1	2
T2	40	42.500	
T1	40	44.500	44.500
T3	40		46.500
T4	40		46.750
Sig.		0,451	0.345

En la Figura 15 de análisis sensorial de aceptabilidad en pan se muestra cuatro formulaciones de preparación de pan T1, T2, T3 y T4, el tratamiento T4 (15%HC/85%HT), tuvo mayor aceptabilidad en cuanto al sabor por parte de los panelistas.

Figura 15

Análisis sensorial de sabor de panes



4.2.4. Resultado de aceptabilidad de textura

Del ANVA de análisis sensorial de textura de pan encuestado a 40 panelistas, tiene un efecto significativo en la textura en los tratamientos de pan T1, T2, T3 y T4 ver en el (Anexo 11).

En la Tabla 18, se muestra una prueba de Tukey del análisis sensorial de la textura de los panes, fueron 44.500 puntos para T2, 44.750 puntos para T3, 45.250 puntos para T1, y 46.500 puntos para T4, donde el tratamiento T4 (15%HC/85%HT) fue la preferida por parte de los panelistas. Zhao et al. (2021), sostiene en su investigación donde sustituyo parcialmente en la preparación de pan, suegro de tofu, realizo encuestas donde evaluó el sabor, la suavidad,

apariciencia y aceptación en general donde menciona que no hubo diferencia significativa.

Tabla 18

Prueba de Tukey de la textura de panes

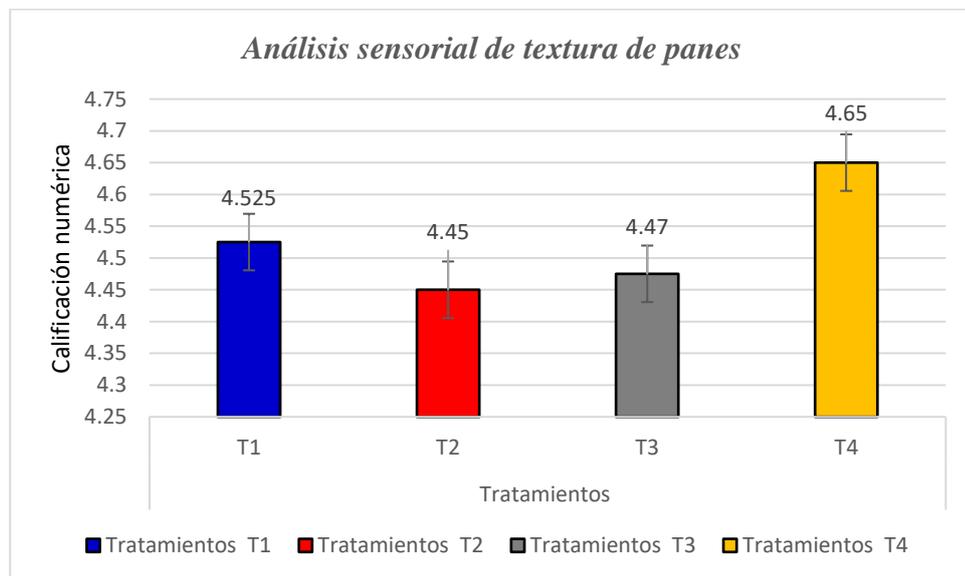
Tratamientos	N	Media
T2	40	44.500
T3	40	44.750
T1	40	45.250
T4	40	46.500
Sig.		0.389

Se muestra los resultados de promedio en Tukey ($\alpha \leq 0.05$)

En la Figura 16, se muestra la aceptabilidad sensorial de textura de pan donde el tratamiento T4 (15%HC/85%HT) tuvo más aceptabilidad de parte de los panelistas y la muestra T2 (5%HC/95%HT) tubo menor aceptabilidad.

Figura 16

Análisis sensorial de textura de panes



4.2.5. Resultado de aceptabilidad de apariencia

El resultado del ANVA de apariencia de pan encuestado a 40 panelistas, tiene un efecto significativo en cuanto la apariencia en los tratamientos de pan T1, T2, T3 y T4 ver (Anexo 12).

En la Tabla 19 , se muestra una prueba de Tukey de apariencia de los panes mencionados anteriormente las calificaciones de los panelistas fueron de 45.000 puntos para el T1, 45.000 puntos para el T3, 45.750 puntos para T2 y 47.000 puntos para T4, donde influyo significativamente en los resultados, el tratamiento T4 (15%HC/85%HT) tuvo más preferencia por parte de los panelistas. Zegarra (2018), sostiene que la apariencia en general que es de importancia en aceptación o descarte por parte de los consumidores. Este parámetro de apariencia está dado por los ingredientes principales que utilizan el cual influye en su presentación y eso hace que lo puedan percibir visualmente las personas en general.

Tabla 19

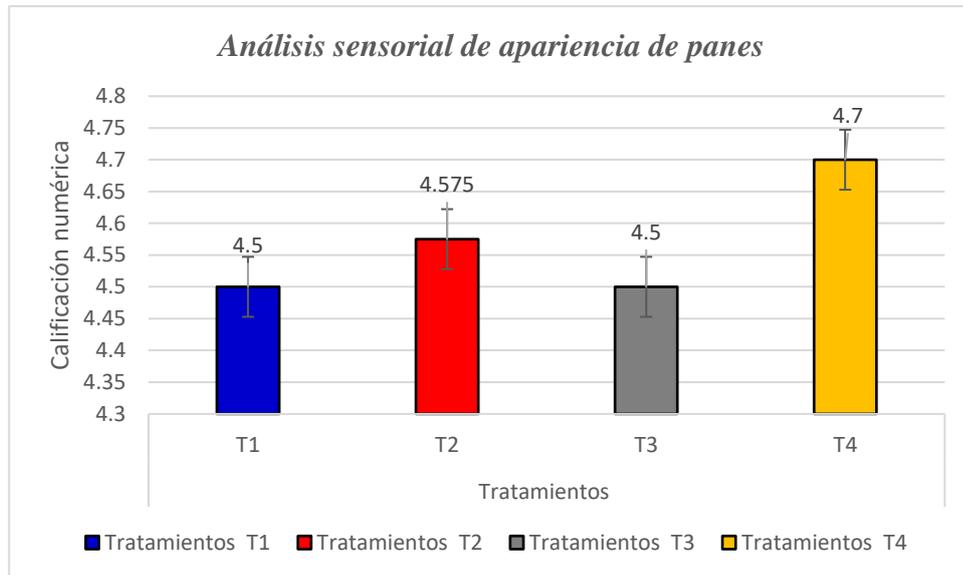
Prueba de Tukey de análisis sensorial de apariencia

Tratamientos	N	Media
T1	40	45.000
T3	40	45.000
T2	40	45.750
T4	40	47.000
Sig.		0.420

En la Figura 17, se muestra la aceptabilidad sensorial de apariencia de panes don de la muestra T4 con (15%HC/85HT), tuvo mayor calificación de 4.7000 puntos por parte de los panelistas.

Figura 17

Aceptabilidad de apariencia de panes



4.3. ENVEJECIMIENTO DE PAN

4.3.1. Resultado de actividad de agua (a_w)

Análisis ANVA ver (Anexo 13). El modelo estadístico en conjunto es significativo, en la actividad de agua en los panes de los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Los factores de almacén con envase y sin envase y días 0, 3 y 6. Si influyen en la actividad de agua en el pan.

En la Tabla 20, Es de pruebas de comparación múltiple utilizando los métodos de diferencias mínimas significativas (LSD) Fisher para la determinación de actividad nivel de significancia establecido fue de ($\alpha \leq 0,05$) donde se obtuvo datos similares el primer día 0.72 para T3, 0.73 para el T4, 0.74 para el T2 y 0.74 para T1(control). Los días 3 y 6 de almacenamiento variaron considerablemente al día 0 influyo y también hubo diferencia entre las muestras envasadas y sin envasar ver (Anexo 13).

En el estudio llavado a cabo por Gonzales et al., (2020) la influencia de actividad de agua de la miga y textura y recuento de Mohos y levaduras son los indicadores de envejecimiento de pan. El autor del estudio menciona que a mayor adición de mezquite u otro tipo de harina que se desea estudiar tienden a disminuir la actividad de agua de la miga de pan. En cuanto a los panes elaborados en nuestro clima frio y seco si afecta en cuanto a la actividad de agua porque lo expones al medio ambiente y comienza a secarse el pan raudamente. Donde las muestras que estaban sin envase disminuyo su actividad de agua el tratamiento T3 sin envasado pasado los seis días su actividad de agua había bajado a 3.854 (a_w) estaba muy seco.

Tabla 20

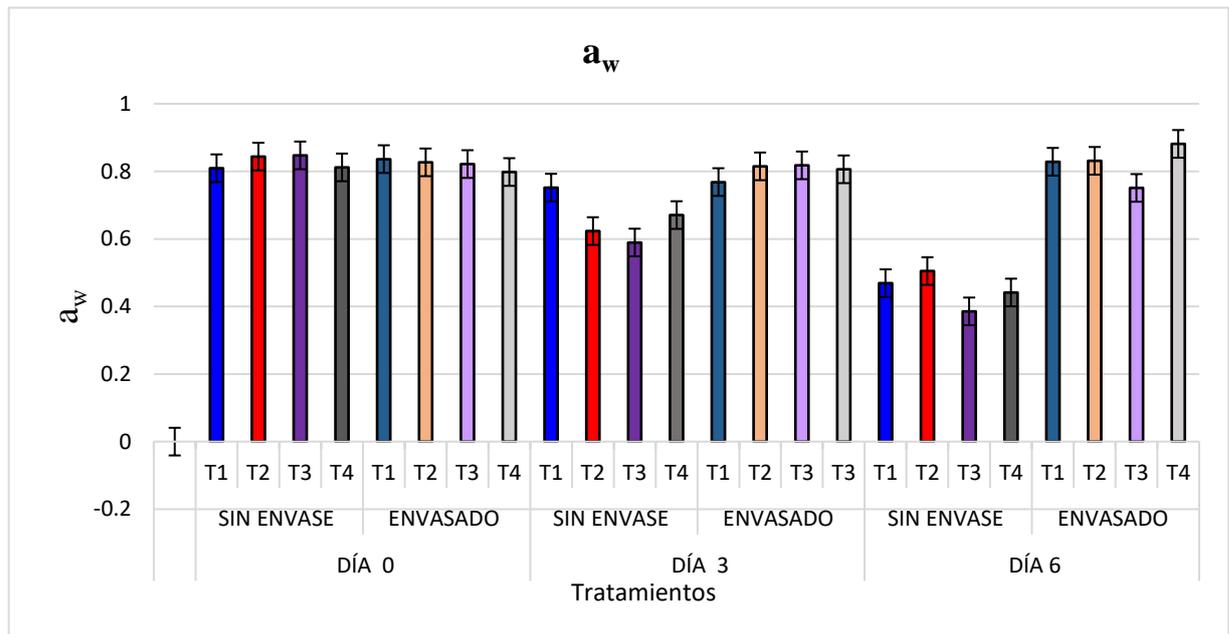
Prueba de Fisher para actividad de agua en panes

Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
T3	0.72	18	0.02	a
T4	0.73	18	0.02	a
T2	0.74	18	0.02	a
T1	0.74	18	0.02	a

En el Figura 18, Se muestra la determinación de actividad de agua en panes con Cañihua, panes almacenados por 1,3 y 6 días con envase y sin envase donde se muestra que los panes sin envase en el tercer día y sexto día disminuyo su actividad de agua; los panes envasados se han mantenido en cuanto a su actividad de agua no ha disminuido.

Figura 18

Determinación de actividad de agua en panes



4.3.2. Resultado de unidades formadoras de colonias de mohos

Del ANVA para el contenido de Mohos en panes; en condiciones de almacenamiento envasados y no envasados por 0, 3 y 6 días. Muestra variabilidad significativa en el contenido de Mohos en los panes sin envase, y las diferencias significativas se encuentran en los días de almacenamiento ver (Anexo 14).

La Tabla 21, los resultados obtenidos de la prueba de Fisher fueron 0.61 para T2, 0.78 para T3, 0.83 para T4 y 1.06 para T1. Hay diferencia en el contenido de mohos entre diferentes días de almacenamiento de 0, 3 y 6 en especial entre ver (Anexo 14). Según las normas del Ministerio de Salud N° 591-2008/MINSA, los indicadores de alteración en los productos de panadería como el pan, son los microorganismos de la categoría 2 como los mohos que están relacionadas con la vida útil y alteración del producto (MINSA, 2010). Donde el pan con sustitución

parcial de harina de cañihua se encuentra dentro de los límites permisibles según la norma.

Tabla 21

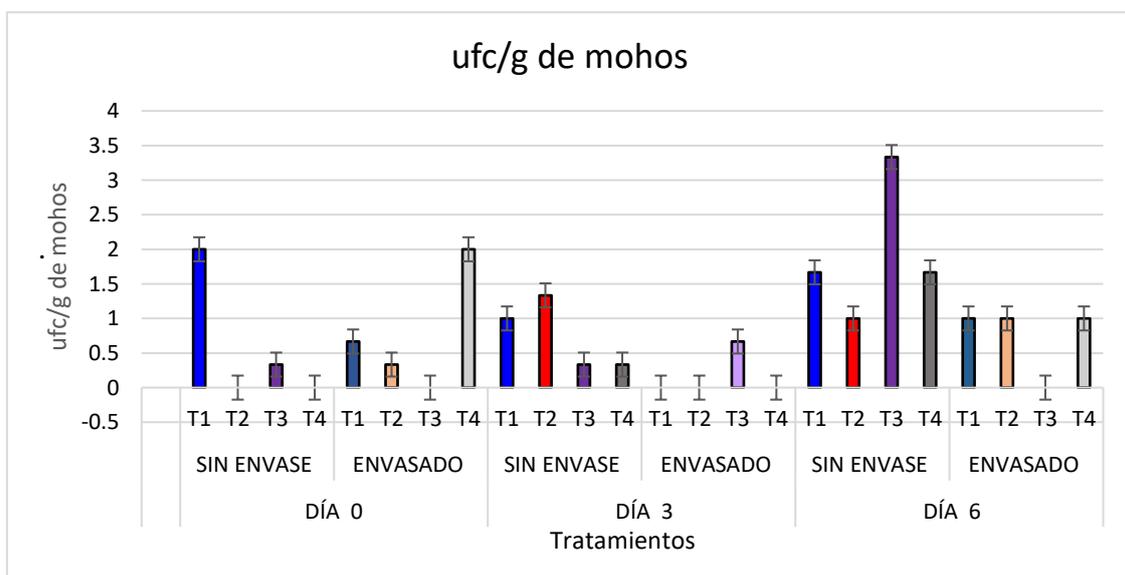
Prueba de Fisher UFC Mohos de los panes

Tratamientos	Media	N	Error experimental	Nivel de significancia
5	0.61	18	0.28	a
10	0.78	18	0.28	a
15	0.83	18	0.28	a
0	1.06	18	0.28	a

En la Figura 19, Se muestra la determinación de unidades formadoras de colonias (ufc/g) de Mohos en los panes sustituidos parciales con harina de cañihua; se detalla el crecimiento microbiano donde la muestra más afectada por Mohos fue en el tratamiento T3 (10%HC/90%HT) sin envasado almacenado por seis días que presentaba 3×10^3 ufc/g que está todavía en los límites permisibles según las normas del MINSA.

Figura 19

Determinación ufc/g de Mohos en los panes





V. CONCLUSIONES

- Del análisis sobre la calidad fisicoquímico de sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua en la elaboración de pan, la muestra más adecuada fue el tratamiento T2. En cuanto al color de la miga (L^* , a^* y b^*) no fue notorio su disminución; en la textura, el tratamiento de pan T2 no se ha endurecido tanto con envase y sin envase a pesar de los seis días de almacenamiento; en cuanto al porcentaje de acidez titulable, se encuentra dentro de los límites permisibles, en cuanto a pH, se mantuvo estable.
- De la evaluación sensorial por los 40 panelistas, tuvo mayor aceptabilidad el tratamiento de pan T4 en todos los aspectos de color, olor, sabor, textura y apariencia, obteniendo una calificación en la escala hedónica de me gusta mucho.
- En la determinación de envejecimiento del pan, el tratamiento de pan T2 no disminuyo mucho su actividad de agua después de ser almacenado por 0, 3 y 6 días; el contenido de mohos se encontró dentro de lo permisible de la norma técnica de productos de panificación para los tratamientos de pan (T1, T3 y T4) envasados, sin envase.



VI. RECOMENDACIONES

- Para futuros trabajos se recomienda profundizar más en la textura, cohesividad, análisis de perfil de textura (ATP), gomosidad entre otros de sustituciones parciales de harina de otras variedades de cañihua en pan.
- Realiza un estudio de mercado del pan con sustitución parcial de cañihua de otras variedades.
- Se recomienda evaluar la vida útil del pan con sustitución parcial de harina de cañihua con otras variedades.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 2000. *Oficial Methods of Analysis*. Editorial. E.U.A.
- Abad Villar, Dani. 2023. “Formulacion y elaboración del pan de molde enriquecido con kiwicha(*Amarsthus caudautus*) y cañihua(*Chenopodium pallidicaule*).” Universidad Nacional Hemilio Valdizan Huanuco-Perú.
- Abderrahim, F., E. Huanatico, R. Repo-Carrasco-Valencia, S. M. Arribas, M. C. Gonzalez, and L. Condezo-Hoyos. 2012. “Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*).” *Journal of Cereal Science* 56(2):410–17. doi: 10.1016/j.jcs.2012.04.013.
- Acosta, Verónica. 2013. “Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional de trigo nacional (*Triticum Vulgare*), con Adición de gluten vital.” Universidad Tecnica de Ambato.
- Alasino, M., Andrich, O., Sabbag, N., Costa, S., de la Torre, M. & Sánchez, H. .. 2008. “Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición.” 104:397–402.
- Anzaldúa, Morales A. 1994. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Acribia. Zaragoza.
- Apaza, Vidal. 2010. *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa*. Vol. 1. Amelia Cas. edited by C. I. N. de I. A. INIA-Puno-CIRMA. Puno- Perú.
- ATLAS. 2004. *Atlas escolar de Botánica*. primera ed. edited by E. Maferro. Lima- Perú.



- Begazo Vega, Fabio Junior, and Giancarlo Jeremy Bravo Palomino. 2020. “Estudio de pre factibilidad para la instalación de una panificadora de panes nutricionales a base de granos andinos en la ciudad de Arequipa.” Universidad Antonio Montoya.
- Bigne, F., Puppo, M. C., & Ferrero, C. 2018. “Mesquite (*Prosopis alba*) flour as a novel ingredient for obtaining a ‘Panettone-like’ bread. applicability of part-baking Technology.” *LWT - Food Science and Technology*, 89:666–73.
- Callejo, M. J. 2002. “Industria de cereales y derivados.” *AMV-Mundi--Prensa*.
- carrasco,Repo Acevedo, A. 2009. “Chemical and funtional caracterizacion of kañiwa(*Chenopodium Pallicaule*) grain, extrudate and bran.” *Plant Foods Hum Nutr* 64(2):94–101.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. 2009. “Tecnología de panificación.”
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. 2015. “Tecnología de panificación.”
- Choque, Lazaro Julio. 2005. “Producción y manejo de especies forrajeras.” Univercidad Nacional del Altiplano.
- Corrado, Marina, Jennifer H. Ahn-Jarvis, Brendan Fahy, George M. Savva, Cathrina H. Edwards, and Brittany A. Hazard. 2022. “Effect of high-amylose starch branching enzyme II wheat mutants on starch digestibility in bread, product quality, postprandial satiety and glycaemic response.” *Food and Function* 13(3):1617–27. doi: 10.1039/d1fo03085j.
- Cutipa, Huarcaya Willy. 2014. “efecto de la adición de Harina de Tarwi (*Lupinus*



- mutabilis Sweet) en la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Aestivum*) en la elaboración del pan.” Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias , EscueLa Profesional de Ingenieria Agroindustrial.
- Edel, A; Rosell, C. 2007. “De Tales Harinas, Tales Panes: Granos, Harinas y Productos de Panificación En Iberoamérica. In Paper Knowledge . Ocuments.” *Toward a Media History of Documents*.
- Escobar, B. 2012. “Extraccion de compuestos fenolicos de las cascaras de citricos producidos En México.” Universidad Autonoma del Estado de México.
- Flores Condori, Josue Luis. 2019. “Evaluación de las propionato de calcio y propionato de sodio en la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración.” Universidad Nacional del Altiplano.
- Gancarz, Marek, Urszula Malaga-Toboła, Anna Oniszczyk, Sylwester Tabor, Tomasz Oniszczyk, Marzena Gawrysiak-Witulska, and Robert Rusinek. 2021. “Detection and Measurement of Aroma Compounds with the Electronic Nose and a Novel Method for MOS Sensor Signal Analysis during the Wheat Bread Making Process.” *Food and Bioproducts Processing* 127:90–98. doi: 10.1016/j.fbp.2021.02.011.
- Garcia, D. 2011. “Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).” Universidad Nacional de Colombia.
- Gomez, M y Espinoza, C. 2017. Tablas Peruanas de composicion química de alimetos. Lima- Perú.
- Gonzales-Barron, Ursula, Rody Dijkshoorn, Maikel Maloncy, Tiane Finimundy, Marcio Caroch, Isabel C. F. R. Ferreira, Lillian Barros, and Vasco Cadavez. 2020.



- “Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with Peruvian mesquite (*Prosopis pallida*) Flour.” *Food Research International* 137(June):109621. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109621.
- Grudas, S. .. 2003. “Wheat the Crop.” *Elsevier Science*.
- Guardado, D., M. Lazo, E. Pérez, D. Panata, and S. Serna. 2020. “Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads.” *Lwt* 129:1–7.
- Gularte, Arocha Marcia Manuel Gómez & Cristina M. Rosell. 2011. “Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes.” *Food and Bioprocess Technology* 5:3142–50.
- Gutierrez, Castillo Carla Pamela. 2022. “Elaboracion de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi.” Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Ibañez, V. 2009. *Metodos Estadísticos*. primera ed. edited by Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Peru.
- Ibidapo, Olubunmi Phebean, Folake Olayinka Henshaw, Taofik Akinyemi Shittu, and Wasiu Akinloye Afolabi. 2020. “Quality evaluation of functional bread developed from wheat, malted millet (*Pennisetum Glaucum*) and ‘Okara’ flour blends.” *Scientific African* 10:2. doi: 10.1016/j.sciaf.2020.e00622.
- INIA. 2003. “Revista de la estación experimental Illpa.”
- INIA. 2004. *INIA 406 Illpa*. Puno- Perú.



- Jemiria, Sheyma, Nadia Khelfia, Maria Cristiana Nunesb, Alicia Ferreirac, Luisa Gouveiac, Issam Smaalia, Anabela Raymundob, and S. Khemiri. 2020. “Biomasa de Microalgas Como Ingrediente Adicional Del Pan Sin Gluten : Reología de La Masa , Calidad de La Textura y Propiedades Nutricionales.” *Algal Research* 50:1–13.
- Li, Cheng, Michael Stump, Wei Wu, and Yonghui Li. 2023. “Exploring the Chemical Composition, Antioxidant Potential, and Bread Quality Effects of the Nutritional Powerhouse: Wheat Bran – A Mini-Review.” *Journal of Agriculture and Food Research* 14(October):100898. doi: 10.1016/j.jafr.2023.100898.
- Liu, Yudi, Heng Zhang, Margaret Brennan, Charles Brennan, Yuyue Qin, Guiguang Cheng, and Yaping Liu. 2022. “Physical, Chemical, Sensorial Properties and in Vitro Digestibility of Wheat Bread Enriched with Yunnan Commercial and Wild Edible Mushrooms.” *Lwt* 169(August):1–11. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113923.
- Mamani, Adco Yaneth. 2021. “Efectos de los métodos de perlado sobre las Características microbiológicas, nutricionales y funcionales de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en variedad Ramis.” Universidad Nacional de Juliaca, Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias Juliaca-Perú.
- Mesas, J. M.; Alegre, M. T. .. 2002. “El pan y su proceso de elaboración.” *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3–6.
- MIDAGRI. 2018. *Kañihua*.
- Mindani, Cáceres Carmen Gisela. 2024. “Influencia de la adición de cal en las propiedades cromáticas del quispiño ancestral.” Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrado, Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.



- MINSA. 2010. *Norma Sanitaria Para La Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú. Lima-Perú.*
- MINSA. 2017. *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos.* diciembre. edited by en la biblioteca nacional del Peru. Lima-Peru.
- Moscoso, Mujica Gladys, Amparo I. Zavaleta, Ángel Mujica, Inés Arnao, Carlos Moscoso-Neira, Marco Santos, and Johanna Sánchez. 2021. “Antimicrobial Peptides Purified from Hydrolysates of Kanihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) Seed Protein Fractions.” *Food Chemistry* 360(June 2020):0–2. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129951.
- Mujica, A Jacobsen S, Ortiz R, Canahua A, Apaza V, Aguilar P, Dupeyrat R. 2002. “The Kanihua in Human Nutrition.” *Pos Grado Universidad Nacional Del Atiplano Puno , INIA.*
- Natalia Rosa, Sibakov , Kaisa Poutanen, Valérie Micard a. 2015. “How Does Wheat Grain, Bran and Aleurone Structure Impact Their Nutritional and Technological Properties.” *Food Science & Technology* 41(2):118–34.
- Oliveira Tacora, Ludwin Cristian. 2018. “Restauración de la fertilidad natural de suelos agrícolas, mediante el empleo de vicia (*Vicia sativa* Linneo) y guano de islas asociados a la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).” Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Pecyna, Anna, Agnieszka Buczaj, Renata Różyło, and Zbigniew Kobus. 2023. “Physical and antioxidant properties of innovative gluten-free bread with the addition of hemp



- inflorescence.” *Applied Sciences (Switzerland)* 13(8). doi: 10.3390/app13084889.
- Quintana, Peceros Jhomira. 2020. “Elaboración y caracterización Fisicoquímica de pan con Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y Kiwicha (*Amarathus Caudatus*) germinadas ”. Universidad Nacional José María Arguedas.
- Quiroga, c.c., Ortiz, A.J.,& Escalera, C. R. 2018. “Evaluacion de un proceso Nocevedoso de beneficiado en seco del grano de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen),Basado en la aplicación de un lecho fluidizado tipo surtidor.” *Investigacion & Desarrollo* 18(1):17–34.
- Quispe, Ticono Ciber Antonio. 2021. “Comparativo físico, químico y rentabilidad de dos formas de concervación de forraje de avena variedad Tayko en el CE Illpa.” Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Rivas y Martinez. 2011. “Utilizacion de harina de zanahoria amarillas (*Daucus Carota*) en la elaboración de pan.”
- Rosentrater, K. A., & Evers, A. D. 2018. “Bread-Baking technology. In kent’s technology of cereals.”
- Różyło, Renata ;. Waleed Hameed Hassoon ;. Urszula Gawlik-Dziki ;. Monika Siastała ;. Dariusz. 2017. “Study on the physical and antioxidant properties of gluten-free bread with brown algae.” *Dialnet* 15:196–203.
- Salinas, Hernan Jorge Salinas. 2017. “Tabla de composición de alimentos.” *Centro Nacional de Alimentación y Nutricion, Instituto Nacional de Salud* 14–146.
- Sancho, J. 2002. “Introducción al análisis sensorial de los alimentos.” p. 37–48 in, edited



- by Alfaomega. Mexico.
- Sandvik, Pernilla, Margaretha Nydahl, Iwona Kihlberg, and Ingela Marklinder. 2018. "Consumer's health-related perceptions of bread – implications for labeling and health communication." *Appetite* 121:285–93.
- Solano, L. M. 2000. "Manual de botánica sistemática." *Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Facultad de Ciencias Agrarias*, 45.
- Sucapuca, Lina. 2018. "Microorganismos eficaces (EM.) en la producción de forraje en épocas de invierno en el CIP Illpa - FCA- UNA-Puno - 2018." Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Tapia, Mario E. Fries, Ana Maria. 2007. *Guía de Campo de Cultivos Andinos*. FAO. edited by O. de las Naciones, U. para la A. Y, and L. Alimentación. Perú.
- Tapia, A. 2000. "Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación." *Chile: Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*.
- Tian, Wenfei, Gengjun Chen, Michael Tilley, and Yonghui Li. 2021. "Changes in phenolic profiles and antioxidant activities during the whole wheat bread-making process." *Food Chemistry* 345(December 2020):128851. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128851.
- Vidaurre, Ruiz Julio Mauricio. 2020. "Desarrollo de panes libres de gluten con harinas de granos andinos." Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Vilbo. 2011. "Mejorantes Panarios."



- WHO/FAO/UNU, The. 2012. "Identifying recommended dietary allowances for protein and amino acids: A critique of the 2007 WHO/FAO/UNU Report." *British Journal of Nutrition* 108(SUPPL. 2). doi: 10.1017/S0007114512002450.
- Zapata, J. 2010. "Sustitución Parcial de Harina de Trigo (*Triticum Aestivum* L.) Por harina de kiwicha (*Amaranthus Caudatus* L.), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan."
- Zegarra, samame Ines. 2018. "Elaboración de un pan apto para celíacos a base de harina cañihua de (*Chenopodium pallidicaule* Aelle) y evaluación de su aceptabilidad sensorial."
- Zegarra, Saby, Ana María Muñoz, and Fernando Ramos Escudero. 2019. "Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial." *Revista Chilena de Nutrición* 46(5):562. doi: 10.4067/s0717-75182019000500561.
- Zhao, Chang-Cheng, Ji-Ke Lu, and Kashif Ameer. 2021. "effects of tofu whey powder on the quality attributes, isoflavones composition and antioxidant Activity of Wheat Flour Pan Bread." *LWT* 143(December 2020):2.



ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (<i>Triticum aestivum</i>) por harina de cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) en la calidad fisicoquímica, sensorial y envejecimiento de pan.	Problema general El pan es un alimento esencial que se consume ampliamente en diversas culturas y su preparación se basa principalmente en el uso de harina de trigo. No obstante, debido al crecimiento interés por opciones más saludables, se	Objetivo general Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (<i>Triticum aestivum</i>) por harina de cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) sobre la calidad fisicoquímica, sensorial y envejecimiento del pan.	Hipótesis general: -La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua influyen sobre la calidad fisicoquímica, sensorial y envejecimiento del pan. Hipótesis específicas: -La sustitución parcial de harina de trigo	Variables Independientes: -porcentaje de harina de cañihua 0%,5%10% y 15%. - Envase: Envasado y sin envase - días de almacenamiento 1, 3 y 6 días. Variables dependientes: -Propiedades fisicoquímicas (color, textura, acidez y pH) -sensoriales (color, sabor,	-Color (L*, a* y b*) -Textura (mJ) -Ácido láctico (%) -pH -sensorial (color, olor, sabor, textura y apariencia) -Microbiológico (ufc/g de mohos) -actividad de agua a_w	DCA 4 x 2 x 3 con arreglo factorial, utilizando el software estadístico InfoStat/E versión 2020e con prueba de Fisher. DBCA, ANVA, utilizando el software estadístico SPSS versión 22 con prueba de Tukey.

ANEXO 2: Análisis de varianza (ANVA) de color luminosidad (L*) de pan

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2237.16	14	159.8	2.66	0.0048 *
Muestra	1849.92	3	616.64	10.25	<0.0001
Envase	81.49	1	81.49	1.36	0.2492**
Días de Almacenamiento	3.8	2	1.9	0.03	0.969
Error	3427.74	57	60.14		
Total	5664.9	71			

ANEXO 3: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar color (a*) en panes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	252.46	14	18.03	0.49	0.9288 *
Muestra	14.28	3	4.76	0.13	0.9422
Envase	24.62	1	24.62	0.67	0.4165
Días de Almacenamiento	8.17	2	4.09	0.11	0.8949
Error	2094.35	57	36.74		
Total	2346.81	71			

ANEXO 4: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar color (b*) en panes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	618.05	14	44.15	1.49	0.1443 *
Muestra	134.14	3	44.71	1.51	0.2217 *
envase	55.3	1	55.3	1.87	0.1771
días de Almacenamiento	214.12	2	107.06	3.62	0.0332
Error	1687.73	57	29.61		
Total	2305.78	71			

ANEXO 5: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar textura en pan

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21581,30	6	3596,88	6,96	<0,0001 **
Nivel	4306,06	3	1435,35	2,78	0,0481 *
Almacén	5494,84	1	5494,84	10,63	0,0018 *
Día	11780,40	2	5890,20	11,40	0,0001
Error	33586,31	65	516,71		
Total	55167,61	71			



Almacen	Medias	n	E.E.	
Con_envase	40,63	36	3,79	A
Sin_envase	58,10	36	3,79	B

Dia	Medias	n	E.E.	
1	31,47	24	4,64	A
3	56,03	24	4,64	B
6	60,60	24	4,64	B

ANEXO 6: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar acidez titulable en pan

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,35	6	0,23	11,80	<0,0001 **
Nivel	0,53	3	0,18	9,22	<0,0001
Almacén	0,52	1	0,52	27,45	<0,0001
Día	0,30	2	0,15	7,85	0,0009
Error	1,24	65	0,02		
Total	2,59	71			

Almacen	Medias	n	E.E.	
Sin_envase	0,29	36	0,02	A
Con_envase	0,46	36	0,02	B

Dia	Medias	n	E.E.	
1	0,30	24	0,03	A
3	0,38	24	0,03	B
6	0,45	24	0,03	B

ANEXO 7: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar pH en pan

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
PH	0,28	6	0,05	8,01	<0,0001 *
% Harina C.	3,0E-03	3	1,0E-03	0,17	0,9133 **
Almacén	3,2E-03	1	3,2E-03	0,55	0,4600
Día	0,27	2	0,14	23,49	<0,0001
Error	0,38	65	0,01		
Total	0,65	71			



Almacén	Medias	n	E.E.	
Sin envase	5,97	36	0,01	A
Con envase	5,99	36	0,01	A

Día	Medias	n	E.E.	
3	5,93	24	0,02	A
1	5,94	24	0,02	A
6	6,07	24	0,02	B

ANEXO 8: Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de color del pan

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	53,312 ^a	42	1,269	4,962	0,000 **
Interceptación	3339,756	1	3339,756	13054,967	0,000
Tratamientos_sustitucion_ parcial_harina_Canihua	0,819	3	,273	1,067	0,366
Jueces_Bloque	52,494	39	1,346	5,261	0,000
Error	29,931	117	,256		
Total	3423,000	160			
Total corregido	83,244	159			

ANEXO 9: Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de olor del pan

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	60,500 ^a	42	1,440	3,877	0,000 **
Interceptación	3080,025	1	3080,025	8288,969	0,000
Tratamiento_porcentaje_h arina_canihua	2,525	3	,842	2,265	0,085
jueces_Bloques	57,975	39	1,487	4,001	0,000
Error	43,475	117	,372		
Total	3184,000	160			
Total corregido	103,975	159			

ANEXO 10: Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de sabor del pan

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	31,462 ^a	42	,749	2,061	0,001 **
Interceptación	3249,006	1	3249,006	8937,751	0,000
porcentaje_Sustitucion_harina_canihua	4,719	3	1,573	4,327	0,006
Jueces_Bloques	26,744	39	,686	1,886	0,005
Error	42,531	117	,364		
Total	3323,000	160			
Total corregido	73,994	159			

ANEXO 11: Análisis de varianza (ANVA) para evaluación sensorial de textura de pan

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	38,850 ^a	42	,925	2,921	0,000 **
Interceptación	3276,100	1	3276,100	10345,579	0,000
tratamiento_porcentaje_harina_canihua	,950	3	,317	1,000	0,396
Jueces_bloques	37,900	39	,972	3,069	0,000
Error	37,050	117	,317		
Total	3352,000	160			
Total corregido	75,900	159			

ANEXO 12: Análisis de varianza (ANVA) de evaluación sensorial de apariencia de pan

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	37,562 ^a	42	,894	2,637	0,000 **
Interceptación	3339,756	1	3339,756	9847,257	0000
sustitucion_parcial_harina_canihua	1,069	3	,356	1,050	0,373
Jueces_bloques	36,494	39	,936	2,759	0,000
Error	39,681	117	,339		
Total	3417,000	160			
Total corregido	77,244	159			

ANEXO 13: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar actividad del pan

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,86	6	0,14	17,04	<0,0001 *
%harina C.	0,01	3	2,4E-03	0,29	0,8319 **
Almacén	0,48	1	0,47	56,52	<0,0001
Día	0,38	2	0,19	22,43	<0,0001
Error	0,54	65	0,01		
Total	1,40	71			

Almacén	Medias	n	E.E.
Sin envase	0,65	36	0,02 A
Con envase	0,82	36	0,02 B

Día	Medias	n	E.E.
6	0,65	24	0,02 A
3	0,73	24	0,02 B
1	0,83	24	0,02 C



ANEXO 14: Análisis de varianza (ANVA) para evaluar unidades formadoras de colonias

(ufc/g) de Mohos en pan con sustitución parcial de Cañihua.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,86	6	2,81	1,99	0,0798 *
Nivel	1,82	3	0,61	0,43	0,7326 *
Almacén	5,01	1	5,01	3,55	0,0640
Día	10,03	2	5,01	3,55	0,0344
Error	91,79	65	1,41		
Total	108,65	71			

Almacén	Medias	n	E.E.
Con envase	0,56	36	0,20 A
Sin envase	1,08	36	0,20 A

Día	Medias	n	E.E.
3	0,46	24	0,24 A
1	0,67	24	0,24 A B
6	1,33	24	0,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



ANEXO 15: Resultados del análisis aceptación de color, olor, sabor, textura y apariencia del pan con sustitución parcial de Cañihua.

Resultados del análisis aceptación de color del pan con sustitución parcial de Cañihua.

N° de panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	5	5	4	5
2	5	4	5	5
3	5	4	5	5
4	3	5	5	5
5	2	4	4	4
6	5	4	4	4
7	5	4	5	5
8	5	5	5	4
9	2	3	3	4
10	2	3	5	5
11	3	4	4	3
12	4	3	3	3
13	3	4	3	4
14	5	4	5	5
15	5	5	5	5
16	5	5	5	4
17	5	5	5	5
18	5	5	5	5
19	5	5	5	5
20	5	5	5	5
21	5	5	5	5
22	5	5	5	5
23	5	5	5	4
24	5	5	5	5
25	5	5	5	5
26	5	5	5	5
27	4	5	5	5
28	4	4	3	3
29	4	5	5	4
30	5	5	5	5
31	5	4	5	5
32	4	4	4	4
33	5	5	4	5
34	5	5	4	5
35	5	5	5	5
36	5	5	5	5
37	5	5	5	5
38	4	5	5	5
39	5	5	5	5
40	4	5	5	5
promedio	4.45	4.575	4.625	4.625



Resultados del análisis aceptación de olor del pan con sustitución parcial de cañihua.

N° de panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	5	5	5	4
2	5	5	4	5
3	5	4	5	5
4	4	5	5	5
5	3	3	5	4
6	5	5	5	5
7	5	5	4	5
8	5	5	5	4
9	1	3	4	4
10	3	3	5	5
11	5	4	5	3
12	3	3	4	3
13	3	2	3	3
14	5	4	4	5
15	4	4	4	4
16	5	5	5	4
17	5	3	5	3
18	5	5	5	5
19	5	5	5	5
20	5	5	5	5
21	5	5	5	5
22	5	5	5	4
23	5	5	5	5
24	5	4	5	5
25	5	4	4	5
26	5	5	5	5
27	4	5	5	5
28	4	4	4	3
29	5	4	4	3
30	5	4	4	4
31	4	3	4	3
32	4	5	5	4
33	5	5	5	4
34	4	5	5	4
35	3	5	3	3
36	4	4	5	4
37	5	5	5	5
38	4	5	5	5
39	5	4	5	5
40	2	4	4	4
Promedio	4.35	4.325	4.6	4.275



Resultados del análisis aceptación de Sabor del pan con sustitución parcial de Cañihua.

N° de panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	4	5	5	5
2	5	4	5	5
3	5	4	4	5
4	3	5	5	5
5	3	2	4	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5
8	5	5	5	4
9	4	4	2	4
10	3	4	5	5
11	3	4	5	3
12	4	4	4	4
13	4	4	4	5
14	4	4	5	5
15	4	4	4	4
16	5	4	5	4
17	5	3	5	3
18	5	5	5	5
19	5	3	5	5
20	4	5	5	5
21	5	5	5	5
22	5	5	5	5
23	5	5	5	5
24	5	4	5	5
25	5	4	5	5
26	5	5	5	5
27	4	5	5	5
28	5	3	4	4
29	5	4	4	4
30	4	4	5	5
31	5	4	5	4
32	4	4	4	4
33	5	5	5	5
34	4	4	5	5
35	5	5	3	5
36	5	5	4	5
37	4	5	5	5
38	4	4	5	5
39	5	4	5	5
40	4	3	5	5
Promedio	4.45	4.25	4.65	4.675



Resultados del análisis aceptación de textura de pan con sustitución parcial de cañihua.

N° de panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	5	5	5	5
2	4	5	5	5
3	5	5	5	5
4	3	5	5	5
5	4	4	4	4
6	5	5	4	5
7	5	5	5	5
8	5	5	5	3
9	4	4	2	4
10	3	4	4	5
11	4	4	5	5
12	4	3	3	4
13	4	4	4	5
14	5	5	5	5
15	3	4	4	4
16	5	5	5	3
17	5	3	5	3
18	5	5	5	5
19	4	5	5	5
20	5	5	5	5
21	5	5	5	5
22	5	5	5	5
23	4	4	5	4
24	5	4	4	5
25	5	4	5	5
26	5	5	5	5
27	5	5	5	5
28	4	2	3	5
29	5	4	4	4
30	5	5	4	5
31	3	4	4	4
32	4	4	4	4
33	5	5	4	5
34	5	5	4	5
35	5	5	5	5
36	5	4	4	5
37	5	5	5	5
38	5	5	5	5
39	5	5	5	5
40	4	3	4	5
promedio	4.525	4.45	4.475	4.65



Resultados del análisis aceptación de apariencia de pan con sustitución parcial de cañihua.

N° de panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	4	5	5	5
2	5	4	5	5
3	5	4	4	5
4	5	5	5	5
5	4	5	1	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5
8	5	5	4	3
9	3	3	4	4
10	3	4	5	5
11	4	4	5	5
12	3	3	4	4
13	3	3	4	4
14	5	5	5	5
15	5	5	4	5
16	5	5	5	4
17	5	5	5	5
18	5	5	5	5
19	5	5	5	5
20	4	5	5	5
21	5	5	5	5
22	5	5	5	5
23	5	5	5	4
24	5	5	4	5
25	4	4	5	5
26	5	5	5	5
27	5	5	5	5
28	5	3	3	4
29	4	4	4	3
30	4	5	5	5
31	4	4	4	5
32	4	4	4	4
33	5	5	5	5
34	5	4	5	5
35	5	5	3	5
36	5	5	5	5
37	5	5	5	5
38	5	5	4	5
39	4	5	4	5
40	3	5	5	4
Promedio	4.5	4.575	4.5	4.7



ANEXO 16: Encuesta de evaluación sensorial de pan

PRODUCTO: PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE CAÑIHUA (*chenopodium pallidicaule*)

Objetivo: esta encuesta de evaluación sensorial pertenece a un proyecto de investigación que pretende conocer su opinión con respecto al pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua sobre en la propiedad sensorial sabor, olor, textura y apariencia donde varias las muestras por sus distintas formulaciones.

Fecha:

Muestra:

Género:

Edad:

A continuación, se presenta 5 preguntas de escala hedónica de 5 puntos para que califique el pan con sustitución parcial de harina de cañihua. Califique de acuerdo al color, olor, sabor, textura y apariencia.

5 = Me gusta mucho

4 = Me gusta poco

3 = No me gusta ni me disgusta

2 = Me disgusta ligeramente

1 = Me disgusta mucho

INICIO DE CUESTIONARIO:

Marca con una X dentro del cuadro

Color

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Olor

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Sabor

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Textura

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Apariencia

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

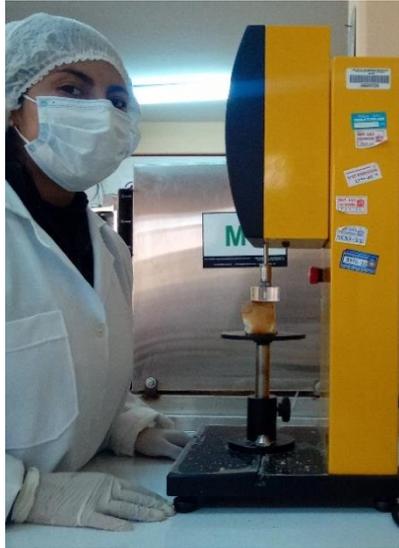
ANEXO 17: Proceso de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de cañihua



ANEXO 18: Evaluación de color en la miga de pan



ANEXO 19: Evaluación de textura del pan



ANEXO 20: Evaluación de acidez titulable



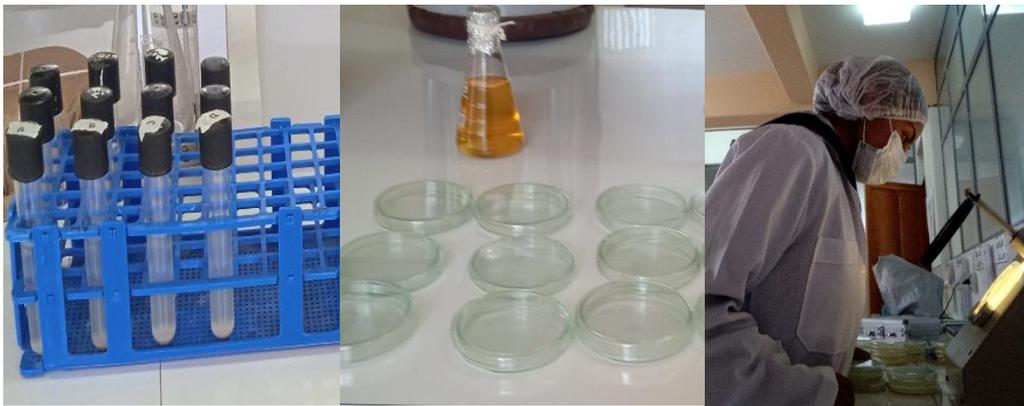
ANEXO 21: Evaluación de pH del pan



ANEXO 22: Evaluación de actividad de agua de panes



ANEXO 23: Evaluación de unidades formadoras de colonias de mohos





ANEXO 24: Informe de laboratorio de examen de actividad de agua (a_w) en panes con sustitución parcial de harina de cañihua.



Universidad Nacional Del Altiplano Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
E.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



INFORME DE LABORATORIO

SOLICITANTE : ELISABETH DIAZENIA SUCAPUCA COAQUIRA
LUGAR DE PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO
TÍTULO : "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium Pallidicaule*) EN LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y ENVEJECIMIENTO DE PAN"
MUESTRA : PAN DE TRIGO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CAÑIHUA
PROCEDENCIA : PUNO
MOTIVO : EJECUCIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
EXAMEN : ACTIVIDAD DE AGUA
FECHA DE RECEPCIÓN : 13/11/2023

RESULTADOS

Examen Día 1	T1 (0%HC/100%HT)	T2 (5%HC/95%HT)	T3 (10%HC/90%HT)	T3 (15%HC/85%HT)
Sin envase	0.8092	0.8436	0.8471	0.8116
Envasado	0.8362	0.8266	0.8215	0.7979

Examen Día 3	T1 (0%HC/100%HT)	T2 (5%HC/95%HT)	T3 (10%HC/90%HT)	T3 (15%HC/85%HT)
Sin envase	0.7517	0.6232	0.5892	0.6705
envasado	0.7682	0.8147	0.8177	0.806

Examen Día 6	T1 (0%HC/100%HT)	T2 (5%HC/95%HT)	T3 (10%HC/90%HT)	T3 (15%HC/85%HT)
Sin envase	0.4690	0.5049	0.3854	0.4413
Envasado	0.8283	0.8311	0.7509	0.8812


.....
MSc. César Paul Laqui Vilca



ANEXO 25: Informe de laboratorio de ensayo microbiológico N° 004-2024



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS



INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO N° 004-2024

- I. Datos de solicitante**
Nombres y Apellidos : Elisabeth Diazenia Sucapuca Coaquira
Dirección : Ciudad Universitaria
- II. Datos del servicio**
N° de Solicitud del Servicio : 001/EDSC
Fecha de ingreso : 08 de noviembre de 2023
Servicio solicitado : Análisis de microbiológico
- III. Nombre del producto** : Pan de trigo con sustitución parcial de cañihua
- IV. Datos de la muestra**
Presentación : Envasado y sin envasar
Tipo de sistema : N/P
Fecha de producción : N/P
Fecha de vencimiento : N/P
Tamaño de lote : N/P
- V. Aspectos técnicos del muestreo**
Muestreo por : El solicitante
Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio
Detalle de la muestra : Transportado culer
N° de unidades de la muestra : Cuadro (04) muestras
Código de la muestra : M001-M004
Para ensayo en Laboratorio : 004-24
Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. Fecha de ensayo** : 08 de noviembre de 2023
- VII. Resultados**

RESULTADOS DE RECUENTO DE MOHOS (ufc/g)

TIEMPO	Envase	VALOR OBTENIDO			
		T1 (0%HC/100%HT)	T2 (5%HC/95%HT)	T3 (10%HC/90%HT)	T4 (15%HC/85%HT)
Dia 1	Sin envase	2×10^3	NEGATIVO	1×10^3	NEGATIVO
	Con envase	1×10^3	1×10^3	NEGATIVO	1×10^3
Dia 3	Sin envase	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3
	Con envase	NEGATIVO	NEGATIVO	1×10^3	NEGATIVO
Dia 6	Sin envase	2×10^3	1×10^3	2×10^3	2×10^3
	Con envase	1×10^3	1×10^3	NEGATIVO	1×10^3

VIII. Conclusión

La muestra de agua se encuentra dentro de los límites establecidos; por lo tanto, es APTO para el consumo humano.



Dr. Alejandro Coloma Paxi
Jefe de Laboratorio de Microbiología

Puno, C.U. 10 de mayo de 2024.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ELISABETH DIAZÉNIA SUCAPUCA COAGUIRA
identificado con DNI 70208320 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (TRITICUM
AESTIVUM) POR HARINA DE CAÑIHUA (CHENOPODIUM POLYDIKAULE) EN LA
CALIDAD FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y ENVEJECIMIENTO DE PAN "

Es un tema original.

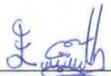
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 21 de mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ELISABETH DIAZENA JUCAPACA COAQUIRA identificado con DNI 70208320 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM) POR HARINA DE COÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICALE) EN LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y ENVEJECIMIENTO DE PAN”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 21 de mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella